



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Estudio de indicadores de desempeño de los sistemas de agua potable de los cantones Cumandá y Mocha

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Civil

Autores:

Asqui Madrid Geovanny Josue
Yupangui Castelo Romario Esteban

Tutor:

Ing. María Gabriela Zúñiga MsC.


Riobamba, Ecuador. 2024

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Nosotros, **Asqui Madrid Geovanny Josue** con cédula de ciudadanía **060515257-8**, y **Yupangui Castelo Romario Esteban** con cédula de ciudadanía **0605676659** autores del trabajo de investigación titulado: **“ESTUDIO DE INDICADORES DE DESEMPEÑO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE DE LOS CANTONES CUMANDÁ Y MOCHA”**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 16 de mayo de 2024



Geovanny Josue Asqui Madrid

C.I: 060515257-8



Romario Esteban Yupangui Castelo

C.I: 0605676659

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Ing. María Gabriela Zúñiga MsC. catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: **ESTUDIO DE INDICADORES DE DESEMPEÑO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE DE LOS CANTONES CUMANDÁ Y MOCHA**, bajo la autoría de Asqui Madrid Geovanny Josue y Yupangui Castelo Romario Esteban; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 16 días del mes de mayo de 2024



Ing. María Gabriela Zúñiga MsC.

C.I: 0604004945

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **ESTUDIO DE INDICADORES DE DESEMPEÑO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE DE LOS CANTONES CUMANDÁ Y MOCHA**, presentado por **Geovanny Josue Asqui Madrid** con cédula de identidad número **060515257-8** y **Romario Esteban Yupangui Castelo** con cédula de identidad número **060567665-9**, bajo la tutoría de Ing. María Gabriela Zuñiga, MsC; certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 23 de mayo de 2024.

Ing. Alexis Iván Andrade Valle
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Alexis Andrade', written over a horizontal line.

Ing. Nelson Estuardo Patiño Vaca
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Nelson Patiño', written over a horizontal line.

Ing. Jessica Paulina Brito Noboa
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jessica Brito', written over a horizontal line.



Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO

en movimiento



UNACH-RGF-01-04-08.15
VERSIÓN 01: 06-09-2021

CERTIFICACIÓN

Que, **Asqui Madrid Geovanny Josue** con CC: **060515257-8** y **Yupangui Castelo Romario Esteban** con CC: **060567665-9**, estudiante de la Carrera **INGENIERÍA CIVIL**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado : **"ESTUDIO DE INDICADORES DE DESEMPEÑO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE DE LOS CANTONES CUMANDÁ Y MOCHA"**, cumple con el 9 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **TURNITIN**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 9 de mayo de 2024

Ing. María Gabriela Zúñiga Rodríguez MsC.
TUTOR(A)

DEDICATORIA

Encomiendo este trabajo de investigación a Dios y a la Virgen Dolorosa, quienes han sido una fuente de bendiciones a lo largo de mi vida.

A mi madre, Marcela Madrid por ser mi pilar fundamental en la consecución de este logro, con su amor incondicional a sabido ser mi motivación diaria para cumplir mis sueños, siendo mi gran ejemplo para seguir para llenarla siempre de orgullo.

A mi padre, Hernán Asqui al ser por todo su cariño y apoyo brindado a lo largo de todas mis travesías, sus grandes consejos han sabido forjar mis principios de honestidad, responsabilidad y superación.

A mi abuelita, Fabiola Barreno, y mis angelitos en el cielo Carmen Vallejo y Julio Asqui que sin su sacrificio nada de esto sería posible. Su perseverancia siempre vivirá en mí.

A mis hermanos, Katherin, Abigail, Ariel y mi padrastro Jhony Guilcapi por todo el amor y apoyo en todas las adversidades, gracias por creer siempre en mí.

A mi fiel compañero de cuatro patas, Berlín tu luz a iluminado mi vida desde el primer día que llegaste a casa.

Finalmente, a mis amigos y demás personas que han sabido aportar su granito de arena para conquistar este peldaño más.

Geovanny Josue Asqui Madrid

DEDICATORIA

Este trabajo principalmente se lo dedico al que está sobre todos nosotros, a Dios, porque ha sido Él quien ha estado en todo este proceso, ayudándome en el peores y mejores momentos.

A mis hermosos padres; Juan Yupangui e Hilda Castelo, ya que ellos tuvieron la valentía de apoyarme siempre, nunca se rindieron y nunca me han abandonado, siempre estuvieron para mi dándome ánimos para seguir adelante y conseguir un logro más para mi vida personal.

A mis cuatro princesas: Johana, Nataly, Pamela, Doménica, porque nunca dejaron de creer en mí, siempre vieron un potencial en mí y siempre me lo recordaban, fueron ese bastón y pañuelo de lágrimas.

A toda mi familia, porque siempre me motivaron con buenas palabras, buenos consejos y siempre esperaron mucho de mí.

Y finalmente a todos mis amigos, ya que fueron ellos mi segunda familia cuando estuvimos en las cuatro paredes de la universidad, nos apoyamos mutuamente y nunca nos dejamos rendir.

FILIPENSES 4:13

Romario Esteban Yupangui Castelo

AGRADECIMIENTO

A nuestra tutora, Ing. María Gabriela Zúñiga, por toda su dedicación, empeño y paciencia para la consecución de este trabajo. Siendo nuestra guía a lo largo de toda esta travesía llena de obstáculos.

A los Ingenieros, Nelson Muñoz, Patricio García, Leopoldo Freire, Christian Velastegui, Eduardo Basantes, Carmen Urbina, Carla Silva y Patricio Santilla, quienes con su conocimiento fueron fundamentales en para la culminación de esta investigación.

También queremos agradecerles a la GADM del cantón Mocha y a la Empresa Pública de Agua Potable del cantón Cumandá, por abrirnos las puertas de sus instituciones haciendo posible la ejecución de nuestro tema de investigación.

Finalmente, agradecerles a los miembros del tribunal, Mgs. Alexis Andrade, Mgs. Nelson Patiño y a la Mgs. Jessica Brito, por dedicar su tiempo y esfuerzo en la evaluación de esta investigación, contribuyendo con sus conocimientos, comentarios y sugerencias para la culminación de este trabajo de investigación.

***Geovanny Josue Asqui Madrid
Romario Esteban Yupangui Castelo***

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA	
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO.....	
DEDICATORIA	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS.	
ÍNDICE DE FIGURAS	
RESUMEN.....	
ABSTRACT	
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	17
1.1 Antecedentes de la investigación	17
1.2 Zona de Estudio	18
1.2.1 CUMANDÁ	21
1.2.2 MOCHA.....	22
1.3 Planteamiento del Problema.....	23
1.4 Justificación.....	23
1.5 Objetivos	24
1.5.1 Objetivo General.....	24
1.5.2 Objetivos Específicos	24
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	25
2.1 Conceptos Generales.....	25
2.1.1 Agua de consumo humano.....	25
2.1.2 Agua potable	25
2.1.3 Empresa Pública	25
2.1.4 Componentes de un sistema de abastecimiento	25
2.1.5 Evaluación de desempeño.....	26

2.1.6	Indicadores de Desempeño (ID)	26
2.1.7	Análisis Multicriterio (Scoring).....	26
2.2	Estado del Arte.....	27
CAPÍTULO III. METODOLOGIA.		28
3.1	Tipo y Diseño de la investigación	28
3.2	Esquema Metodológico.....	28
3.3	Población de estudio	29
3.4	Muestra de estudio.....	29
3.5	Recopilación de información	30
3.6	Procesamiento y análisis de datos.....	31
3.6.1	Procesamiento de datos.....	31
3.6.2	Indicadores Técnicos	34
3.6.3	Indicadores Operativos.....	35
3.6.4	Indicadores de Calidad	39
3.6.5	Análisis de datos.....	41
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		45
4.1	MEDIDORES FUNCIONALES Y AVERIADOS.....	45
4.2	VARIABLES CANTÓN CUMANDA	45
4.2.1	Variables para los indicadores técnicos.	45
4.2.2	Variables para indicadores operativos.....	46
4.2.3	Variables para indicadores de calidad.....	47
4.3	INDICADORES CANTÓN CUMANDA	48
4.3.1	Indicadores técnicos.....	48
4.3.2	Indicadores operativos.....	49
4.3.3	Indicadores de calidad.....	51
4.4	VARIABLES CANTÓN MOCHA	51
4.4.1	Variables para indicadores técnicos.....	51
4.4.2	Variables para indicadores operativos.....	52
4.4.3	Variables para indicadores de calidad.....	53

4.5	INDICADORES DEL CANTÓN MOCHA	54
4.5.1	Indicadores técnicos	54
4.5.2	Indicadores operativos	55
4.5.3	Indicadores de calidad	57
4.6	COMPARATIVA DE INDICADORES ENTRE CUMANDÁ Y MOCHA	57
4.6.1	Consumo por habitante	57
4.6.2	Cobertura del servicio de agua potable	58
4.6.3	Continuidad del servicio	59
4.6.4	Fuentes de aguas autorizadas	59
4.6.5	Cobertura de micromedición	60
4.6.6	Densidad de reclamos	60
4.6.7	Eficiencia en la solución de PQR	61
4.6.8	Volumen de agua potabilizada por conexión	62
4.6.9	Indicadores de empleados por conexión de agua potable	62
4.6.10	Personal de planificación y construcción	63
4.6.11	Personal de operación y mantenimiento	63
4.6.12	Personal en unidades de tratamiento (PEUT)	64
4.6.13	Personal con titulación universitaria	65
4.6.14	Densidad de válvulas (DVA)	65
4.6.15	Inspección de red	66
4.6.16	Sustitución de tuberías	66
4.6.17	Sustitución de válvulas	67
4.6.18	Sustitución de medidores	67
4.6.19	Costo operativo por cuenta (COC)	68
4.6.20	Eficiencia de la potabilización (EPAC)	68
4.6.21	Niveles de conformidad en análisis fisicoquímicos	69
4.6.22	Cobertura de control de análisis microbiológico	69

4.6.23 Niveles de conformidad en análisis microbiológicos	70
4.7 DISCUSIÓN.....	70
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
5.1 CONCLUSIONES	72
5.2 RECOMENDACIONES	72
BIBLIOGRAFÍA	73
ANEXOS	76
Anexo 1. Toma de muestra de medidores en el Cantón Cumandá.....	76
Anexo 2. Toma de muestra de medidores en el Cantón Mocha.....	77

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1: Zonas de distribución de agua potable Cumandá.	21
Tabla 2: Costo del servicio de agua potable en el cantón Mocha.....	22
Tabla 3: Usuarios del cantón Mocha año 2023	29
Tabla 4: Terminología de variables.	31
Tabla 5: Indicadores de desempeño.....	33
Tabla 6: Nombre, código y unidad de los indicadores.....	34
Tabla 7: Nombre y código de los indicadores.	35
Tabla 8: Nombre y código de los indicadores	40
Tabla 9: Escala de calificación para indicadores.....	42
Tabla 10: Calificación acorde al rango establecido	44
Tabla 11: Medidores funcionales y averiados	45
Tabla 12: Variables técnicos del cantón Cumandá.	45
Tabla 13: Variables operativos del cantón Cumandá.	46
Tabla 14: Variables de calidad del cantón Cumandá.....	47
Tabla 15: Indicadores técnicos del cantón Cumandá.....	48
Tabla 16: Indicadores operativos del cantón Cumandá.	49
Tabla 17: Indicadores de calidad del cantón Cumandá.	51
Tabla 18: Variables para indicadores técnicos del Cantón Mocha.....	51
Tabla 19: Variables operativos del Cantón Mocha.....	52
Tabla 20: Variables de calidad del cantón Mocha.....	53
Tabla 21: Indicadores técnicos del cantón Mocha.....	54
Tabla 22: Indicadores operativos del cantón Mocha.	55
Tabla 23: Indicadores de calidad del cantón Mocha.....	57
Tabla 24: Consumo por habitante.....	58
Tabla 25: Volumen potabilizado por conexión	62
Tabla 26: Indicadores de empleados por conexión.....	62
Tabla 27: Costo operativo por cuenta.	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de ubicación de los cantones Mocha y Cumandá.	20
Figura 2: Sistema de abastecimiento.	25
Figura 3: Ciclo de ejecución de acciones correctivas.	26
Figura 4: Metodología propuesta.....	28
Figura 5: Cobertura de servicio.	58
Figura 6: Continuidad de servicio.	59
Figura 7: Fuentes de aguas autorizadas.	59
Figura 8: Cobertura de micromedición.	60
Figura 9: Densidad de reclamos.	61
Figura 10: Eficiencia en la solución de PQR.	61
Figura 11: Personal de planificación y construcción.	63
Figura 12: Personal de operación y mantenimiento.	64
Figura 13: Personal en unidades de tratamiento.....	64
Figura 14: Personal con titulación universitaria.	65
Figura 15: Densidad de válvulas.	65
Figura 16: Inspección de la red (IRE).....	66
Figura 17: Sustitución de tuberías.	66
Figura 18: Sustitución de válvulas.....	67
Figura 19: Sustitución de medidores.	67
Figura 20: Eficiencia de la potabilización.....	68
Figura 21: Niveles de conformidad en análisis físico-químicos.	69
Figura 22: Cobertura de control de análisis microbiológicos.	70
Figura 23: Niveles de conformidad en análisis microbiológicos.	70

RESUMEN

A nivel nacional existe un gran déficit de información acerca de indicadores de desempeño y su aplicación a instituciones gubernamentales como es el caso de las Empresas Públicas de Agua Potable, de esta manera, la presente investigación tiene como objetivo realizar un estudio de los indicadores de desempeño de los sistemas de agua potable de los cantones Cumandá y Mocha. Para la recolección de datos se solicitaron varias documentaciones relacionadas a la parte técnica, operativa y de calidad a las entidades que están a cargo de la administración de agua potable. La evaluación de los indicadores se realizó mediante una encuesta a 8 profesionales en donde se estableció una escala de calificaciones que se desarrolló basado en la metodología de análisis multicriterio bajo la técnica de puntuación directa (scoring). Como resultados relevantes, se obtuvo que Mocha posee un 93.95% de cobertura del servicio de agua potable, resultado que es mejor que lo que presenta Cumandá, que alcanza el 85.04%. El costo operativo del servicio de agua potable en Cumandá es de \$3.01, mientras que en Mocha es de \$96.78. Con un total de 25 indicadores dispuestos en tres categorías (técnicos, operativos y de calidad) se logró la consecución de información actualizada y relevante, que permitió conocer la condición actual de cada sistema de abastecimiento. Por último, de acuerdo con los resultados obtenidos en todos los indicadores planteados para este estudio se destaca que el cantón Cumandá posee un mejor servicio de agua potable que el cantón Mocha.

Palabras claves: gestión, scoring, indicadores de desempeño, empresas públicas, agua potable.

ABSTRACT

At the national level, more information about performance indicators and their application to governmental institutions such as Public Water Utilities must be provided. Therefore, the objective of this research is to carry out a study of the performance indicators of the drinking water systems of the Cumandá and Mocha cities. For data collection, several technical, operational, and quality documents were requested from the entities in charge of drinking water management. The indicators were evaluated using a survey of 8 professionals, and a rating scale was established based on the methodology of multicriteria analysis using the direct scoring technique. As relevant results, it was obtained that Mocha has 93.95% drinking water service coverage, which is better than Cumandá, which has 85.04%. The operating cost of drinking water service in Cumandá is \$3.01, while in Mocha, it is \$96.78. With a total of 25 indicators arranged in three categories (technical, operational, and quality), updated and relevant information was obtained, which made it possible to know the current condition of each supply system. Finally, according to the results obtained in all the indicators proposed for this study, Cumandá City has a better drinking water service than Mocha City.

Keywords: Management, scoring, performance indicators, public enterprises, drinking water.



Reviewed by:

Mgs. Sofia Freire Carrillo

ENGLISH PROFESSOR

C.C. 0604257881

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes de la investigación

Los seres vivos emplean el agua en gran parte sus actividades cotidianas ya sea de manera directa o indirecta, por ende, este recurso hídrico es considerado de vital importancia para la supervivencia del ser humano. La Organización de Naciones Unidas (2023) reconoce el acceso al agua segura como un derecho, declarando que este recurso influye directamente en el crecimiento económico de los núcleos urbanos, reduciendo el nivel de pobreza y aportando de manera sustancial en el pleno desarrollo de la vida.

Bajo esta razón, Romero F. (2019) describe a un sistema de abastecimiento como el conjunto de operaciones, cuyo objetivo es dotar agua potable a una población determinada, en donde, el recurso proporcionado será de buena calidad, presión adecuada y de suministro continuo.

Un sistema de abastecimiento de agua potable es considerado como un servicio único que en la actualidad está afrontando diversos retos técnicos, como es el caso de un aumento en la demanda provocado por el crecimiento descontrolado de la población. Además, es necesario mencionar que los recursos empelados para alimentar los sistemas año tras año presentan mayor contaminación, lo que conlleva a que los recursos hídricos sean cada vez de menor calidad. (Estruch, 2015a)

Según Terán et al. (2021) , en el Ecuador existe un total de 2221 municipios mismo que son los encargados de afrontar todos los retos técnicos mencionados anteriormente, en donde un 62.33% de municipios administran sus sistemas de abastecimiento a través de su propia gestión, 29.9% mediante Empresas Públicas (EP) y un 6.3% por intermedio de Juntas de Agua o Empresas Privadas.

Chávez (2023), menciona que una Empresa Pública al ser una organización con objetivos trazados debe ser gestionada, esta gestión implica la planificación de sus objetivos, organización de sus recursos y control de sus procesos, por lo que, Fuentes (2023) enfatiza en que uno de los principios de los indicadores de desempeño (ID) es que lo que no se puede medir, no se puede controlar. Dando a entender que si no existe medición dentro de los procesos que componen un sistema de abastecimiento, las falencias que afectan el producto que recibe el usuario seguirán existiendo.

Por tanto, la aplicación de ID tiene muchos beneficios a nivel institucional que, según Navarro et al. (2018), la prevención de acciones que afecten el cumplimiento de los objetivos planteados en el plan de trabajo inicial, la corrección de errores y la respuesta rápida a las necesidades de los involucrados son algunos de los tantos beneficios que se pueden obtener con el uso de estos indicadores.

Por otro lado, Ecuador es considerado un país con un sistema de potabilización poco eficiente con relación a los países de la región, en donde el 20.7% del agua que es consumida en todo el territorio ecuatoriano estaría contaminado con heces fecales, lo que conlleva a evidenciar que alrededor del 15.4% del agua consumida en la zona urbana estaría afectada por la bacteria E-Coli, y el 31.8% del agua consumida en la zona rural también estaría contaminada por esta misma bacteria. (LA HORA, 2017)

Según CYTED (2018), el 80% de las enfermedades parasitarias a nivel gastrointestinal son provocadas por el consumo de agua de muy baja calidad, en el Ecuador de acuerdo con las cifras expuestas por INEN (2019) evidencian que, 27 de cada 100 personas presentan casos de parasitosis provocadas por el consumo de agua contaminada.

Por esta razón, dentro de los organismos de control nace la necesidad de aplicar indicadores de desempeño que permitan la medición y control de procesos dentro de los sistemas de abastecimiento, para entregar al usuario un producto de calidad. The International Water Association (IWA), ha planteado alrededor de 133 indicadores, con un estimado de 200 variables, todo esto bajo tres principios:

- Los recursos son limitados: se necesita hacer más con menos
- La densificación de las ciudades es tanto una oportunidad para el crecimiento económico como una amenaza para la habitabilidad.
- Un futuro incierto subyace en la planificación de nuestras ciudades (Institute Water Association, 2018)

La Agencia de Regulación y Control de Agua (2018) ha propuesto 31 indicadores que ayudan a valorar aspectos como el acceso al servicio, eficiencia en costo, equilibrio financiero, eficiencia comercial y cumplimiento, de esta manera, las entidades encargadas de administrar los sistemas de abastecimiento pueden evaluar sus procesos, derivando en metodologías mucho más eficientes y entregando un recurso de mejor calidad, elevando el nivel de satisfacción de la población.

El propósito de esta investigación va enfocado en la realización de un análisis comparativo de los indicadores de desempeño aplicados al sistema de agua potable de los cantones Cumandá y Mocha que mediante la intervención de una metodología de análisis multicriterio que según Pacheco (2019) su aplicación nos ayudaría a emitir un juicio de valor comparativo entre los distintos puntos de vista de varios profesionales cuyas labores están inmersas en el área del servicio de agua potable, además que esta metodología ayudaría a establecer rangos de calificación mismos que serán utilizados en la cuantificación de los resultados de cada indicador para finalmente proporcionar un juicio de valor al nivel de servicio que las empresas públicas de agua potable brindan a los usuarios de sus respectivos cantones, de tal forma que esta investigación ayude a que las Empresas Públicas puedan realizar un plan de mejora.

1.2 Zona de Estudio

Cumandá se ubica al suroccidente de la provincia de Chimborazo, en las coordenadas UTM: 707628.90E – 9756672.10N; limita al norte y este con el cantón Alausí, al sur con la provincia de Cañar, al oeste con los cantones Chillanes de la provincia de Bolívar y Bucay perteneciente a la provincia de Guayas. Este cantón cuenta con una extensión de 159 km² y con una altitud que oscila entre los 300 hasta los 2000 msnm. Las temperaturas varían entre 24°C y 26°C en las zonas más bajas y en las zonas altas del cantón, la temperatura tiende a ser más tropical que va desde 18°C a 20°C. (GADM Cumandá, 2023)

Según INEN (2023) el cantón posee una población de 12922 habitantes repartidos en las 29 parroquias rurales o recinto y una parroquia urbana, misma que posee un total de 18

barrios. En donde el 67% de la población total se encuentra en la cabecera cantonal, alrededor de 8626 habitantes.

Por otro lado, Mocha es un cantón cuyo territorio se ubica en la parte suroccidental de la provincia de Tungurahua, en las coordenadas UTM: 759604.00E – 9843254.00N, limitado al norte y este por los cantones Tisaleo, Cevallos y Quero, al sur con la provincia de Chimborazo y al oeste con el cantón Ambato. Con una elevación de 3272 msnm, este cantón cuenta con una población total de 7214 contabilizadas en sus dos únicas parroquias las mismas que se ubican en la zona urbana la parroquia La Matriz y en la zona rural la parroquia Pinguilí Santo Domingo, las cuales se encuentran repartidas en sus 82.63 km² de superficie terrestre. (Vive Tungurahua, 2023)

La **Figura 1** muestra la ubicación del cantón Mocha y del cantón Cumandá.

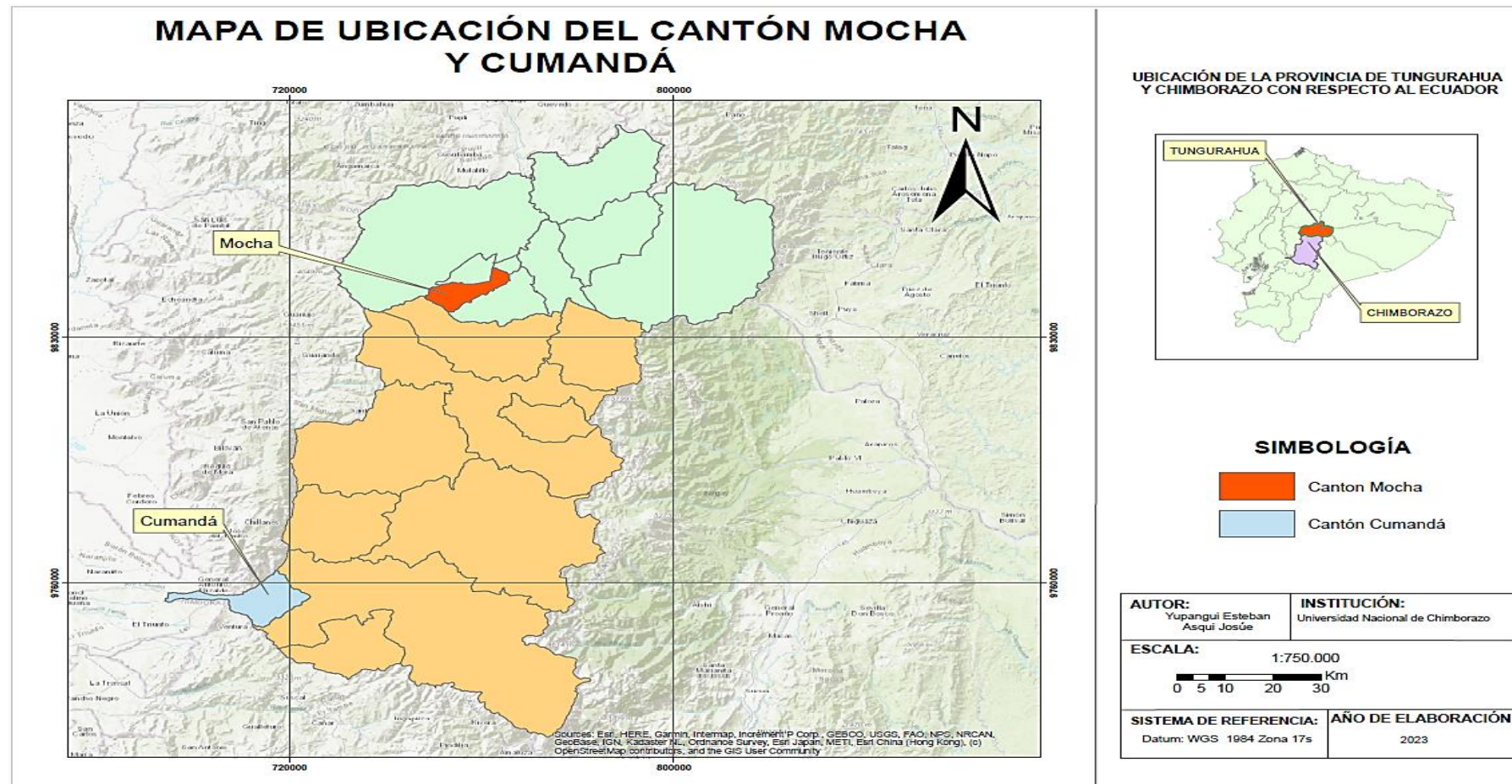


Figura 1: Mapa de ubicación de los cantones Mocha y Cumandá.

1.2.1 CUMANDÁ

El cantón Cumandá gestiona su servicio de agua potable a través de una Empresa Pública Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cumandá (EPMASAC). El área de cobertura de este servicio se centra únicamente en la cabecera cantonal, en el sector urbano. La EPMAPSAC (2020) en su plan de mejoras detalla que el actual sistema de agua potable del cantón Cumandá tiene registros de funcionamiento a partir del año 2010, con un periodo de diseño de 20 años, es decir, la vida útil de sus componentes está proyectada hasta el año 2030. Así mismo, en lo que corresponde a la población de diseño, este sistema de abastecimiento en el año 2010 dotaba a alrededor de 7879 habitantes, pero su proyección al final de su vida útil es de 15960 habitantes.

EPMAPSAC (2024) en su catastro de usuarios con actualización a la fecha 4 de enero de 2024, se establece que este sistema de abastecimiento posee un total de conexiones de 2961, estimando que la población beneficiaria es de 8626 habitantes, con un servicio ininterrumpido de 24 horas.

El río Chiclay alimenta el sistema de agua potable de este cantón. Se capta un caudal estimado de 25 l/s. La conducción de agua cruda hacia la unidad de tratamiento tiene una longitud de 8.84 km, misma que está conformada por tuberías PVC de 160 mm y 110 mm. El sistema de conducción de agua cruda posee un total de 8 tanques rompe presiones para mitigar el daño que puede ocurrir en el sistema de tuberías. (GAD Municipal del Cantón Cumandá, 2019)

El agua cruda que ingresa a la planta de tratamiento pasa por 2 sedimentadores, 1 filtro ascendente y 1 filtro descendente. La cloración se la realiza de forma manual, donde se emplea hipoclorito de calcio granulado con una concertación al 70%.

La red de distribución tiene una longitud de 30 km, se lo realiza a través de tuberías de PVC de diámetros entre 50 mm y 160 mm. Esta red distribuye agua potable a 3 zonas de la cabecera cantonal, mismas que se explican a continuación:

Tabla 1: Zonas de distribución de agua potable Cumandá.

ZONA	BARRIOS
1	Los Andes, Artesanos, Víctor Corral Mantilla, 10 de agosto, 9 de diciembre, 28 de enero (parte alta), Canán 1, Canan2, Las Fuentes, Brisas del Chimbo, Luz de América, San Jorge, Frutipan
2	Av. Los puentes, Barrio Central, Recreo, Marina, Los Ángeles, 28 de enero (parte baja)
3	Bellavista, Dolorosa, Mateo Maquisaca, Kimberly

Fuente: GAD Municipal del Cantón Cumandá (2019)

El costo por el consumo de agua potable en el cantón Cumandá tiene distintos valores, mismos que varían de acuerdo con el tipo de uso que se le dé al agua. El pliego tarifario de esta localidad es el siguiente:

- Residencial (0-10 m³) = \$2.50
- Comercial (0-10 m³) = \$2.60
- Industrial (0-10 m³) = \$3.00

1.2.2 MOCHA

Por otro lado, según el Informe Técnico (2023), el cantón Mocha es abastecido mediante tres fuentes; Chochal, La Ratonera y La Vaquería, las cuales permiten el ingreso de aproximadamente 16.18 l/s a la planta de tratamiento que se encuentra en el barrio de Chilcapamba. La conducción del agua desde las fuentes hasta la planta de tratamiento se lo realiza mediante tuberías de PVC de 200 mm, 150mm y 110mm dependiendo del caudal que circule, esta red posee un total de 10 tanques de reserva de los cuales 8 están construidos a base de hormigón armado y 2 a base de ferrocemento.

La red de distribución circula tanto por la zona urbana como la zona rural del cantón, cuyos 31.20 km de longitud total son distribuidos mediante tuberías PVC de 90, 63, 50, 40, 32 mm de diámetro. Adicional a esto, esta red cuenta con un total de 28 válvulas de bronce en diámetros de 1”, 1 ½”, 2”, 3”, 4”. (Informe Técnico GADM Mocha, 2023)

Según el catastro actualizado para el año 2023, este cantón cuenta con un total de 1616 usuarios activos, de un total de 7214 habitantes registrados en el último censo realizado por INEC (2010) en el territorio ecuatoriano.

En cuanto a la potabilización, el agua pasa por distintas cámaras que ayudan a la reducción de sedimentos presentes, el producto ingresa a dos reservas de cloración cuyo proceso se lo realiza de manera automática, empleando cloro gaseoso e hipoclorito de sodio.

Finalmente, el costo del consumo de este recurso varía dependiendo el uso al que se esté destinado, siendo la tarifa de la **Tabla 2** los valores actualizados al año 2023.

Tabla 2: Costo del servicio de agua potable en el cantón Mocha.

CATEGORÍA	RESIDENCIAL	COMERCIAL	INDUSTRIAL	OFICIAL O PÚBLICA
Tarifa hasta 10 m³	2.39	3.72	4.89	1.19
Tarifa adicional por m³				
10.1 a 25	0.191	0.391	0.513	0.120
25.1 a 40	0.121	0.401	0.524	0.130
40.1 en adelante	0.234	0.412	0.534	0.141

Fuente: GAD Municipal del cantón Mocha (2023)

1.3 Planteamiento del Problema

En Ecuador, existe muy poca información acerca de indicadores de desempeño y su aplicación a instituciones gubernamentales, en este caso a Empresas Públicas de Agua Potable.

Una organización que no mida sus procesos está perdiendo información relevante para la toma de decisiones, que con lleva a ejecutar acciones poco beneficiosas para el usuario, dando así continuidad a sistemas con gran cantidad de fallas, poco eficientes y sin una representación fiel de su condición actual.

Por otro lado, Estruch (2015b) sostiene que una evaluación de desempeño permite comparar sistemas de abastecimiento de diferentes localidades, dando paso a la detección fallas de manera más rápida, teniendo sistemas de abastecimiento más competitivos, donde el principal beneficiario es el usuario, ya que recibirá un producto de mejor calidad, satisfaciendo sus necesidades y expectativas.

De tal manera, se ha visto la necesidad de producir nueva y relevante información sobre este tema poco estudiado en el país, dado inicio a la solución de la problemática referente a sistemas de agua potable pocos eficientes.

1.4 Justificación

La presente investigación pretende evaluar mediante indicadores, el desempeño de los sistemas de abastecimiento de los cantones Cumandá y Mocha, localidades con similar número de habitantes, pero con características geográficas distintas.

Los resultados obtenidos permitirán en primera instancia conocer la forma en cómo operan los sistemas de agua potable en estos poblados, seguido a ello se podrá realizar un análisis comparativo entre estos dos sistemas, donde los directivos de cada Empresa de agua potable podrán conocer el estado actual de sus sistemas, identificando falencias en sus operaciones y evidenciando cuan competitivos son ante otro servicio. Los operadores poseerán información relevante que les permitirá ejecutar acciones que beneficien a los pobladores de Cumandá y Mocha.

De este modo, la población de estos dos cantones serán los mayores beneficiarios, ya que recibirán un mejor recurso hídrico, mismo que satisfacer sus necesidades y expectativas, mejorando su calidad de vida.

Por último, mediante esta investigación se brindará una herramienta con gran potencial teórico para futuras investigaciones, estableciendo una base sólida que ayuden a operadores de otras localidades a conocer cómo opera sus sistemas, para ejecutar estrategias de mejora.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

- Realizar un estudio de los indicadores de desempeño de los sistemas de agua Potable de los cantones Cumandá y Mocha.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Desarrollar una lista de variables (datos) necesarias para el cálculo de los indicadores de desempeño a las Empresas de Agua Potable de los cantones Cumandá y Mocha.
- Establecer y calcular indicadores de desempeño conforme a las variables en común que poseen las Empresas de Agua Potable de los cantones Cumandá y Mocha.
- Evaluar y realizar un análisis comparativo entre los resultados obtenidos de la aplicación de indicadores a los sistemas de agua potable en los cantones estudiados.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1 Conceptos Generales.

2.1.1 Agua de consumo humano

Arias (2012) sostiene que el agua es el elemento más abundante en el planeta, el 97.3% corresponde al agua contenida en los océanos, un 2.1% a glaciales y casquetes polares, finalmente, tan solo el 0.61% de lagua existente en el planeta pertenece a agua dulce. En el caso del porcentaje de agua dulce, se divide en 0.60% de agua subterránea (acuíferos, manantiales, humedales) y el 0.01% de agua superficial (ríos y lagos). Acoua (2022), refiere que, si representamos toda el agua del planeta como un recipiente de 100 litros, el agua para consumo humano solo representaría apenas una cucharada de todo este recipiente.

2.1.2 Agua potable

El agua potable se define como el recurso hídrico que ha recibido un tratamiento físico, químico o biológico, modificándose de esta manera sus características y quedando libre de contaminantes, siendo apta para el consumo de la población. (NTE INEN 1108, 2014)

2.1.3 Empresa Pública

Una Empresa Pública es una organización encargada de garantizar servicios públicos tales como el suministro de agua, electricidad o gas doméstico. Al ser una organización perteneciente al estado, su gestión y dirección se lleva a cabo a través de organismo gubernamentales. Una de sus mayores ventajas es que ofrecen servicios básicos a precios accesibles para toda la población. (Naranjo, 2010)

2.1.4 Componentes de un sistema de abastecimiento

En la **Figura 2**, se presentan las entradas y salidas comunes dentro de un sistema de agua potable.

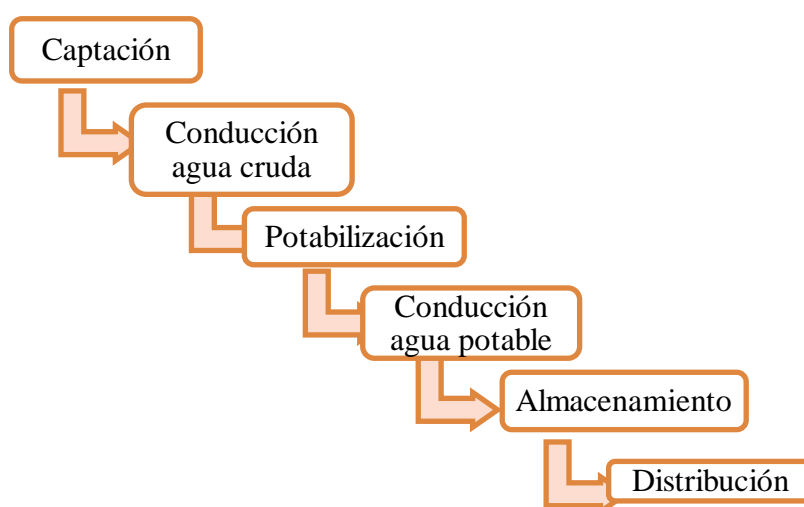


Figura 2: Sistema de abastecimiento.

Fuente: Galindo (2014)

2.1.5 Evaluación de desempeño

Desde el punto de vista de Estruch (2015a), una evaluación de desempeño es una herramienta que permite a las organizaciones detectar fallas dentro de todos los procesos que componen sus sistemas de producción, de esta manera los altos mandos logran cuantificar la eficiencia de operación de un sistema. Según la International Water Association (2018), la evaluación de desempeño permite una comunicación más simple entre los involucrados del sistema de abastecimiento de agua potable.

2.1.6 Indicadores de Desempeño (ID)

Como lo sostiene la Asociación de entes reguladores de agua potable y saneamiento de las Américas (2007), los indicadores de desempeño son combinaciones matemáticas, donde las variables permiten generar información relevante al momento de tomar decisiones y ejecutar acciones.

La **Figura 3** expone el ciclo que se lleva a cabo para ejecutar acciones. Estruch (2015b) manifiesta que los indicadores de gestión se ubican dentro de este ciclo entre datos e información.

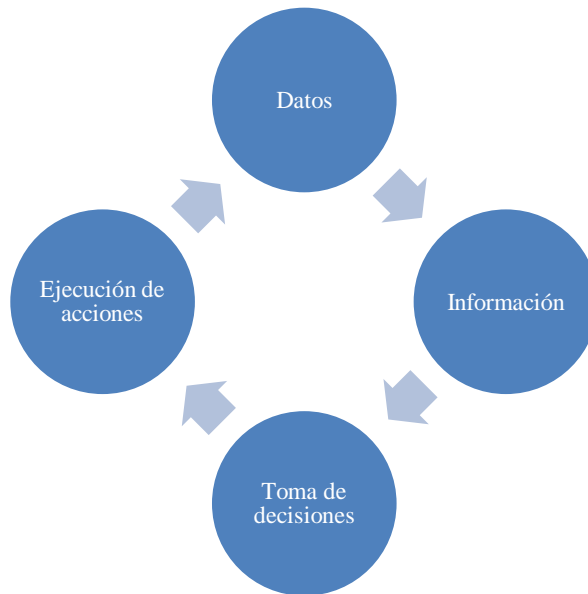


Figura 3: Ciclo de ejecución de acciones correctivas.

Fuente: Estruch (2015b)

2.1.7 Análisis Multicriterio (Scoring)

Yepes Piqueras (2018) menciona que el análisis multicriterio integra un conjunto de métodos, permitiéndose interpretar como una herramienta de alto potencial para la toma de decisiones.

Así mismo, explica que el método de puntuación directa o Scoring method, permite integrar opiniones de diversos actores, ponderando las mismas de acuerdo con su importancia en el campo de análisis.

2.2 Estado del Arte

El artículo 66 de la Constitución de La República Del Ecuador (2008) reconoce el derecho de las personas a una vida digna, asegurando la salud, alimentación y acceso a un agua potable de calidad. Por tanto, el artículo 314 decreta que el estado ecuatoriano será el responsable de dotar de servicios de agua potable a la población. En dicho servicio, se garantizará los principios de accesibilidad, eficiencia, continuidad y calidad. De este modo, el estado ecuatoriano a través del artículo 264 delega a los gobiernos municipales la competencia de la prestación del servicio público de agua potable y a los gobiernos municipales.

En el manual de la International Water Asociación (2018), expone distintos indicadores de desempeño estandarizados a nivel mundial. Esta estandarización se logró mediante el aporte de información de 70 prestadores de servicio de distintos países, contando con sistemas de abastecimiento que poseen un estimado de 20 millones de usuarios.

De igual manera, la Asociación de entes reguladores de agua potable y saneamiento de las Américas (2007) sostiene que una evaluación mediante indicadores de desempeño permite realizar comparaciones ante otros sistemas de abastecimiento, con la finalidad de mejorar la prestación del servicio. Para la consecución de esta comparativa se establece que se deben seleccionar los campos que se desean evaluar, además de que las variables que componen estos indicadores deben ser datos de fácil acceso, que no sobrecarguen a los operadores de los sistemas de abastecimiento.

A nivel país, la Agencia de Regulación y Control del Agua (2018) estableció indicadores junto con una escala de calificación que permitirán mejorar el servicio de agua potable en el Ecuador, esta herramienta la definen como una manera sencilla y amigable de realizar una autoevaluación en los aspectos de eficiencia y calidad. Además, este organismo asegura que con esta autoevaluación de los prestadores de agua potable podrán elaborar planes de mejora, donde la población es la más beneficiaria ya que recibirá un producto de mejor calidad, satisfaciendo sus expectativas. Es necesario indicar que la concesión de este sistema de indicadores se hizo entorno a la realidad de cada uno de los prestadores del servicio.

Ortega (2008) refiere mediante su investigación que los aspectos más importantes dentro de la prestación de servicio de agua potable son los técnicos, operativos y de calidad. Con estos aspectos sostiene que se podrá realizar una evaluación y comparación entre servidores de agua potable homologables entre sí, donde su escala de calificación es basada en lo expuesto por el manual internacional de la International Water Association (2018).

CAPÍTULO III. METODOLOGIA.

3.1 Tipo y Diseño de la investigación

Esta investigación tiene un enfoque de carácter cuantitativo, ya que el proceso es deductivo y secuencial, y se necesita que mediante la valoración de diferentes variables se refleje una realidad de forma objetiva, además es de carácter descriptivo, debido a que a partir de todos los datos recopilados se calculan los distintos indicadores de desempeño que se han establecido, consecuentemente, los resultados se analizan tanto desde el punto de vista de la parte gubernamental del cantón Mocha como desde la parte de la empresa pública de agua potable y saneamiento EPAMAC del cantón Cumandá y su evaluación se lo realiza mediante la aplicación de la metodología de análisis multicriterio basados en la técnica de puntuación directa o scoring, de donde se establece una escala de calificaciones con rangos superiores e inferiores para cada indicador de las tres categorías estudiadas en esta investigación.

Adicionalmente, se aplica un diseño no experimental longitudinal, ya que se ha planificado abastecer de información actualizada del año 2023, de esta manera se pueda evaluar los parámetros de calidad que nos facilita la Agencia de Regulación y Control del Agua mismos que serán aplicados al gobierno municipal del cantón Mocha y Cumandá.

3.2 Esquema Metodológico

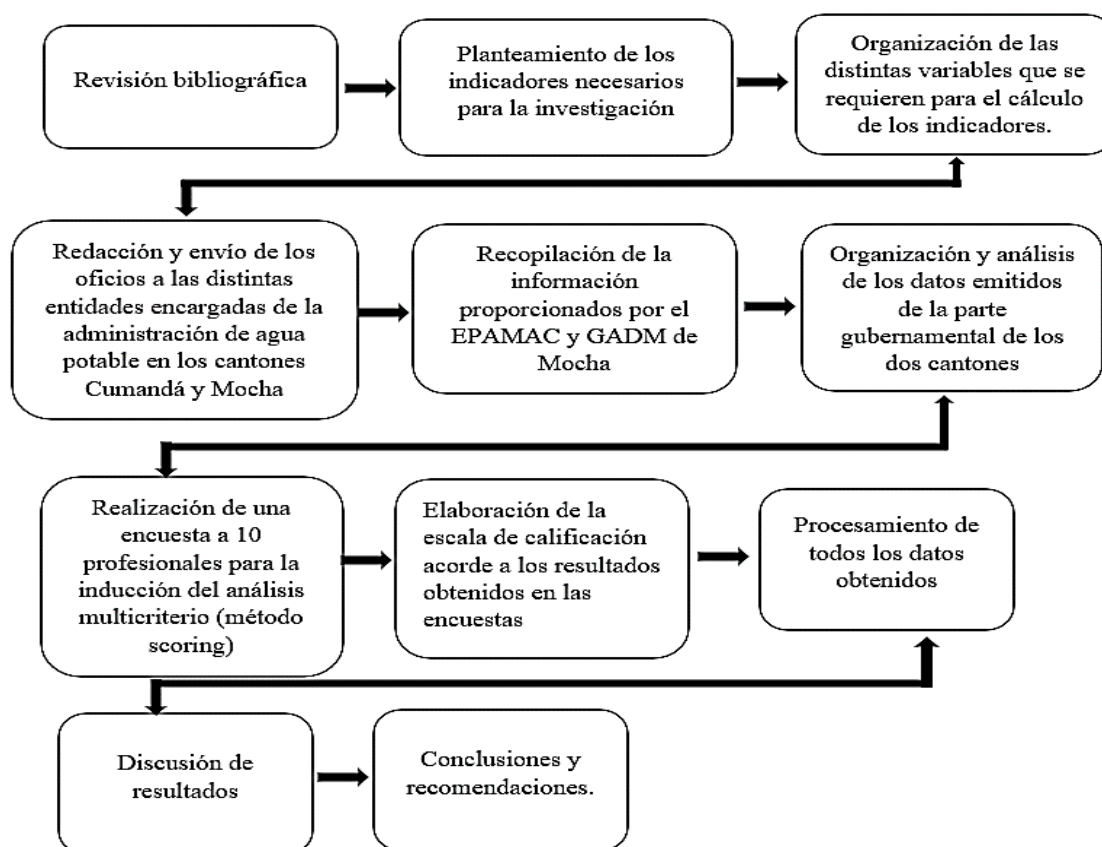


Figura 4: Metodología propuesta.

3.3 Población de estudio

La población de estudio abarca a quienes se encuentren registrados como usuarios en la base de datos de la Empresa Pública de Agua Potable perteneciente al cantón Cumandá, para ello, se toma en consideración los documentos emitidos por parte de la institución de agua potable del área de Información-EPMAPSAC en donde se verifica la existencia de 2961 usuarios hasta el año 2023.

De igual manera, se tiene en consideración la información que posee la base de datos del Gobierno Autónomo del cantón Mocha, por lo cual, mediante el catastro emitido por la institución, este cantón posee un total de 1616 usuarios actualizados hasta la fecha 2023.

La **Tabla 3** muestra a detalle el total de usuarios existentes en cada barrio del cantón.

Tabla 3: Usuarios del cantón Mocha año 2023

SECTOR	USUARIOS	PORCENTAJE
La Matriz	280	17,33%
Olalla	56	3,47%
La Y	46	2,85%
Chilcapamba	36	2,23%
Calario	42	2,60%
Cochalata	39	2,41%
Chilcapamba Parte Alta	8	0,50%
Cochalata Parte Alta	60	3,71%
El Rey Parte Alta	45	2,78%
San Juan	27	1,67%
Cruz de mayo	56	3,47%
La Estación	125	7,74%
Capulispamba	70	4,33%
10 de Agosto	64	3,96%
El Rey Parte Alta	62	3,84%
Cacahuango	40	2,48%
El Paraíso	71	4,39%
Pinguilí	381	23,58%
Atillo	108	6,68%
TOTAL	1616	100,00%

3.4 Muestra de estudio

Para validar la información proporcionada por los entes públicos encargados de la gestión del agua potable de los cantones Cumandá y Mocha se toma una muestra de la población de los dos sectores estudiados con el uso de la siguiente ecuación:

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

Donde:

n: Tamaño de la muestra

Z: nivel de confianza

p: proporción de la población con la característica deseada (éxito)

q: proporción de la población con la característica no deseada (fracaso)

e: nivel de error

N: Tamaño de la población.

3.5 Recopilación de información

Para el desarrollo de la investigación fue necesaria la intervención de las instituciones encargadas de gestionar el agua potable de los dos cantones, es decir, el EPMAPSAC por parte del cantón Cumandá y el GADM del cantón Mocha.

La recolección de los datos se realiza mediante oficios dirigidos a las máximas autoridades de los dos cantones, quienes dieron paso a las personas encargadas de cada departamento la facilitación de los documentos necesarios. En dicho oficio se solicita los siguientes documentos.

- Datos sobre la infraestructura con la que cuenta el sistema de agua potable.
- Total de fuentes de captación de agua cruda.
- Total de fuentes de captación que cuentan con autorización de la Autoridad Única del Agua.
- Número de válvulas con las que cuenta el servicio de agua potable de la localidad.
- Número de válvulas de asilamiento con las que cuenta el servicio de agua potable de la localidad.
- Nómina de empleados junto con las funciones que cumplen dentro de la empresa de agua potable del cantón.
- Total de personas que cuentan con titulación universitaria que pertenecen a la empresa de agua potable.
- Costo de operación y mantenimiento de su planta de tratamiento.
- Pliego tarifario.
- Planos de la red de sistema de agua potable.
- Total de conexiones del sistema de agua potable.
- Total de medidores en funcionamiento.
- Total de peticiones, quejas y reclamos de los últimos meses.
- Total de peticiones, quejas y reclamos resuelto de los últimos meses.
- Volumen agua total inyectada al sistema.
- Volúmenes de consumo mensuales medidos y facturados de los últimos meses.
- Valores correspondientes a recaudación de facturación de los últimos 5 años.
- Catastro de usuarios de agua actualizados.
- Expedientes técnicos de operación y mantenimiento de las redes de distribución.
- Longitud de tubería reemplazada en los últimos meses.
- Resultados de análisis fisicoquímicos y microbiológicos de los últimos meses.

- Capacidad de almacenamiento de los tanques de reserva del sistema de agua potable.

Adicionalmente, se realiza un levantamiento de información en campo para validar los datos proporcionados por las instituciones. Para este proceso se toma en cuenta el número de muestras obtenidos mediante la ecuación (1), dicho número se distribuye equitativamente a los distintos recintos del cantón Cumandá y a las parroquias del cantón Mocha, de esta manera se pudo verificar el número de medidores funcionales cuyo dato se utiliza en el cálculo de los indicadores.

3.6 Procesamiento y análisis de datos

3.6.1 Procesamiento de datos.

Una vez obtenidos los documentos emitidos por parte de las instituciones competentes se procede a sintetizar toda la información, convirtiendo lo global en datos puntuales, por ejemplo, del catastro se solventaron datos como el número total de usuarios, usuarios en cada sector, el tipo de uso que se le da al agua y por ende la tarifa que se cobra a cada usuario.

De igual manera, de los planos de la red de agua potable se obtiene datos de la tubería, longitud, etc.

En cuanto a las demás variables cuyos datos no se obtienen de los documentos facilitados, se acuden a fuentes secundarias, como revisiones bibliográficas, manual del INEC, AME y demás fuentes.

Para el cálculo de los indicadores de desempeño se procesa toda la información actualizados para el año 2023 en un documento de Excel. Los indicadores son considerados de varias fuentes tales como Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA), International Water Association (IWA), Dirección de Agua Potable y Saneamiento Paraguayo (DAPSAN), los cuales fueron categorizados en 3 grupos:

- Indicadores Técnicos.
- Indicadores Operativos.
- Indicadores de Calidad.

En base a la información recopilada, en la **Tabla 4** se emite una lista de terminologías de las distintas variables o parámetros que se requieren para el cálculo de los 25 indicadores establecidos para la investigación.

Tabla 4: Terminología de variables.

Nº	Código	Parámetro	Unidad
1	PLC	Población de la localidad	habitantes
2	VAS	Viviendas en el área de cobertura	viviendas
3	VSAP	Viviendas con servicio de agua potable	viviendas
4	DSAP	Duración del servicio de agua potable	horas
5	TFA	Fuentes de agua cruda	fuentes
6	FAA	Fuentes con autorización de la Autoridad Única del Agua	fuentes
7	NCAP	Número de conexiones de agua potable	conexiones

8	NCM	Número de conexiones de agua potable con medidor funcional	conexiones
9	VTC	Volumen de agua captada	m ³
10	Vsub	Volumen de agua subterránea captada	m ³
11	VTD	Volumen de agua potabilizado	m ³
12	VTF	Volumen facturado	m ³
13	TPE	Número de empleados	personas
14	EOP	Personal operativo	personas
15	EFA	Personal financiero y administrativo	personas
16	PPC	Personal de planificación y construcción	personas
17	PUT	Personal en unidades de tratamiento	personas
18	PTU	Personal con titulación universitaria	personas
19	LTR	Longitud total de la red	km
20	NV	Válvulas de asilamiento	válvulas de aislamiento
21	Rins	Red inspeccionada	km
22	TRE	Longitud de tubería reemplazada	km
23	VRE	Válvulas reemplazadas	unidad
24	TV	Total de válvulas	unidad
25	TMER	Total de medidores reemplazados	unidad
26	TM	Total de medidores	unidad
27	COP	Costo de O y M de Unidad de tratamiento	USD
28	PQR	Peticiones, quejas y reclamos	PQR
29	PQRSOL	Peticiones, quejas y reclamos solucionados	PQR
30	UCLO	Unidades de cloración	unidad
31	UCLOA	Unidades de cloración automatizadas	unidad
32	CAFQR	Cantidad de análisis físico-químicos realizados	análisis
33	CAFQC	Cantidad de análisis físico-químicos conformes	análisis
34	CAMR	Cantidad de análisis microbiológicos realizados	análisis
35	CAMN	Cantidad de análisis microbiológicos exigidos por normativa	análisis
36	CAMC	Cantidad de análisis microbiológicos exigidos que cumplen	análisis

Según DAPSAN (2023), todos los indicadores de desempeño están enfocados en valorar periódicamente el sistema local de las instituciones, por lo que partiendo de tres principios detallados en el manual de indicadores de gestión de agua potable y saneamiento se toma en cuenta algunas consideraciones para el cálculo de los 25 indicadores de desempeño presentes en esta investigación que se detallan en la **Tabla 5**.

Tabla 5: Indicadores de desempeño

N°	INDICADOR	CÓDIGO	UNIDAD	CATEGORÍA
1	Consumo por habitante	CPH	m ³ / habitantes	Técnicos
2	Cobertura del servicio de agua potable	CSAP	%	
3	Continuidad del servicio	CS	%	
4	Fuentes de agua autorizadas	FAC	%	
5	Cobertura de micromedicción	CMAP	%	
6	Volumen de agua potabilizada por conexión	VAPC	m ³ / N° conexiones	Operativos
7	Empleados por conexión de agua potable	ETCAP	N° Empleados/ N° Conexiones	
8	Empleados operativos por conexión de agua potable	EMP-OP	N° Empleados/ N° Conexiones	
9	Empleados administrativos y financieros por conexión de agua potable	EMP-AC	N° empleados/ N° conexiones	
10	Personal de planificación y construcción	PPC	%	
11	Personal de operación y mantenimiento	PEOM	%	
12	Personal en unidades de tratamiento	PEUT	%	
13	Personal con titulación universitaria	PETU	%	
14	Densidad de válvulas	DVA	N° válvulas/km	
15	Inspección de red	IRE	%/ Año	
16	Sustitución de tuberías	STU	%/ Año	
17	Sustitución de válvulas	SVAL	%/ Año	
18	Sustitución de medidores	SMED	%/ Año	
19	Costo operativo por cuenta	COC	USD/N°conexiones	
20	Densidad de reclamos	DRT	N° PQR/ N° Conexiones	Calidad
21	Eficiencia en la solución de PQR	STPQR	%	
22	Eficiencia de la potabilización	EPAC	%	
23	Niveles de conformidad en análisis fisicoquímicos	NCAFQ	%	
24	Cobertura de control de análisis microbiológico	CCAP	%	
25	Niveles de conformidad en análisis microbiológico	NCAM	%	

3.6.2 Indicadores Técnicos

La **Tabla 6** muestra los 5 indicadores técnicos que son calculados en base a la información proporcionada por parte de los entes encargados de la gestión del agua potable en los cantones.

Tabla 6: Nombre, código y unidad de los indicadores

N°	INDICADOR	CÓDIGO	UNIDAD
1	Consumo por habitante	CPH	m ³ / Habitantes
2	Cobertura del servicio de agua potable	CSAP	%
3	Continuidad del servicio	CS	%
4	Fuentes de agua autorizadas	FAC	%
5	Cobertura de micromedición	CMAF	%

Una vez clasificada la información emitida por EPMAPSAC de Cumandá y el GAD del cantón Mocha, se compara con cada una de las variables requeridas y propuestas en el manual del IWA, ARCA, DAPSAN y otros documentos; de esta manera, se emplean las siguientes fórmulas, mismas que ayudan a obtener cada uno de los indicadores establecidos previamente.

- **Consumo por habitante:** [m³/ habitantes]

$$CPH = \frac{VTD}{PLC} \quad (2)$$

Donde:

CPH: consumo por habitante.

VTD: volumen de agua potabilizado.

PLC: población de la localidad.

- **Cobertura del servicio de agua potable:** [%]

$$CSAP = \frac{VSAP}{VAS} \times 100 \quad (3)$$

Donde:

CSAP: cobertura del servicio de agua potable.

VSAP: viviendas con servicio de agua potable.

VAS: viviendas en el área de cobertura.

- **Continuidad del servicio:** [%]

$$CS = \frac{DSAP}{24} \times 100 \quad (4)$$

Donde:

CS: continuidad del servicio.

DSAP: duración del servicio de agua potable.

- **Fuentes de agua autorizadas:** [%]

$$FAC = \frac{FAA}{TFA} \times 100 \quad (5)$$

Donde:

FAC: fuentes de aguas autorizadas.

FAA: fuentes con autorización de la Autoridad Única del Agua.

TFA: fuentes de agua cruda.

- **Cobertura de micromedición:** [%]

$$CMAP = \frac{NCM}{NCAP} \times 100 \quad (6)$$

Donde:

CMAP: cobertura de micromedición.

NCM: número de conexiones de agua potable con medidor funcional.

NCAP: número de conexiones de agua potable.

3.6.3 Indicadores Operativos

En la categoría Operativos se contabilizaron un total de 16 indicadores detallados en la **Tabla 7:**

Tabla 7: Nombre y código de los indicadores.

N°	INDICADOR	CÓDIGO	UNIDAD
1	Volumen de agua potabilizada por conexión	VAPC	m ³ / N° conexiones
2	Empleados por conexión de agua potable	ETCAP	N° empleados/ N° conexiones
3	Empleados operativos por conexión de agua potable	EMP-OP	N° empleados/ N° conexiones
4	Empleados administrativos y financieros por conexión de agua potable	EMP-AC	N° empleados/ N° conexiones
5	Personal de planificación y construcción	PPC	%
6	Personal de operación y mantenimiento	PEOM	%
7	Personal en unidades de tratamiento	PEUT	%
8	Personal con titulación universitaria	PETU	%

9	Densidad de válvulas	DVA	N° válvulas/km
10	Inspección de red	IRE	%/ año
11	Sustitución de tuberías	STU	%/ año
12	Sustitución de válvulas	SVAl	%/ año
13	Sustitución de medidores	SMED	%/ año
14	Costo operativo por cuenta	COC	USD/N°conexiones
15	Densidad de reclamos	DRT	N° PQR/ N° conexiones
16	Eficiencia en la solución de PQR	STPQR	%

- **Volumen de agua potabilizada por conexión** $\left[\frac{\text{m}^3}{\text{N}^\circ \text{ conexiones}} \right]$

$$\text{VAPC} = \frac{\text{VTD}}{\text{NCAP}} \quad (7)$$

Donde:

VAPC: volumen de agua potabilizada por conexión.

VTD: volumen de agua potabilizado.

NCAP: número de conexiones de agua potable.

- **Empleados por conexión de agua potable** $\left[\frac{\text{N}^\circ \text{ empleados}}{\text{N}^\circ \text{ conexiones}} \right]$

$$\text{ETCAP} = \frac{\text{TPE}}{\text{NCAP}} \times 1000 \quad (8)$$

Donde:

ETCAP: empleado por conexión de agua potable.

TPE: número de empleados.

NCAP: número de conexiones de agua potable.

- **Empleados operativos por conexión de agua potable** $\left[\frac{\text{N}^\circ \text{ empleados}}{\text{N}^\circ \text{ conexiones}} \right]$

$$\text{EMP-OP} = \frac{\text{EOP}}{\text{NCAP}} \times 1000 \quad (9)$$

Donde:

EMP-OP: empleados operativos por conexión de agua potable.

EOP: personal operativo.

NCAP: número de conexiones de agua potable.

- **Empleados administrativos y financieros por conexión de agua potable**

$$\left[\frac{\text{N}^\circ \text{ empleados}}{\text{N}^\circ \text{ conexiones}} \right]$$

$$\text{EMP-AC} = \frac{\text{EFA}}{\text{NCAP}} \times 1000 \quad (10)$$

Donde:

EMP-AC: empleados administrativos y financieros por conexión de agua potable.

EFA: personal financiero y administrativo.

NCAP: número de conexiones de agua potable.

- **Personal de planificación y construcción [%]**

$$\text{PPC} = \frac{\text{CPP}}{\text{TPE}} \times 100 \quad (11)$$

Donde:

PPC: personal de planificación y construcción.

CPP: personal de planificación y construcción.

TPE: número de empleados.

- **Personal de operación y mantenimiento [%]**

$$\text{PEOM} = \frac{\text{EOP}}{\text{TPE}} \times 100 \quad (12)$$

Donde:

PEOM: personal de operación y mantenimiento.

EOP: personal operativo.

TPE: número de empleados.

- **Personal en unidades de tratamiento [%]**

$$\text{PEUT} = \frac{\text{PUT}}{\text{TPE}} \times 100 \quad (13)$$

Donde:

PEUT: personal en unidades de tratamiento.

PUT: personal en unidades de tratamiento.

TPE: número de empleados.

- **Personal con titulación universitaria [%]**

$$\text{PETU} = \frac{\text{PTU}}{\text{TPE}} \times 100 \quad (14)$$

Donde:

PETU: personal con titulación universitaria.

PTU: personal con titulación universitaria.

TPE: número de empleados.

- **Densidad de válvulas** $\left[\frac{\text{N}^\circ \text{ válvulas}}{\text{km}}\right]$

$$\text{DVA} = \frac{\text{NV}}{\text{LTR}} \quad (15)$$

Donde:

DVA: densidad de válvulas.

NV: válvulas de aislamiento.

LTR: longitud total de la red.

- **Inspección de red** [%/ año]

$$\text{IRE} = \frac{\text{Rins}}{\text{LTR}} \times 100 \quad (16)$$

Donde:

IRE: inspección de la red.

Rins: red inspeccionada.

LTR: longitud total de la red.

- **Sustitución de tuberías** [%/ año]

$$\text{STU} = \frac{\text{TRE}}{\text{LTR}} \times 100 \quad (17)$$

Donde:

STU: sustitución de tuberías.

TRE: longitud de tubería reemplazada.

LTR: longitud total de la red.

- **Sustitución de válvulas** [%/ año]

$$\text{SVAL} = \frac{\text{VRE}}{\text{TV}} \times 100 \quad (18)$$

Donde:

SVAL: sustitución de válvulas.

VRE: válvulas reemplazadas.

TV: total de válvulas.

- **Sustitución de medidores** [%/ año]

$$SMED = \frac{TMER}{TM} \times 100 \quad (19)$$

Donde:

SMED: sustitución de medidores.

TMER: total de medidores reemplazados.

TM: total de medidores.

- **Costo operativo por cuenta** $\left[\frac{\text{USD}}{\text{N}^\circ \text{ conexiones}} \right]$

$$COC = \frac{COP}{NCM} \times 100 \quad (20)$$

Donde:

COC: costo operativo por cuenta.

COP: costo de operación y mantenimiento de unidad de tratamiento.

NCM: número total de conexiones de agua potable con medidor funcional.

- **Densidad de reclamos** $\left[\frac{\text{N}^\circ \text{ PQR}}{\text{N}^\circ \text{ conexiones}} \right]$

$$DRT = \frac{PQR}{NCM} \quad (21)$$

Donde:

DRT: densidad de reclamos.

PQR: peticiones, quejas y reclamos.

NCM: número total de conexiones de agua potable con medidor funcional.

- **Eficiencia en la solución de PQR** [%]

$$STPQR = \frac{PQR}{PQRSOL} \quad (22)$$

Donde:

STPQR: eficiencia en la solución de PQR.

PQR: peticiones, quejas y reclamos.

PQRSOL: peticiones, quejas y reclamos solucionados.

3.6.4 Indicadores de Calidad

En cuanto a la categoría de Calidad, se han contabilizado un total de 5 indicadores, mismos que son detallados en la **Tabla 8** cuyas fórmulas para el cálculo de las mismas se presentan a continuación.

Tabla 8: Nombre y código de los indicadores

N°	INDICADOR	CÓDIGO	UNIDAD
1	Eficiencia de la potabilización	EPAC	%
2	Niveles de conformidad en análisis fisicoquímicos	NCAFQ	%
3	Cobertura de control de análisis microbiológico	CCAP	%
4	Niveles de conformidad en análisis microbiológico	NCAM	%

- **Eficiencia de la potabilización [%]**

$$EPAC = \frac{VTD}{VTC} \times 100 \quad (23)$$

Donde:

EPAC: eficiencia de la potabilización.

VTD: volumen de agua potabilizado.

VTC: volumen de agua captada.

- **Niveles de conformidad en análisis físico-químicos [%]**

$$NCAFQ = \frac{CAFQR}{CAFQC} \times 100 \quad (24)$$

Donde:

NCAFQ: nivel de conformidad en análisis físico-químicos.

CAFQR: cantidad de análisis físico-químicos realizados.

CAFQC: cantidad de análisis físico-químicos conformes.

- **Cobertura de control de análisis microbiológico [%]**

$$CCAP = \frac{CAMR}{CAMN} \times 100 \quad (25)$$

Donde:

CCAP: cobertura de control de análisis microbiológicos.

CAMR: cantidad de análisis microbiólogos realizados.

CAMN: cantidad de análisis microbiológicos exigidos por normativa.

- **Niveles de conformidad en análisis microbiológico [%]**

$$NCAM = \frac{CAMC}{CAMR} \times 100 \quad (26)$$

Donde:

NCAM: niveles de conformidad en análisis microbiológico.

CAMC: cantidad de análisis microbiológicos exigidos que cumplen.

CAMR: cantidad de análisis microbiológicos realizados.

3.6.5 Análisis de datos

Una vez obtenido los resultados de cada indicador en todas las categorías se procede a realizar una evaluación a 8 profesionales que se desarrollan en el campo del servicio de agua potable mediante una encuesta, de los cuales se obtiene un resultado promedio entre todas las respuestas, de esta manera se ha podido establecer el rango superior y el rango inferior de la nueva escala de calificación, y basados en esta nueva escala se procede a evaluar los diferentes resultados de cada indicador.

Tabla 9: Escala de calificación para indicadores.




ESCALA DE CALIFICACIÓN						
	RANGO I (EXCELENTE)		RANGO II (REGULAR)		RANGO III (MALO)	
	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
INDICADORES TÉCNICOS						
Consumo por habitante	12.28	-	7.58	12.28	0.00	7.58
Cobertura del servicio de agua potable	87.83	100.00	60.00	87.83	0.00	60.00
Continuidad del servicio	89.83	100.00	60.00	89.83	0.00	60.00
Fuentes de agua autorizadas	88.17	100.00	60.00	88.17	0.00	60.00
Cobertura de micromedición	89.00	100.00	59.17	89.00	0.00	59.17
Densidad de reclamos	2.13	0.00	8.67	2.13	-	8.67
Eficiencia en la solución de PQR	84.83	100.00	57.50	84.33	0.00	57.50
INDICADORES OPERATIVOS						
Volumen de agua potabilizada por conexión	16.50	-	7.58	16.50	0.00	7.58
Empleados por conexión de agua potable	4.50	1.32	7.67	4.50	-	7.67
Empleados operativos por conexión de agua potable	4.00	1.52	7.08	4.00	-	7.08
Empleados administrativos y financieros por conexión de agua potable	4.00	1.52	7.08	4.00	-	7.08

Personal de planificación y construcción	31.67	4.00	57.50	31.67	100.00	57.50
Personal de operación y mantenimiento	31.67	4.00	57.50	31.67	100.00	57.50
Personal en unidades de tratamiento	31.67	4.00	57.50	31.67	100.00	57.50
Personal con titulación universitaria	85.00	100.00	61.67	85.00	0.00	61.67
Densidad de válvulas	0.75	1.00	0.60	0.75	0.00	0.60
Inspección de red	81.67	100.00	48.50	81.67	0.00	48.50
Sustitución de tuberías	66.67	100.00	35.00	66.67	0.00	35.00
Sustitución de válvulas	66.67	100.00	35.00	66.67	0.00	35.00
Sustitución de medidores	66.67	100.00	35.00	66.67	0.00	35.00
Costo operativo por cuenta	2.32	0.02	3.91	2.32	-	3.91
INDICADORES DE CALIDAD						
Eficiencia de la potabilización	100	-	95	100	0	95
Niveles de conformidad en análisis fisicoquímicos	100	-	95	100	0	95
Cobertura de control de análisis microbiológico	100	-	95	100	0	95
Niveles de conformidad en análisis microbiológico	100	-	95	100	0	95

Es necesario señalar que los límites que se encuentran en blanco se deben a que tienden a infinito, como por ejemplo en el indicador de consumo por habitante, una vez superado el límite inferior de 12.28 m³/habitantes este ya se considera como Rango I, puesto que no tiene un techo máximo.

De igual manera, se tomó en cuenta a un profesional que se desempeñó como dirección financiera de un sistema de abastecimiento, con la finalidad de tener un criterio especializado en el campo del costo operativo por cuenta, debido a que este indicador puede llegar a repercutir en el equilibrio financiero del servicio de agua potable de alguna localidad. Una vez establecido el rango en el que se encuentra cada indicador, se procedió a dar una calificación, de esta manera se podría analizar y verificar varios criterios, de esta manera:

Tabla 10: Calificación acorde al rango establecido

RANGO	CALIFICACIÓN	SIMBOLOGÍA
I	Excelente	
II	Regular	
III	Malo	

Finalmente, para la realizar un veredicto entre el tipo de servicio que ofrecen tanto el EPMAPSAC de Cumandá y el GAD del cantón Mocha, se utilizó una metodología de análisis multicriterio, misma que nos ayudará a emitir un juicio de valor entre ambas instituciones detalladas en los capítulos posteriores.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 MEDIDORES FUNCIONALES Y AVERIADOS

Tabla 11: Medidores funcionales y averiados

	CANTÓN	
	CUMANDÁ	MOCHA
Número de muestras	150	100
Medidores Funcionales	126	93
Medidores Averiados	24	7
Porcentaje de medidores funcionales	84%	93%
Usuarios Totales	2961	1616
Equivalencia de al número de muestras (Medidores Funcionales)	2483	1503

La **Tabla 11** muestra los resultados obtenidos del levantamiento de información in situ, con relación a los medidores funcionales y no funcionales tanto en el cantón Cumandá como en el cantón Mocha, en donde se ve una cantidad considerable de medidores que no están registrando las cantidades de volúmenes correctos, siendo así como un 16.01% del total de medidores del cantón Cumandá que presentan daños y un 6.99% de medidores del cantón Mocha están comparten el mismo estado.

4.2 VARIABLES CANTÓN CUMANDA

4.2.1 Variables para los indicadores técnicos.

Tabla 12: Variables técnicos del cantón Cumandá.

PARÁMETRO	CÓDIGO	VALOR	FUENTE DE INFORMACIÓN	UNIDAD
Población de la localidad	PLC	8626	Censo 2022	habitantes
Viviendas en el área de cobertura	VAS	3482	Censo 2022	viviendas
Viviendas con servicio de agua potable	VSAP	2961	Catastro	viviendas
Duración del servicio de agua potable	DSAP	24	Plan de desarrollo territorial 2019	horas
Fuentes de agua cruda	TFA	1	Sentencia Secretaría Nacional del Agua 2012	fuentes
Fuentes con autorización de la Autoridad Única del Agua	FAA	1	Sentencia Secretaría Nacional del Agua 2012	fuentes
Número de conexiones de agua potable	NCAP	2956	Informe anual 2023	conexiones
Número de conexiones de agua potable con medidor funcional	NCM	2483	Informe anual 2023	conexiones

Peticiones, quejas y reclamos	PQR	302	Informe dirección técnica 2023	PQR
Peticiones, quejas y reclamos solucionados	PQRSOL	302	Informe dirección técnica 2023	PQR

La **Tabla 12** muestra las variables en las cuales se pudo obtener información con respecto al campo técnico o de estructura de servicio en el cantón Cumandá, teniendo en cuenta que esta población gestiona su servicio de dotación a través de una Empresa Pública, desde el año 2005. En lo concerniente a las fuentes de agua potable, la Secretaría de Nacional del agua aprobó el uso y aprovechamiento de las aguas del Río Chilicay.

4.2.2 Variables para indicadores operativos

Tabla 13: Variables operativos del cantón Cumandá.

PARÁMETRO	CÓDIGO	VALOR	FUENTE DE INFORMACIÓN	UNIDAD
Volumen facturado	VTF	2448158	Informe económico 2023	m ³
Número de empleados	TPE	21	Nómina de empleados 2024	personas
Personal operativo	EOP	13	Nómina de empleados 2024	personas
Persona financiero y administrativo	EFA	8	Nómina de empleados 2024	personas
Personal de planificación y construcción	PPC	1	Nómina de empleados 2024	personas
Personal en unidades de tratamiento	PUT	2	Nómina de empleados 2024	personas
Personal con titulación universitaria	PTU	9	Nómina de empleados 2024	personas
Longitud total de la red	LTR	30.94	Nómina de empleados 2024	km
Válvulas de asilamiento	NV	0	Informe dirección técnica 2023	válvulas de aislamiento
Red inspeccionada	Rins	30.94	Informe dirección técnica 2023	km
Longitud de tubería reemplazada	TRE	0	Informe dirección técnica 2023	km
Válvulas reemplazadas	VRE	0	Informe dirección técnica 2023	unidad
Total de válvulas	TV	65	Informe dirección técnica 2023	unidad
Total de medidores reemplazados	TMER	0	Informe dirección técnica 2023	unidad

Total de medidores	TM	2956	Informe anual 2023	unidad
Costo de OyM de Unidad de tratamiento	COP	7480.23	Informe económico 2023	USD

En la **Tabla 13**, se muestran las variables del aspecto técnico del sistema de abastecimiento de agua potable del cantón Cumandá. La Empresa Pública encargada del servicio de agua potable cuenta con un total de 21 empleados, pero apenas 9 de ellos cuentan con titulación universitaria, los 12 empleados que no cuentan con titulación universitaria tienen funciones como guardianía, gasfitero y operadores de la planta de tratamiento. Es necesario señalar que durante el año 2023 la Empresa de Agua Potable no registra mantenimiento alguno a su red de distribución, válvulas o medidores, sin embargo, si se realizó una inspección a toda la red, por tanto, una hipótesis de este poco mantenimiento al sistema de abastecimiento puede deberse a que durante la inspección no se registraron anomalías.

4.2.3 Variables para indicadores de calidad.

Tabla 14: Variables de calidad del cantón Cumandá.

PARÁMETRO	CÓDIGO	VALOR	FUENTE DE INFORMACIÓN	UNIDAD
Volumen de agua captada	VTC	103161	Informe anual 2023	m ³
Volumen de agua potabilizado	VTD	103161	Informe anual 2023	m ³
Unidades de cloración	UCLO	1	Consultoría proyecto de mejoras 2010	unidades
Unidades de cloración automatizadas	UCLOA	0	Consultoría proyecto de mejoras 2010	unidades
Cantidad de análisis fisicoquímicos realizados	CAFQR	365	Resultados análisis fisicoquímicos	análisis
Cantidad de análisis fisicoquímicos conformes	CAFQC	365	Resultados análisis fisicoquímicos	análisis
Cantidad de análisis microbiológicos realizados	CAMR	24	Resultados análisis microbiológicos	análisis
Cantidad de análisis microbiológicos exigidos por normativa	CAMN	20	Normativa INEN 1108	análisis

Cantidad de análisis microbiológicos exigidos que cumplen	CAMC	24	Resultados análisis microbiológicos	análisis
---	------	----	-------------------------------------	----------

En la **Tabla 14** se expone datos referentes a la calidad del agua que se dota al cantón Cumandá. El proceso de cloración se lo realiza de forma manual, indicándose que se emplea hipoclorito de calcio granulado. El agua captada para la potabilización es netamente superficial, por tanto, la Empresa Pública de Agua potable realiza diariamente análisis fisicoquímico, mientras que con los análisis microbiológicos se los realizan 2 cada mes. De acuerdo con los análisis realizados, todos arrojan resultados permitidos por la normativa NTE INEN-1108 (2014), de esta forma hipotéticamente se tiene un líquido apto para el consumo de la población.

4.3 INDICADORES CANTÓN CUMANDA

4.3.1 Indicadores técnicos.

Tabla 15: Indicadores técnicos del cantón Cumandá.

INDICADOR	FUENTE DEL INDICADOR	CÓDIGO	ÍNDICE	UNIDAD	CALIFICACIÓN
Consumo por habitante	IWA	CPH	11.96	m ³ /habitantes	Rango II
Cobertura del servicio de agua potable	ARCA	CSAP	85.04	%	Rango II
Continuidad del servicio	ARCA	CS	100	%	Rango I
Fuentes de agua autorizadas	ARCA	FAC	100	%	Rango I
Cobertura de micromedición	IWA	CMAF	83.99	%	Rango I
Densidad de reclamos	ARCA	DRT	0.10	PQR/conexiones	Rango I
Eficiencia en la solución de PQR	ARCA	STPQR	100	%	Rango I

La **Tabla 15** expone los resultados de la categoría técnicos. Si bien es cierto, gran parte de los indicadores se sitúan en el Rango I, es necesario señalar que el indicador de cobertura de servicio se estima se califica como “regular”, una hipótesis de esta falencia de cobertura radica en la dificultad para acceder a ciertas zonas del área de cobertura.

La cobertura de micro medición es el indicador empelado para determinar el total de medidores funcionales con respecto al total de conexiones que posee el sistema, en este caso

se visualiza que solo un 83.99% de medidores se encuentran funcionando correctamente, lo que representa una calificación de Rango II, esto se debe a la cantidad de medidores averiados que posee el sistema de abastecimiento; estimándose que de 2961 medidores que posee el sistema, 474 no se encuentran facturando correctamente, lo que deriva en pérdidas económicas para la Empresa de Agua Potable.

Otro punto relevante dentro de esta categoría de indicadores tiene que ver con la eficiencia en la solución de peticiones, quejas y reclamos (PQR), donde según lo expuesto por la Empresa Pública (EP) se estima un tiempo máximo de 24 horas para la solución del cualquier tipo de inconveniente que se pueda presentar en la prestación del servicio. Esto se ve reflejado en el índice del indicador, ya que al valorarse como 100%, su calificación es “excelente”.

4.3.2 Indicadores operativos.

Tabla 16: Indicadores operativos del cantón Cumandá.

INDICADOR	FUENTE DEL INDICADOR	CÓDIGO	ÍNDICE	UNIDAD	CALIFICACIÓN
Volumen de agua potabilizada por conexión	IWA	VAPC	34.84	m ³ /conexiones	Rango I
Empleados por conexión de agua potable	ARCA	ETCAP	7.09	empleados/conexiones	Rango II
Empleados operativos por conexión de agua potable	IWA	EMP-OP	4.39	empleados/conexiones	Rango II
Empleados administrativos y financieros por conexión de agua potable	IWA	EMP-AC	2.70	empleados/conexiones	Rango I
Personal de planificación y construcción	IWA	PPC	4.76	%	Rango I
Personal de operación y mantenimiento	IWA	PEOM	61.90	%	Rango I
Personal en unidades de tratamiento	IWA	PEUT	9.52	%	Rango I

Personal con titulación universitaria	IWA	PETU	42.86	%	Rango III
Densidad de válvulas	IWA	DVA	0.00	válvulas/km	Rango III
Inspección de red	IWA	IRE	100	%/ Año	Rango I
Sustitución de tuberías	IWA	STU	0.00	%/ Año	Rango III
Sustitución de válvulas	IWA	SVAL	0.00	%/ Año	Rango III
Sustitución de medidores	IWA	SMED	0.00	%/ Año	Rango III
Costo operativo por cuenta	IWA	COC	3.01	USD/conexiones	Rango II

La **Tabla 16** muestra los indicadores del campo operativo. Se evidencia que en lo que respecta a empleados al servicio del sistema de agua potable, la calificación es Rango I. Esto se relaciona estrechamente con la gran eficiencia que tiene esta Empresa Pública para dar solución a PQR que se presentan en la prestación del servicio. Así mismo, en el campo de empleados se refleja que la gran parte de personal se encuentra con funciones en el campo de operación y mantenimiento, calificándose este indicador como Rango III, por su gran excedente de empleados en este campo del servicio de agua potable.

En lo que respecta a válvulas de corte, se debe colocar una válvula cada 1500 m tal y como lo sugiere Escobar (2009) , esto con el fin de facilitar labores de mantenimiento. Sin embargo, el cantón Cumandá no posee este tipo de válvulas en su abastecimiento, por tanto, se interpretaría en que poseen grandes problemas al momento de dar mantenimiento a su sistema.

Algo similar ocurre con la sustitución de los elementos de la red, dado que según el registro del año 2023 no existe reemplazo de tuberías, válvulas y medidores, reflejándose en los resultados de los tres indicadores relacionados al plan de mantenimiento mismos que obtuvieron una calificación de Rango III.

Para el cálculo de este indicador se toma en cuenta el costo anual de Operación y Mantenimiento de cada planta de tratamiento existente y el número de medidores funcionales. De este modo, el costo operativo en el cantón Cumandá se estima en \$3.01, calificándose como Rango II. El cantón Cumandá posee un total de 16.01% de medidores no funcionales incrementando de esta forma su costo operativo.

4.3.3 Indicadores de calidad.

Tabla 17: Indicadores de calidad del cantón Cumandá.

INDICADOR	FUENTE DEL INDICADOR	CÓDIGO	ÍNDICE	UNIDAD	CALIFICACIÓN
Eficiencia de la potabilización	IWA	EPAC	100	%	Rango I
Niveles de conformidad en análisis fisicoquímicos	ARCA	NCAFQ	100	%	Rango I
Cobertura de control de análisis microbiológico	ARCA	CCAP	100	%	Rango I
Niveles de conformidad en análisis microbiológico	ARCA	NCAM	100	%	Rango I

La **Tabla 17** presenta los indicadores correspondientes a la calidad del agua que se dota a la población. El sistema de abastecimiento de Cumandá posee una eficiencia de potabilización del 100%, considerando que toda el agua cruda que se capta se potabiliza, para luego conducirla a los tanques de almacenamiento.

Finalmente, dentro de los análisis fisicoquímicos del agua que se suministra a la población, Cumandá posee un control diario de la misma, caso contrario a lo que ocurre con el análisis microbiológico para control de coliformes totales y coliformes fecales, que se realiza tan solo 2 veces por mes, sin embargo, este número de análisis están por encima de lo que regula la norma.

4.4 VARIABLES CANTÓN MOCHA

4.4.1 Variables para indicadores técnicos.

Tabla 18: Variables para indicadores técnicos del Cantón Mocha

PARÁMETRO	CÓDIGO	VALOR	FUENTE DE INFORMACIÓN	UNIDAD
Población de la localidad	PLC	7214	Censo 2022	habitantes
Viviendas en el área de cobertura	VAS	1720	Censo 2022	viviendas
Viviendas con servicio de agua potable	VSAP	1616	Catastro	viviendas
Duración del servicio de agua potable	DSAP	24	Rendición de cuentas	horas

Fuentes de agua cruda	TFA	3	Informe técnico 2023	fuentes
Fuentes con autorización de la Autoridad Única del Agua	FAA	3	Informe técnico 2023	fuentes
Número de conexiones de agua potable	NCAP	1616	Catastro	conexiones
Número de conexiones de agua potable con medidor funcional	NCM	1503	Catastro	conexiones
Peticiones, quejas y reclamos	PQR	285	Informe técnico 2023	PQR
Peticiones, quejas y reclamos solucionados	PQRSOL	285	Informe técnico 2023	PQR

La **Tabla 18** expone los datos relacionados al campo de la estructura de servicio del cantón Mocha, en donde se aprecia una alta tasa de beneficiarios con respecto al área de cobertura, siendo un punto clave que este recurso se mantiene servicio las 24 horas, gracias a las 3 captaciones con el que cuenta este cantón. Según los datos del catastro local, para el año 2023, existen un total de 1616 usuarios activos con un sistema de agua potable totalmente funcional.

4.4.2 Variables para indicadores operativos.

Tabla 19: Variables operativos del Cantón Mocha

PARÁMETRO	CÓDIGO	VALOR	FUENTE DE INFORMACIÓN	UNIDAD
Volumen facturado	VTF	278035	Informe facturado 2023	m ³
Número de empleados	TPE	17	Nómina de empleados	personas
Personal operativo	EOP	3	Nómina de empleados	personas
Persona financiero y administrativo	EFA	8	Nómina de empleados	personas
Personal de planificación y construcción	PPC	3	Nómina de empleados	personas
Personal en unidades de tratamiento	PUT	3	Nómina de empleados	personas
Personal con titulación universitaria	PTU	3	Nómina de empleados	personas
Longitud total de la red	LTR	31.2	Planos de la red de distribución	km

Válvulas de aislamiento	NV	4	Planos de la red de distribución	válvulas de aislamiento
Red inspeccionada	Rins	31.2	Informe técnico 2023	km
Longitud de tubería reemplazada	TRE	0.5	Informe técnico 2023	km
Válvulas reemplazadas	VRE	4	Informe técnico 2023	unidad
Total de válvulas	TV	28	Planos de la red de distribución	unidad
Total de medidores reemplazados	TMER	6	Informe técnico 2023	unidad
Total de medidores	TM	1616	Catastro	unidad
Costo de O y M de Unidad de tratamiento	COP	145 459.48	Informe técnico 2023	USD

La **Tabla 19**, muestran los datos de la parte operativa del sistema de agua potable, que desde sus inicios ha sido administrada por el Gobierno Autónomo del Cantón. En esta institución se contabiliza un total de 17 empleados de los cuales 3 profesionales se encuentran laborando en el área del agua, positivamente las 3 personas cuentan con un título de tercer nivel.

Para el año 2023, el personal se ha encargado de dar mantenimiento a todos los 31.2 km que cuenta el sistema de tuberías que traslada el agua potable, claramente se aprecia que durante ese año se han dado manteamientos a las demás componentes, cambiando válvulas, tuberías y medidores.

4.4.3 Variables para indicadores de calidad.

Tabla 20: Variables de calidad del cantón Mocha

PARÁMETRO	CÓDIGO	VALOR	FUENTE DE INFORMACIÓN	UNIDAD
Volumen de agua captada	VTC	30974.4	Informe técnico 2023	m ³
Volumen de agua potabilizado	VTD	30974.4	Informe técnico 2023	m ³
Unidades de cloración	UCLO	2	Consultoría proyecto de mejoras 2010	unidades

Unidades de cloración automatizadas	UCLOA	2	Consultoría proyecto de mejoras 2010	unidades
Cantidad de análisis fisicoquímicos realizados	CAFQR	48	Copia de análisis fisicoquímicos	análisis
Cantidad de análisis fisicoquímicos conformes	CAFQC	48	Copia de análisis fisicoquímicos	análisis
Cantidad de análisis microbiológicos realizados	CAMR	2	Copia de análisis microbiológicos	análisis
Cantidad de análisis microbiológicos exigidos por normativa	CAMN	17	Normativa INEN 1108	análisis
Cantidad de análisis microbiológicos exigidos que cumplen	CAMC	2	Copia de análisis microbiológicos	análisis

En la **Tabla 20** se aprecia información relacionada al campo de calidad que posee el agua que se suministra al cantón Mocha, en donde la planta de tratamiento es alimentada tanto por aguas superficiales, subterráneas y mixtas.

El cantón Mocha cuenta con dos unidades de cloración, sin embargo, los análisis microbiológicos solamente se lo realizan dos veces por año, lo cual está muy por debajo de lo que recomienda la normativa, pese a esto, los resultados obtenidos han sido positivos y el agua consumida es aceptable.

4.5 INDICADORES DEL CANTÓN MOCHA

4.5.1 Indicadores técnicos.

Tabla 21: Indicadores técnicos del cantón Mocha.

INDICADOR	FUENTE DEL INDICADOR	CÓDIGO	ÍNDICE	UNIDAD	RANGO
Consumo por habitante	IWA	CPH	5.84	m ³ / Habitantes	Rango I
Cobertura del servicio de agua potable	ARCA	CSAP	93.95	%	Rango I
Continuidad del servicio	ARCA	CS	100	%	Rango I

Fuentes de agua autorizadas	ARCA	FAC	100	%	Rango I
Cobertura de micromedición	IWA	CMAF	100	%	Rango I
Densidad de reclamos	ARCA	DRT	0.18	PQR/ Conexiones	Rango I
Eficiencia en la solución de PQR	ARCA	STPQR	100	%	Rango I

La **Tabla 21** expone los resultados en lo que concierne a la parte Indicadores técnicos que brinda el GAD del cantón Mocha, en donde a nivel de servicio está en un alto rango, debido a que el 93.95% de personas cuentan con agua potable, misma que tiene una circulación de 24 horas, un dato relevante es que el personal encargado de sistema de agua potable, soluciona los problemas casi al instante o en un máximo de 72 horas, dependiendo del daño, sabiendo que en el cantón existe una densidad de 0.18 quejas y reclamos por conexión.

4.5.2 Indicadores operativos

Tabla 22: Indicadores operativos del cantón Mocha.

INDICADOR	FUENTE DEL INDICADOR	CÓDIGO	ÍNDICE	UNIDAD	RANGO
Volumen de agua potabilizada por conexión	IWA	VAPC	26.06	m ³ / conexiones	Rango I
Empleados por conexión de agua potable	ARCA	ETCAP	10.52	empleados/ conexiones	Rango III
Empleados operativos por conexión de agua potable	IWA	EMP-OP	1.86	empleados/ conexiones	Rango I
Empleados administrativos y financieros por conexión de agua potable	IWA	EMP-AC	4.95	empleados/ conexiones	Rango II
Personal de planificación y construcción	IWA	PPC	11.76	%	Rango I
Personal de operación y mantenimiento	IWA	PEOM	17.65	%	Rango I

Personal en unidades de tratamiento	IWA	PEUT	17.65	%	Rango I
Personal con titulación universitaria	IWA	PETU	17.65	%	Rango III
Densidad de válvulas	IWA	DVA	0.13	válvulas/km	Rango III
Inspección de red	IWA	IRE	100	%/ año	Rango I
Sustitución de tuberías	IWA	STU	1.60	%/ año	Rango III
Sustitución de válvulas	IWA	SVAL	14.29	%/ año	Rango III
Sustitución de medidores	IWA	SMED	0.37	%/ año	Rango III
Costo operativo por cuenta	IWA	COC	90.01	USD/conexiones	Rango III

En la **Tabla 22** se muestran los indicadores resultados de la parte operativa del sistema de agua potable, en donde se puede observar que hay un gran porcentaje que se encuentra dentro del Rango I de la calificación, siendo un punto “excelente”, esto se debe a que, en el cantón al contar con tres fuentes de abastecimiento de agua, el volumen mensual que ingresa a la planta de tratamiento permite que exista una alta tasa de volumen por conexión, 26.06 m³/conexión.

En cuanto a los indicadores de empleados, se ha considerado la ideología respaldada por Messina (2016), que apoya la noción de “entre menos mejor” o por lo menos tener los empleados justos y necesarios laborando un área de trabajo, por lo que la mayoría de los indicadores enfocados a “empleados” y “personal” se encuentran dentro del Rango I, ya que considerando el número total de empleados existe una justa y necesaria cantidad de empleados por cada conexión.

Un punto negativo se observa en la parte del personal, pese a que en el GAD municipal existen 17 empleados de los cuales la mayoría se encuentra involucrada en la parte de obras civiles, solamente 3 personas cuentan con un título de tercer nivel abarcando solamente el 17.65% de todo el personal, mismos que se encuentran en la parte de administrativa del sistema de agua potable.

Por otra parte, en el cantón Mocha se ha realizado un mantenimiento total de la red de agua potable, cumpliendo con el 100% de revisión a los 31.2 km de longitud, además, se han sustituido varios accesorios tales como válvulas (14.29%), medidores (0.37%), tuberías (1.60%), que pese a que la calificación se encuentra en el Rango III que consecuentemente el servicio se podría decir que es “malo”, esto es algo más hipotético, debido a que muchos

de los accesorios se encuentran en optimas o buenas condiciones de funcionamiento por lo que su sustitución no sería necesaria.

Finalmente, el indicador costo operativo por cuenta ingresa en el Rango III, es decir, “malo”, sin embargo, esto puede justificarse por los altos gastos de operación y mantenimiento que se ha justificado en el año 2023 que según el Informe Técnico (2023) hecho por el GADM alcanzó una cantidad total de 145 459.48 dólares americanos que relacionados con los 7480.23 dólares en gastos de O y M del cantón Cumandá para el mismo año es una cantidad muy alta.

4.5.3 Indicadores de calidad.

Tabla 23: Indicadores de calidad del cantón Mocha.

INDICADOR	FUENTE DEL INDICADOR	CÓDIGO	ÍNDICE	UNIDAD	RANGO
Eficiencia de la potabilización	IWA	EPAC	100	%	Rango I
Niveles de conformidad en análisis fisicoquímicos	ARCA	NCAFQ	100	%	Rango I
Cobertura de control de análisis microbiológico	ARCA	CCAP	11.76	%	Rango III
Niveles de conformidad en análisis microbiológico	ARCA	NCAM	100	%	Rango I

En la **Tabla 23**, se presentan los resultados obtenidos de los indicadores enfocados a la parte de calidad de agua potable que se consume en el cantón Mocha, en donde claramente se observa como la mayoría de los indicadores se encuentran en el Rango I, mostrándonos que la calidad del agua es “excelente”, sin embargo, en el indicador de cobertura de análisis microbiológicos solamente nos da un porcentaje de 11.76% lo que le ubica en un Rango III, consecuentemente, se podría decir que el servicio en este punto es “malo”, esto se debe a que este tipo de análisis de laboratorio solamente los realizan dos veces al año, lo cual es una cantidad demasiado baja según lo estipula Norma NTE INEN-1108 (2014); pese a esto, los resultados de laboratorio aprueban el consumo de esta agua, esto se debe a la influencia del agua subterránea que ingresa a la planta de tratamiento, que como bien sabemos, este tipo de agua posee menos contaminantes, lo que estaría recompensando en la parte de calidad de agua.

4.6 COMPARATIVA DE INDICADORES ENTRE CUMANDÁ Y MOCHA

4.6.1 Consumo por habitante

Unidad: %

La **Tabla 24** expone una comparativa sobre el porcentaje de volumen consumido por cada habitante mensualmente en relación a la población total de cada cantón, siendo 8626 los habitantes de Cumandá y 7214 los habitantes del cantón Mocha, reflejándonos que en el cantón Cumandá cada persona tiene la facultad de adquirir una cantidad de agua mensual de

11.95 (m³/hab.mes), esto puede deberse a la gran cantidad de agua que ingresa a la planta de tratamiento del cantón Cumandá, que según los datos del Informe Técnico (2023) cada mes ingresó un promedio de 103161 [m³], un volumen muy superior a los 42120 (m) que se registró en promedio mensual en el cantón Mocha, por lo que a cada habitante le corresponde un volumen de 5.84 [m³/hab.mes] de agua potable.

Tabla 24: Consumo por habitante

	CUMANDÁ	MOCHA
Habitantes [hab]	8626	7214
Volumen de agua potabilizado en un mes [m ³]	103161	42120
Consumo por persona en un mes [m ³ /hab]	11.95	5.84

4.6.2 Cobertura del servicio de agua potable

Unidad: %

La **Figura 5** muestra una comparativa entre la cobertura de servicio agua potable que se ha logrado abarcar tanto en el cantón Mocha como en el cantón Cumandá; aunque los dos cantones cuentan con altos porcentajes de cobertura de servicio, lo del cantón Mocha es destacable, ya que el servicio de agua potable está abarcando un total de 93.95% de toda su población, todo esto se debe a la gran cantidad de agua que logran captar mensualmente, lo que ha ayudado a que la red de agua llegue hasta los lugares más remotos de la zona urbana del cantón.

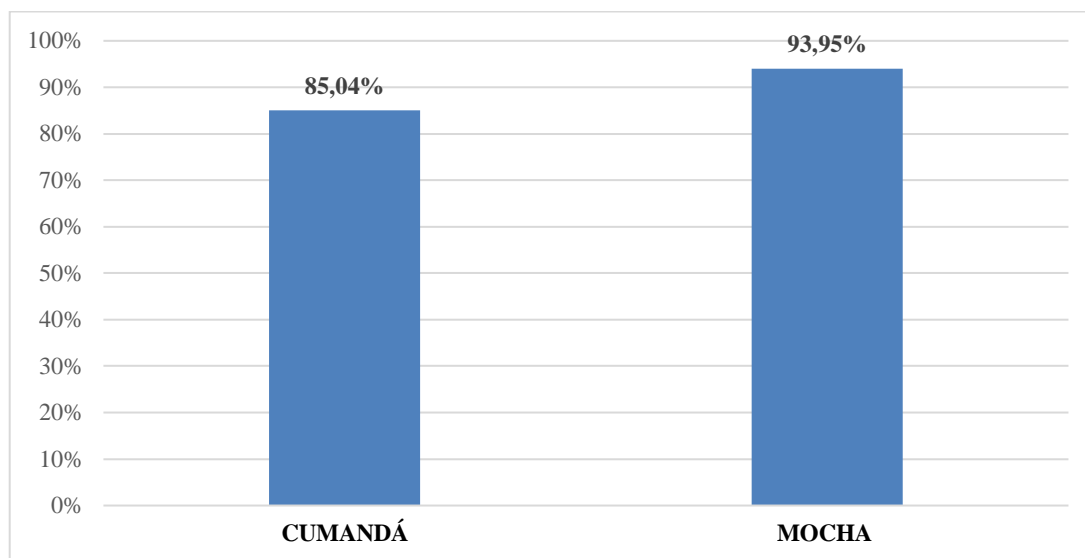


Figura 5: Cobertura de servicio.

4.6.3 Continuidad del servicio

Unidad: %

En la **Figura 6** se aprecia el porcentaje de tiempo que las entidades competentes brindan de servicio de agua potable a los usuarios, como se puede apreciar, tanto Cumandá como Mocha han sido capaces de solventar las 24 horas del día de este servicio a toda la población de sus respectivos cantones.

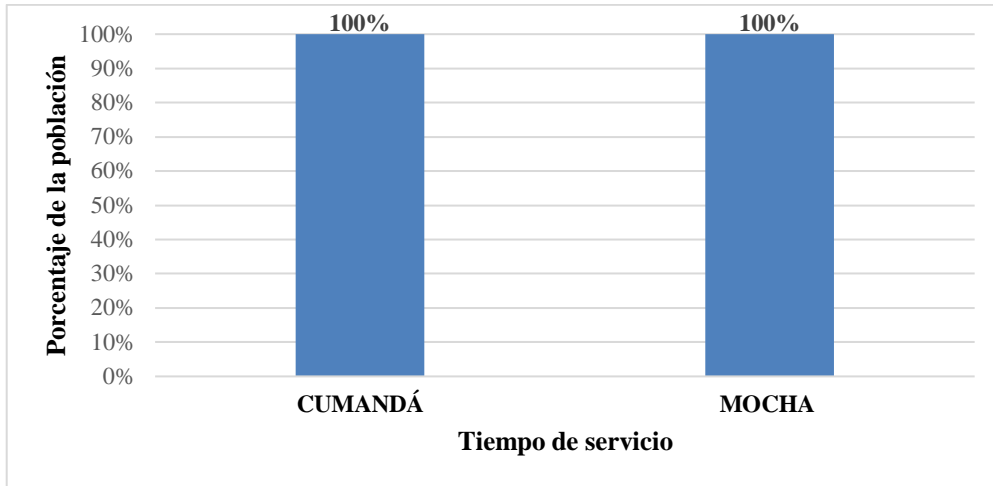


Figura 6: Continuidad de servicio.

4.6.4 Fuentes de aguas autorizadas

Unidad: %

La **Figura 7** da a conocer el porcentaje de aguas que son autorizadas para el consumo humano, es decir, tanto la única fuente del que se abastece el cantón Cumandá como de las tres fuentes que posee el cantón Mocha son totalmente legales y autorizadas para su uso.

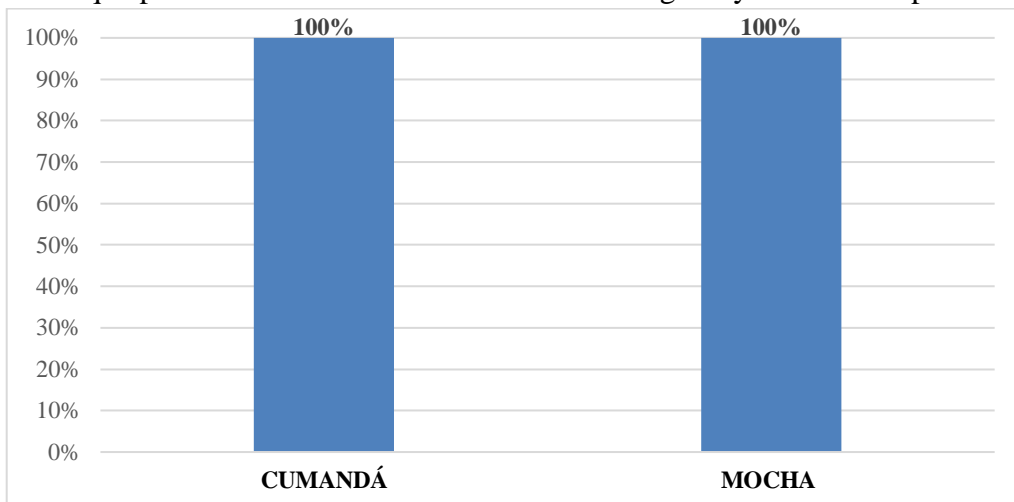


Figura 7: Fuentes de aguas autorizadas.

4.6.5 Cobertura de micromedición

Unidad: %

La **Figura 8** muestra una comparativa entre la cobertura de micromedición del cantón Cumandá y del cantón Mocha, en donde se puede apreciar un porcentaje no tan favorable de medidores funcionales en ambos cantones, siendo así como un 16.01% de medidores se encuentran averiados en el cantón Cumandá, lo que se traduce a un total de 474 medidores que tienen defectos en su lectura, dato que se valida con los registros del Informe Técnico del cantón Cumandá (2023) en donde se resalta un total de 0 elementos de la red y de medidores dañados que hayan sido cambiados en el año de estudio, un caso similar ocurre en el cantón Mocha, en donde se registra un porcentaje de 6.99% de medidores dañados, lo que representa un total de 113 medidores defectuosos, dato contrario a los registros del Informe Técnico (2023) proporcionados por el GADM en donde se registra cambios en los elementos de la red y de medidores y un supuesto total del 100% de medidores en buen funcionamiento.

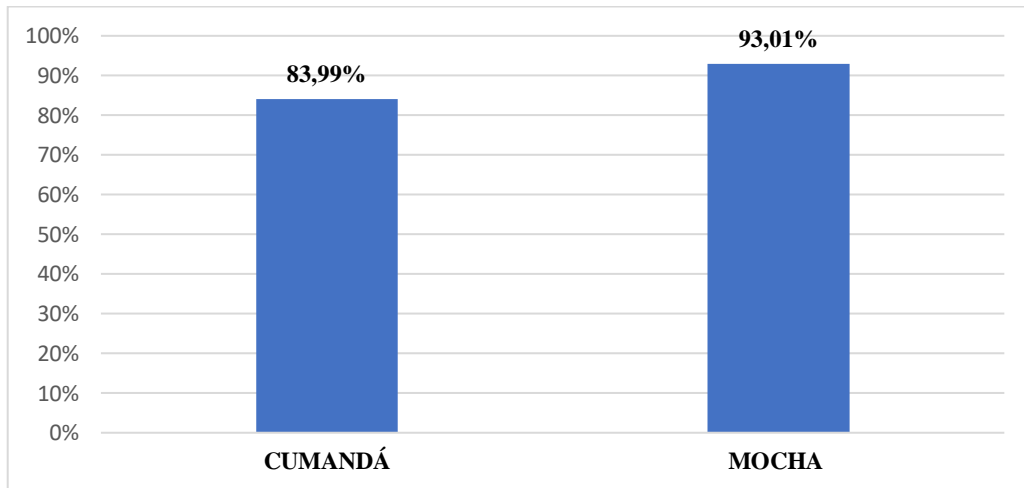


Figura 8: Cobertura de micromedición.

4.6.6 Densidad de reclamos

Unidad: N°PQR/conexiones

La **Figura 9** hace una comparativa entre el número de quejas que los usuarios realizan a las entidades encargadas del control y mantenimiento de la red de agua potable, en donde el cantón Mocha posee un mayor número de reclamos, lo que nos lleva a entender que en este cantón los daños son más frecuentes y la solución al problema no se lo acredite en tiempos prematuros, traduciendo en el descontento de los usuarios hacia la administración encargada del manejo y control del agua potable en la zona. Los daños constantes pueden deberse a la mala calidad de los materiales, una mala reparación, un mal manejo por parte de los mismos usuarios o como se vio en el indicador de micromedición, a la mala lectura de los medidores dañados, lo que estaría generando costos elevados al momento de su cancelación.

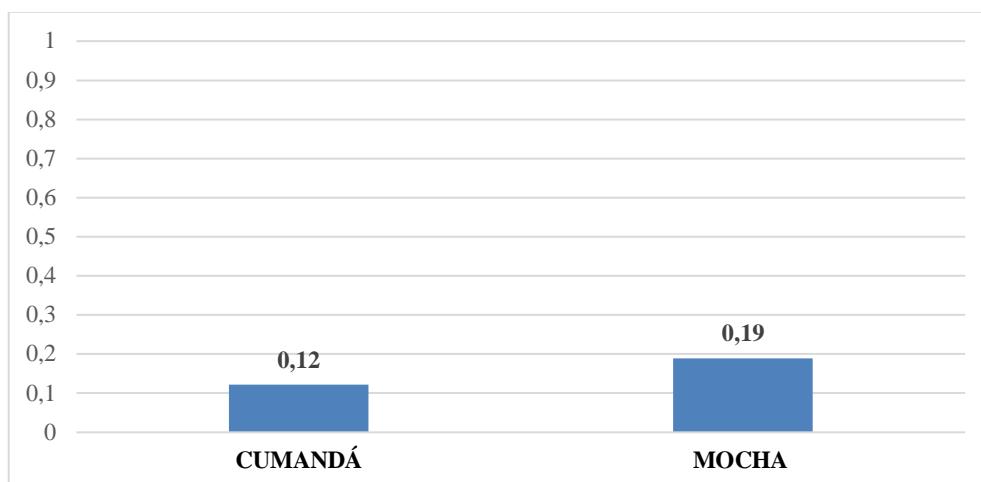


Figura 9: Densidad de reclamos.

4.6.7 Eficiencia en la solución de PQR.

Unidad: %

En la **Figura 10** se muestra la capacidad de solución ante las peticiones, quejas y reclamos que tanto la Empresa de agua potable de Cumandá como el GAD del cantón Mocha responden a los usuarios de sus localidades respectivamente, claramente las dos entidades brindan una solución ante cualquier problema que se presente ya sea en los elementos de la red como en los medidores de cada usuario, todo esto en el menor tiempo posible ya que un daño en cualquier componente o aparato de la red de agua potable puede generar grandes pérdidas tanto para las instituciones encargadas del cobro por este servicio como para los usuarios.

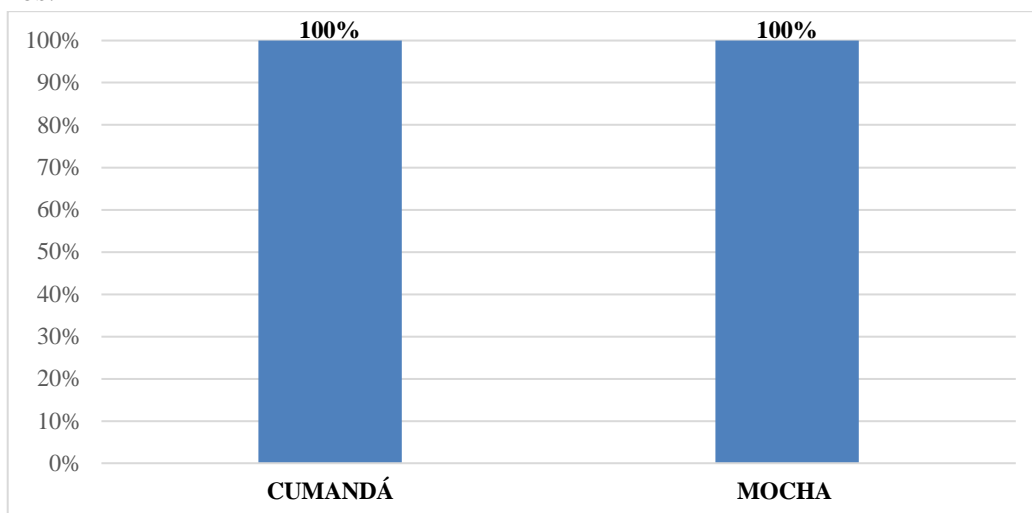


Figura 10: Eficiencia en la solución de PQR.

4.6.8 Volumen de agua potabilizada por conexión.

Unidad: m³/ conexiones

En la **Tabla 25** se aprecia una comparativa muy interesante, debido a que los volúmenes consumidos por conexión en Cumandá y Mocha son muy distintos, por lo que nuevamente nos lleva a la expectativa que los usuarios de Mocha tienen ciertas limitaciones al momento de consumir libremente el agua, debido a que para cada conexión se estima un volumen promedio de 26.06 [m³] por mes, que pese a que a cada casa promedio ingresa un volumen considerable, su cantidad mensual o semanal en ocasiones puede ser escasa, lo que no pasa con Cumandá, debido a que poseen un volumen de consumo por conexión de 34.83 [m³] por mes, lo que les puede resultar favorable en tiempos de estaciones críticas, esto se debe a que en el cantón Cumandá, el volumen potabilizado mensualmente es de 103161 m³ y los usuarios son apenas 2961, cosa muy distinta con lo que pasa en Mocha, cuyo volumen mensual potabilizado es 42120 m³ y el número de usuarios es de 1616, lo que nos indica que a cada casa entraría menos volumen para que toda su población sea abastecida de agua potable.

Tabla 25: Volumen potabilizado por conexión

	CUMANDÁ	MOCHA
Usuarios	2961	1616
Volumen de agua potabilizado en un mes [m ³]	103161	42120
Volumen potabilizado por conexión en un mes [m ³ /conexión]	34.83	26.06

4.6.9 Indicadores de empleados por conexión de agua potable

Unidad: N° Empleados/ Conexiones

En la **Tabla 26** se visualiza una comparativa entre la cantidad de empleados por cada 1000 conexiones que laboran tanto en la Empresa de agua potable de Cumandá como en el GAD de Mocha, que en promedio, en el cantón Mocha existe un mayor número de personas laborando por conexión, que viéndolo desde un punto de vista económico puede ser desfavorable, ya que este cantón posee menos habitantes, por lo que el número de empleados debe ser directamente proporcional al número de usuarios que estén registrados en el catastro de cada localidad.

Tabla 26: Indicadores de empleados por conexión

	CUMANDÁ	MOCHA
Usuarios [conexión]	2961	1616
Número de Empleados [N° empleados]	21	17
Empleados por conexión de agua potable [N° empleados/conexión]	7.09	10.51

Empleados operativos por conexión de agua potable [N° empleados/conexión]	4.39	1.85
Empleados administrativos y financieros por conexión de agua potable [N° empleados/conexión]	2.7	4.95

4.6.10 Personal de planificación y construcción.

Unidad: %

La **Figura 11** expone el porcentaje de empleados destinados al campo de planificación y construcción con relación al total de personal del servicio de abastecimiento. Mocha se muestra ligeramente mayor en este indicador. Una hipótesis de esto es que el personal encargado del área de planificación y construcción en este cantón pertenecen al departamento de obras públicas del GAD Cantonal, en donde se encuentran laborando 2 empleados desde el departamento y 3 empleados en el área de la planta de tratamiento ubicado en la comunidad de Chilcapamba, algo no tan positivo debido a que el personal no se enfocará netamente en proyectos en beneficio del sistema de abastecimiento por el escaso número de personal que se encuentra en esta área.

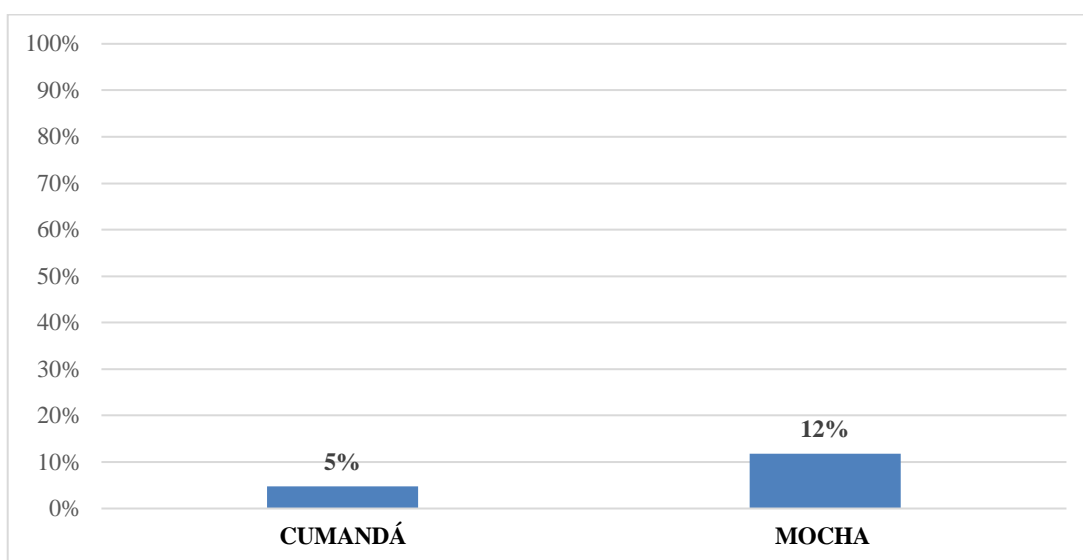


Figura 11: Personal de planificación y construcción.

4.6.11 Personal de operación y mantenimiento

Unidad: %

La **Figura 12** muestra el porcentaje de personal en el campo de operación y mantenimiento con respecto al total de empleados en cada población. Cumandá posee un 62% de personal que trabaja en esta área, lo que se ve reflejado en la eficiencia de solución ante daños en la red de agua potable, sin embargo, el cantón Mocha

con menor personal en el área solventa el mismo porcentaje en cuanto a soluciones rápidas ante cualquier avería o daño en la red.

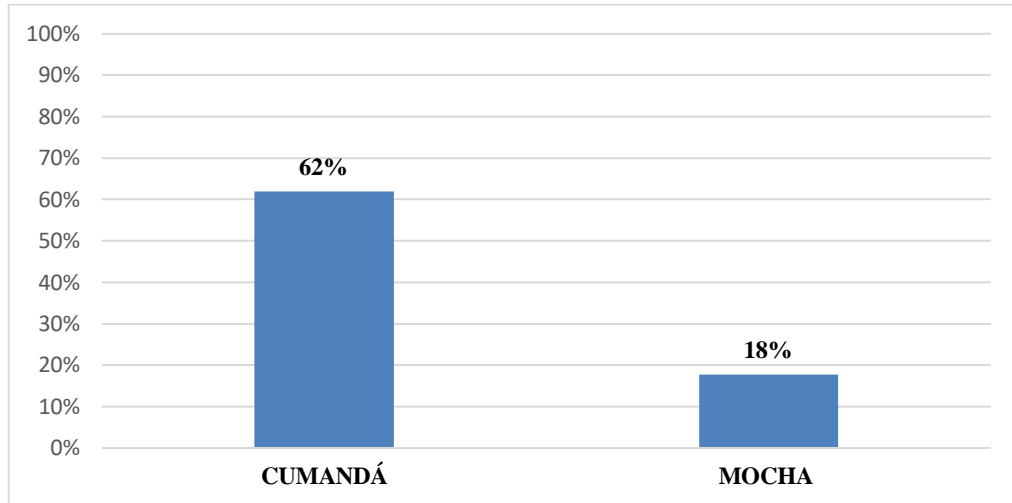


Figura 12: Personal de operación y mantenimiento.

4.6.12 Personal en unidades de tratamiento (PEUT)

Unidad: %

En la **Figura 13** se expone el porcentaje de empleados que laboran en las Unidades de tratamiento de cada cantón, esto con relación al total de empleado del servicio de agua potable.

Mocha es superior en este indicador ya que posee dos Plantas de Tratamiento de Agua Potable (PTAP), a diferencia de Cumandá que apenas posee una Unidad de Tratamiento.

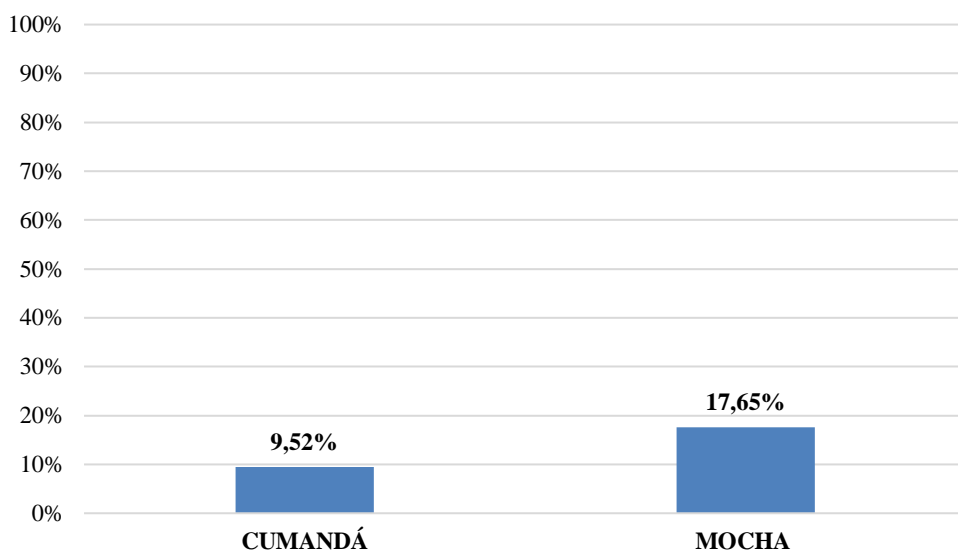


Figura 13: Personal en unidades de tratamiento.

4.6.13 Personal con titulación universitaria

Unidad: %

La **Figura 14** exhibe el porcentaje de personal que cuenta con titulación universitaria con respecto al global de empleados. Cumandá es superior con un 42.85%, de este modo se entendería que existe mayor personal calificado dentro del sistema de abastecimiento, que deriva en una mejor servicio y rápida respuesta antes inconvenientes que se presenten en la prestación del servicio.

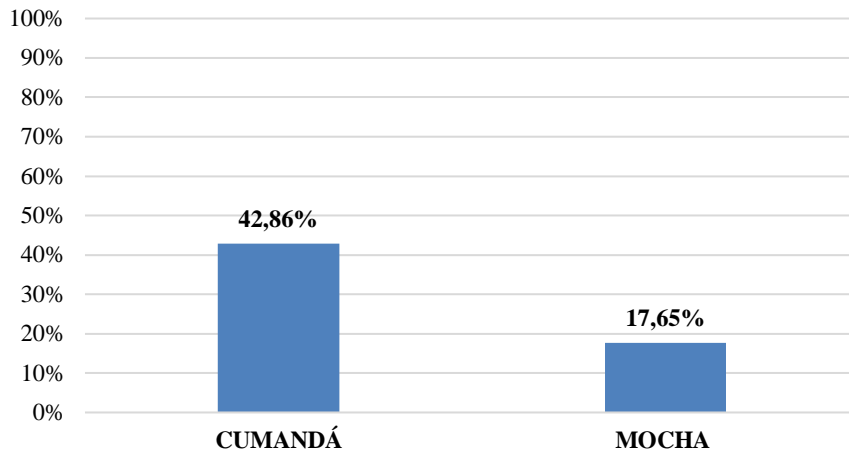


Figura 14: Personal con titulación universitaria.

4.6.14 Densidad de válvulas (DVA)

Unidad: Válvulas/km

Las válvulas de aislamiento permiten cortar el flujo de agua para realizar labores de mantenimiento. De este modo, en la **Figura 15** se evidencia que Mocha es superior a Cumandá en este aspecto, ya que posee 0.13 válvulas por cada kilómetro de red de conducción. Mocha posee una mayor densidad por este motivo se interpreta como un mejor control en lo que concierne a conducción de agua y mantenimiento de estas conducciones.

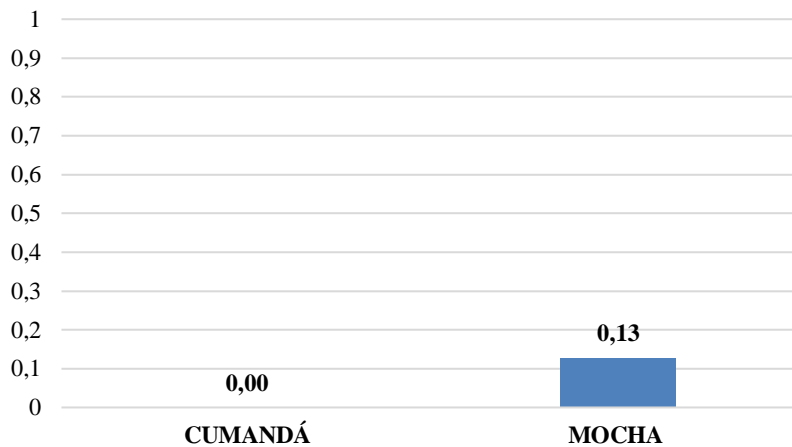


Figura 15: Densidad de válvulas.

4.6.15 Inspección de red

Unidad: %/Año

La **Figura 16** muestra el porcentaje de red inspeccionada a la red de distribución durante el año 2023, donde las dos poblaciones realizaron una evaluación completa de su red. En este caso, las dos localidades cuentan con una red de distribución estimada en 30 km.

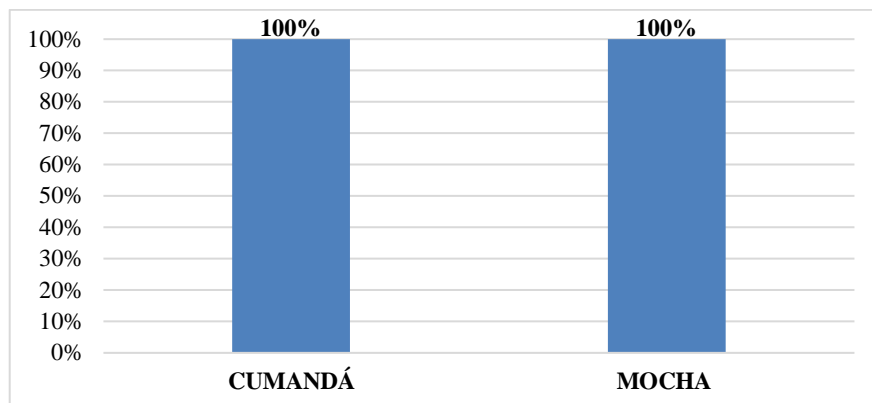


Figura 16: Inspección de la red (IRE).

4.6.16 Sustitución de tuberías.

Unidad: %/Año

En la **Figura 17** se observa la sustitución de tramos de tuberías a lo largo del año 2023 en los cantones estudiados. Si bien los dos poblados realizaron un análisis total de su red, solo Mocha realizó el cambio de 0.5 km de tuberías en el periodo de análisis. Una hipótesis de que Cumandá no realizó sustituciones tiene que ver con el indicador de inspección de red, ya que, si esta evaluación no registro anomalías, significa que incluso no se han reportado fugas en la red.

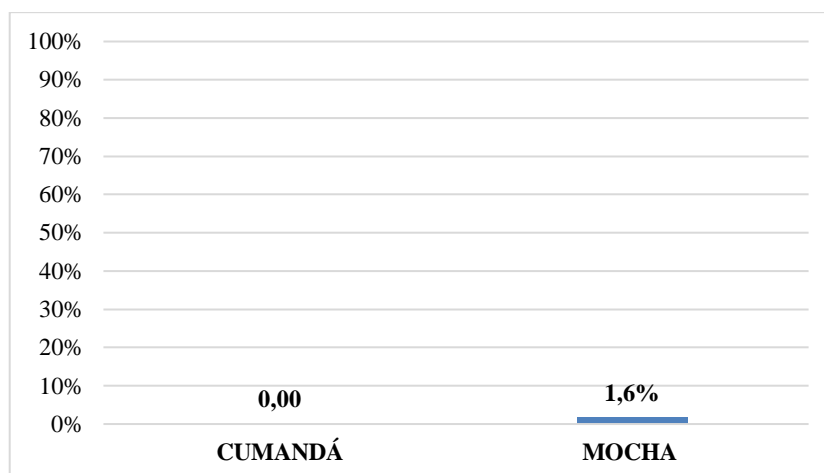


Figura 17: Sustitución de tuberías.

4.6.17 Sustitución de válvulas

Unidad: %/Año

La **Figura 18** muestra el porcentaje de válvulas del sistema de abastecimiento que han sido reemplazadas en el año 2023. Se ratifica nuevamente que Cumandá en el periodo de evaluación no ha registrado cambios de accesorios en su red de distribución, Mocha por su parte sustituyó 4 de sus 28 válvulas. Con un mantenimiento rutinario a los componentes del sistema de abastecimiento, este puede alargar su vida útil y no disminuir la calidad del producto que se entrega con el paso del tiempo.

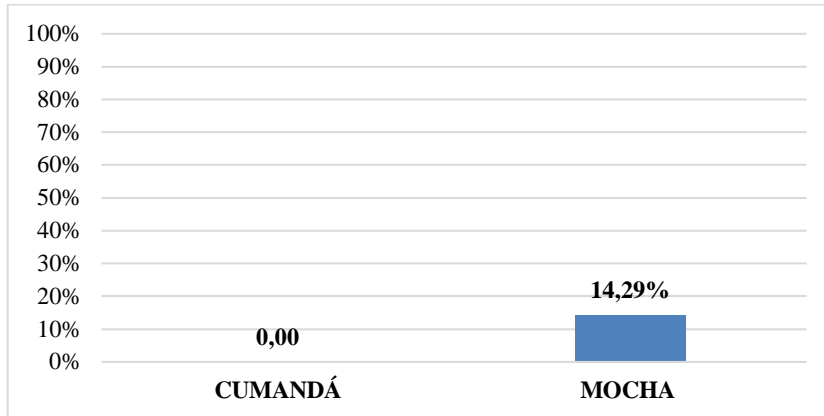


Figura 18: Sustitución de válvulas.

4.6.18 Sustitución de medidores

Unidad: %/Año

Los medidores de agua potable permiten contabilizar el consumo de agua de cada domicilio o negocio. La **Figura 19** muestra el porcentaje de sustitución de medidores en el año 2023, Mocha sustituyó 6 de 1616 medidores, mientras que Cumandá no registra sustituciones. En este caso, debe existir errores de registro en la EP que gestiona este servicio en Cumandá, puesto que no es algo muy común que en un periodo de 1 año no se hayan sustituido válvulas, tuberías o medidores.

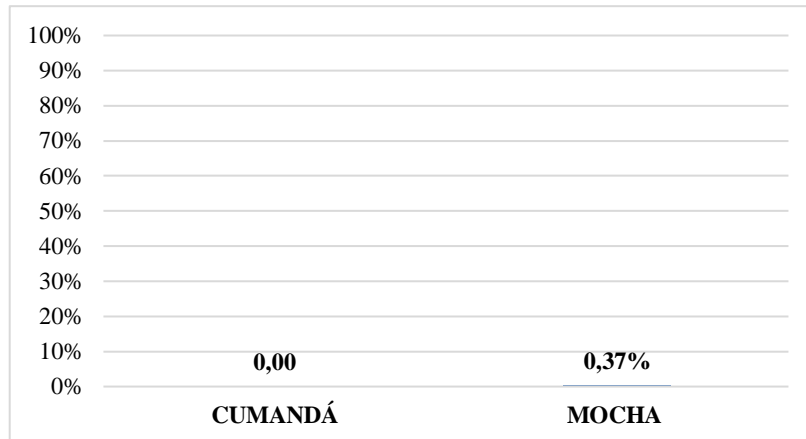


Figura 19: Sustitución de medidores.

4.6.19 Costo operativo por cuenta (COC)

Unidad: USD/conexiones

La **Tabla 27** expone el gasto que implica llevar el servicio de agua potable a cada conexión, esto en el año 2023. En la comparativa se evidencia que el costo operativo de Mocha es mucho más elevado que el de Cumandá, esto debido a que Mocha posee más unidades de tratamiento. Sin embargo, el gasto operativo de Mocha es muy alto, por lo cual a futuro puede proveerse poca rentabilidad en el servicio, viéndose afectado el equilibrio financiero de este sistema de abastecimiento.

Tabla 27: Costo operativo por cuenta.

	CUMANDÁ	MOCHA
N° Conexiones con un medidor funcional	2656	1616
Costo de OyM de las Unidades de tratamiento	\$ 7,480.23	\$145,459.48
Costo operativo por cuenta	\$ 3.01	\$ 96.78

4.6.20 Eficiencia de la potabilización (EPAC)

Unidad: %

En la **Figura 20** se muestra la eficiencia de la potabilización en las localidades evaluadas, es decir, el porcentaje de agua captada que logro ser potabilizada durante el año 2023. Se evidencia que los dos sistemas poseen un alto nivel de potabilización. Toda el agua captada logra ser potabilizada y conducida a los tanques de almacenamientos.

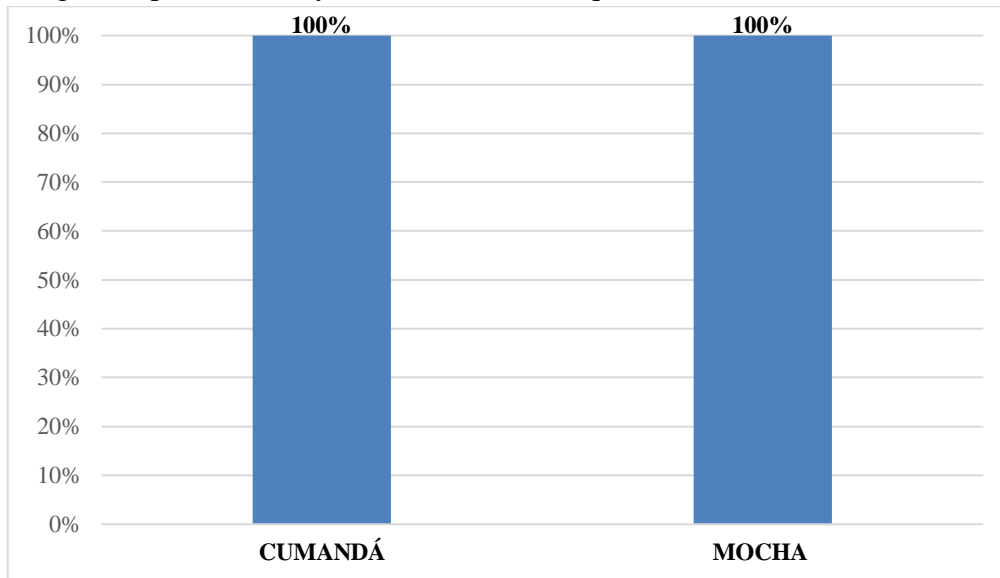


Figura 20: Eficiencia de la potabilización.

4.6.21 Niveles de conformidad en análisis fisicoquímicos

Unidad: %

En la **Figura 21** se observa el porcentaje de conformidad entorno a los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados en el año 2023. Se visualiza en los dos poblados en el periodo de evaluación obtuvieron resultados positivos con relación a lo expuesto en la normativa INEN 1108. La diferencia radica en la cantidad de análisis realizados al año, pues Cumandá al poseer la infraestructura adecuada realiza diariamente controles, mientras que Mocha debe realizar estos análisis en la ciudad de Ambato, por tanto, el tema económico es una gran limitante.

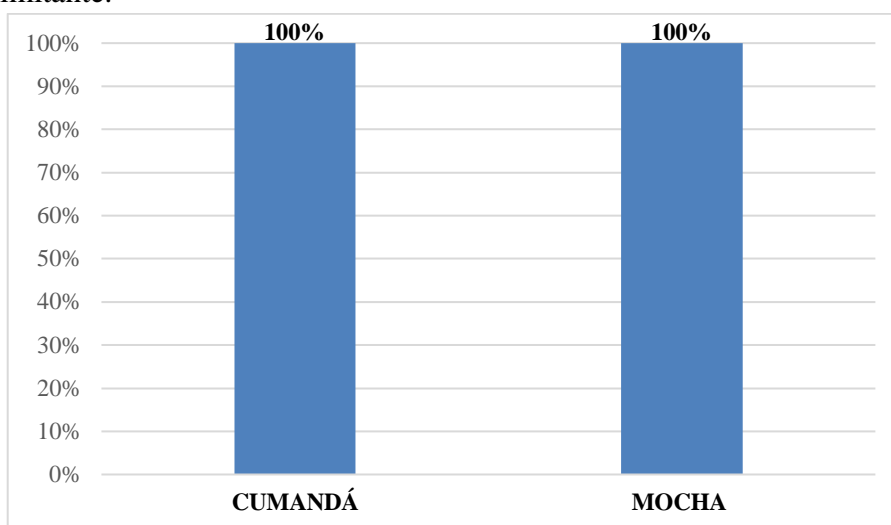


Figura 21: Niveles de conformidad en análisis fisicoquímicos.

4.6.22 Cobertura de control de análisis microbiológico

Unidad: %

La **Figura 22** muestra la comparativa entre porcentajes acerca de la cantidad de análisis microbiológicos realizados en el año 2023 por cada localidad con relación a lo estipulado en la normativa INEN 1108. Cumandá alcanza el 100% debido a que realiza al año un número mayor de análisis de los que la normativa refiere, por tanto, supera en gran número a Mocha, que alcanza tan solo un 11.76%. Como se mencionó anteriormente, Mocha no posee con la infraestructura necesaria para realizar análisis a las muestras de agua que se suministra, de este modo, se limita de gran manera la realización de este tipo de análisis.

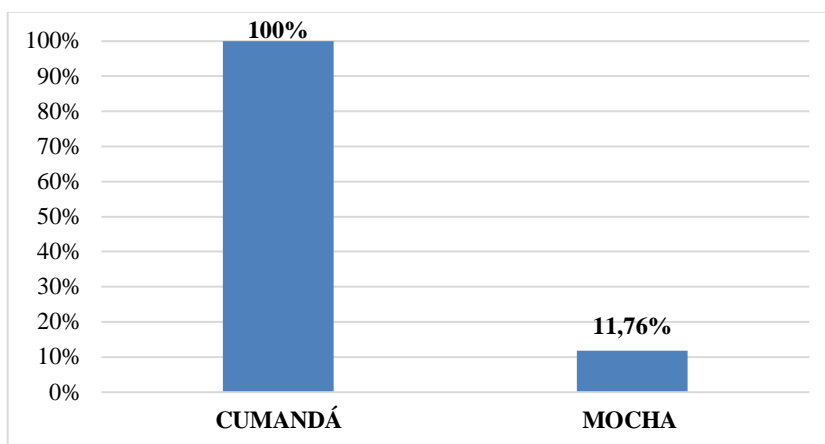


Figura 22: Cobertura de control de análisis microbiológicos.

4.6.23 Niveles de conformidad en análisis microbiológicos

Unidad: %

La **Figura 23** expone el porcentaje de conformidad con respecto a los resultados que arrojan los análisis microbiológicos realizados en el año 2023. Cumandá y Mocha logran un 100% de conformidad. Se debe destacar que Cumandá realiza análisis de Coliformes Totales y Coliformes Fecales, mientras que Mocha se centra solamente en Coliformes Fecales. Esto puede deberse a la procedencia del agua cruda que se potabiliza, puesto que Cumandá al captar agua netamente superficial necesita realizar una mayor cantidad de controles a su producto, sin embargo, el factor de geográfico también tiene una relación con estos análisis.

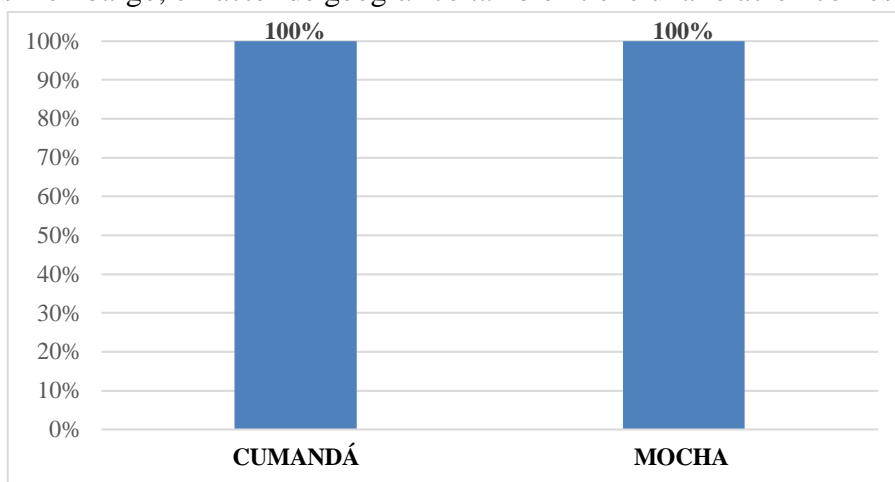


Figura 23: Niveles de conformidad en análisis microbiológicos.

4.7 DISCUSIÓN

Después de visualizar los resultados obtenidos en la investigación, fueron comparados con lo descrito en el estado del arte. En lo estipulado en la Constitución de La República Del Ecuador (2008), su Artículo 66 con respecto a que el estado ecuatoriano deberá garantizar a

su población una vida digna, lo que significa que el 100% de su población deberá tener servicios como salud, electricidad, agua potable de calidad y alcantarillado. Cumandá posee problemas en el suministro del servicio de agua potable, ya que no logra dotar de manera completa a toda su población del servicio de agua potable, reflejado en el 85.04% de cobertura del servicio, manejando ciertas hipótesis como la dificultad para acceder a ciertas zonas, pero es necesario recordar que la Empresa Pública de Agua Potable tiene jurisdicción solo en el área urbana, por tanto, es una hipótesis no tan probable.

Así mismo, es necesario destacar que en Cumandá el porcentaje que es beneficiario del servicio recibe un líquido de buena calidad, esto teóricamente asegurado ya que la normativa NTE INEN 1108 (2014) exige en este cantón un total de 20 análisis microbiológico por año, Cumandá en el 2023 registro 24 análisis realizados y conformes.

Por su parte Mocha, si bien logra un mejor desempeño en la cobertura del servicio con un 93.95% como lo estipula la Constitución de La República Del Ecuador (2008), su deficiente control de calidad puede poner en riesgo la salud de su población, ya que la normativa NTE INEN 1108 (2014) expone que para esta localidad el total de análisis microbiológicos por año deberá ser al menos de 17, Mocha apenas registra 2 análisis realizados.

Por otro lado, según el estudio de Ortega (2008) en poblaciones con número de habitantes mayores a 20000, como lo es Catacocha, Zamora, Cariamanga, Piñas y Zaruma, el índice de personal con titulación universitaria ronda entre el 10% y 30% con relación al total de empleados. Además, estos poblados presentan un índice de densidad de reclamos alrededor de 0.9 N° PQR/ N° Conexiones.

La Empresa Pública de Agua Potable en Cumandá presenta un 42.86% de personal con titulación, junto con un índice 0.1 N° PQR/ N° Conexiones en el indicador de Densidad de Reclamos. Mientras que Mocha apenas alcanza el 17.65% de personal con titulación universitaria, relacionándose con el índice 0.18 N° PQR/ N° Conexiones. Siendo de esta manera que Cumandá podría tener un mejor de servicio ya que con un personal mejor capacitado, la cantidad de reclamos por el servicio es menor.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- En esta investigación se realizó un estudio de indicadores de desempeño aplicado a los sistemas de abastecimiento de agua potable de los cantones Cumandá y Mocha, categorizados en grupos técnicos, operativos y de calidad, cuya información es actualizada y relevante, permitiendo conocer la posible administración que tiene la Empresa Pública de agua potable del cantón Cumandá y el GADM del cantón Mocha y las numerables falencias que presentan los sistemas de abastecimiento de agua potable de los dos cantones.
- Para la consecución de este estudio se desarrolló una lista de 35 variables que permitieron el cálculo de 25 indicadores, distribuidos en los campos técnicos, operativos y de calidad. En la categoría técnica existen 7 indicadores y 10 variables; en la categoría operativa se encuentran 14 indicadores y 16 variables, finalmente en la parte de calidad 4 indicadores y 9 variables.
- El cálculo de indicadores de desempeño permitió conocer la situación actual de los sistemas de abastecimiento en cada zona de estudio. La cobertura de servicio de agua potable se estimó para Cumandá en 85.04% y Mocha 93.95%. El costo operativo en Cumandá es de \$3.01 y en Mocha de \$96.78. El control mediante análisis microbiológicos al agua suministrada Cumandá posee un 100%, mientras que Mocha 11.76%.
- El análisis comparativo entre estos dos poblados sitúa a Cumandá con un mejor servicio de agua potable que Mocha, sustentado en que Cumandá posee una mejor calificación en 11 indicadores, Mocha por su parte es superior en 7 indicadores y ambos poseen las mismas puntuaciones en 7 indicadores.

5.2 RECOMENDACIONES

- Este estudio es una base teórica para futuras investigaciones en el campo de evaluaciones de desempeño a los sistemas de abastecimiento de agua potable del país. Por tanto, es recomendable que se aplique este estudio en distintos poblados a nivel nacional, ya que con ello se tendrá un sistema de indicadores acorde al tamaño de la población.
- Se recomienda que las organizaciones encargadas de gestionar el sistema de agua potable en las localidades de Cumandá y Mocha consideren la información que posee esta investigación para la elaboración de planes de mejora donde la ciudadanía sea el principal beneficiario.

BIBLIOGRAFÍA

- Acoua. (2022). Cloración del agua. <http://acquatecnologiaperu.com/works/cloracion-de-agua>
- Agencia de Regulación y Control de Agua. (2018). Agencia de Regulación y Control de Agua. <https://n9.cl/cz912>
- Agencia de Regulación y Control del Agua. (2016). Evaluación y diagnóstico de prestadores de servicio público de agua potable y saneamiento.
- Arias, V. (2012). Los caudales ecológicos en el Ecuador: análisis institucional y legal. CEDA, 24. <http://documentoskoha.s3.amazonaws.com/15663.pdf>
- Asociación de entes reguladores de agua potable y saneamiento de las Américas. (2007). Manual de indicadores de gestión para agua potable y alcantarillado. https://www.pseau.org/outils/ouvrages/aderasa_manual_de_indicadores_de_gestion_para_a_gua_potable_y_alcantarillado_sanitario_2007.pdf
- Auburn University. (2019). Introduction to water harvesting. <https://aurora.auburn.edu/handle/11200/49652>
- Chavez, J. (2023). ¿Qué es una Empresa pública? Empresas Públicas. <https://www.ceupe.com/blog/empresa-publica.html>
- CONABIO. (2013). Análisis multicriterio. <https://www.recibio.net/wp-content/uploads/2012/11/AnalisisMulticriterio-Wolke.pdf>
- Constitución de La República Del Ecuador (2008). https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf
- CYTED. (2018). Riesgo de enfermedades transmitidas por el agua en zonas rurales. http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_13.pdf
- DAPSAN. (2023). Dirección de agua potable y saneamiento. <https://dapsanpy.com/nosotros.php>
- Escobar, A. (2009, January). Criterios modernos de localización de válvulas en redes de distribución de agua potable. <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/9fd4d1ba-6f53-41d8-82a9-390d75e0ca64/content>
- Estruch, E. (2015a). Introducción a la gestión de abastecimiento. Gestión Sostenible Del Agua.
- Estruch, E. (2015b). Sistema de evaluación de desempeño. In Gestión sostenible del agua.
- GADM Cumandá. (2023). Turismo en Cumandá. <https://www.cumanda.gob.ec/turismo/>
- Galindo, D. (2014). Herramientas para el estudio de la incertidumbre asociada a la estimación del balance hídrico en el sistema de acueducto de la ciudad de Bogotá [Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/51984/02300448.2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- INEC. (2010). Ecuador en cifras. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>
- INEC. (2019, March). Medición de los indicadores de Agua, Saneamiento e Higiene (ASH), en Ecuador. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web->

- inec/EMPLEO/2019/Indicadores%20ODS%20Agua%2C%20Saneamiento%20e%20Higiene-2019/3.%20Principales%20resultados%20indicadores%20ASH%202019.pdf
- Institute Water Association. (2018, June). Los principios de la IWA para las ciudades “water-wise”. https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2017/06/IWA_Brochure_Water_Wise_Communities_screen_SP.pdf
- International Water Association. (2018). Indicadores de desempeño para servicios de abastecimiento de agua (E. Estruch, Ed.; Vol. 3). Universidad Politécnica de Valencia. https://www.iwapublishing.com/sites/default/files/ebooks/Manual%20PI%20IWA_ES.pdf
- LA HORA. (2017, May 30). 20.7% del agua que se consume en Ecuador está contaminada. <https://reliefweb.int/report/ecuador/207-del-agua-que-se-consume-en-ecuador-est-contaminada>
- Messina, J. (2016, November 8). La productividad de las empresas y los salarios de los trabajadores. <https://blogs.iadb.org/ideas-que-cuentan/es/la-productividad-de-las-empresas-y-los-salarios-de-los-trabajadores/>
- Naranjo, E. (2010). Caracterización de la gestión en las empresas públicas [Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4351>
- Navarro, A., Ortíz, D., & Lopez, A. (2018, February 16). La aplicación de indicadores de gestión en la administración local: Una propuesta para facilitar su viabilidad. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/1455515.pdf>
- NTE INEN 1108 (2014).
- NTE INEN-1108. (2014, January). Agua potable, requisitos. <https://www.insistec.ec/images/insistec/02-cliente/07-descargas/NTE%20INEN%201108%20-%20AGUA%20POTABLE.%20REQUISITOS.pdf>
- Organizacion de Naciones Unidas. (2023). Paz, dignidad e igualdad en un planeta sano. <https://www.un.org/es/global-issues/water>
- Ortega, J. (2008). Indicadores de gestión sostenible de los sistemas de suministro de agua potable y alcantarillado [universidad técnica particular de loja. <https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/1435/3/Tesis.pdf>
- Pacheco, M. (2019, December 11). Evaluation methodological approach. Evaluation methodological approach
- Perez, F. (2002). Abastecimiento de aguas [Universidad Politécnica de Cartagena]. https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/12599/mod_resource/content/1/Tema%20202%20CAPT%20AGUAS%20SUP%20Y%20SUB.pdf
- Romero, F. (2019, May). Estimación de la Vulnerabilidad a nivel cantonal” SNGR-PNUD-ESPOCH. <https://core.ac.uk/download/pdf/51065801.pdf>
- Romero, M. (2008). Tratamientos utilizados en potabilización de agua. Boletín Electrónico, 08. https://fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin08/URL_08_ING02.pdf

Terán, C., Argüello, J., Cando, C., Salazar, D., & Muñoz, J. (2021). Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales. www.ecuadorencifras.gob.ec

Vive Tungurahua. (2023). Mocha turismo. [Https://Tungurahuatorismo.Com/Es-Ec/Tungurahua/Mocha/Ciudades/Mocha-Turismo-A914f9978](https://Tungurahuatorismo.Com/Es-Ec/Tungurahua/Mocha/Ciudades/Mocha-Turismo-A914f9978).
<https://tungurahuatorismo.com/es-ec/tungurahua/mocha/ciudades/mocha-turismo-a914f9978>

ANEXOS

Anexo 1. Toma de muestra de medidores en el Cantón Cumandá.

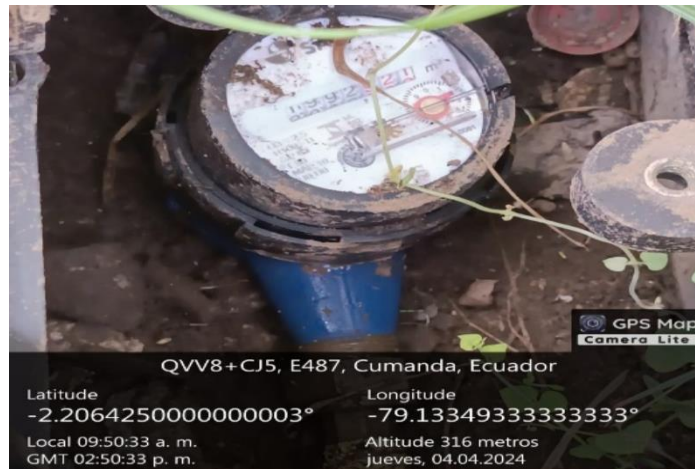


Imagen 1: Medidor Zona 1.

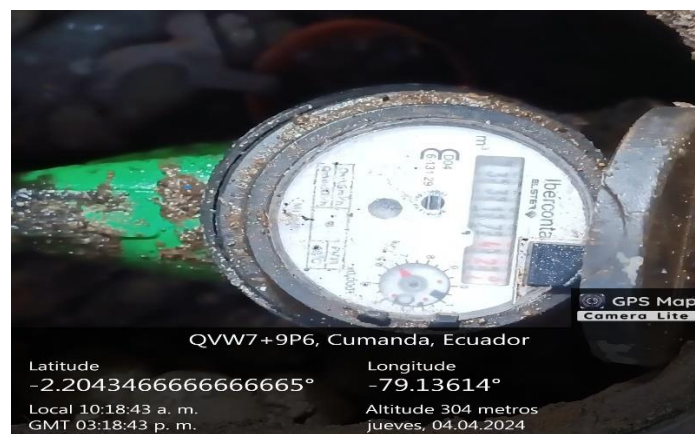


Imagen 2: Medidor Zona 2.



Imagen 3: Medidor Zona 3.

Anexo 2. Toma de muestra de medidores en el Cantón Mocha.



Imagen 4: Medidor Zona Centro.



Imagen 5: Medidor Zona Norte.



Imagen 6: Medidor Zona Sur.