

APLICACIÓN DEL PROTOCOLO PARA SEGUIMIENTO DE GOBERNANZA DEL AGUA
EN CUENCA RURALES Y EL ÍNDICE GWI EN EL MUNICIPIO DE MUZO BOYACÁ

ARMERO PACHÓN YINETH DANIELA
MEJÍA GONZÁLEZ PAULA VALENTINA

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SECCIONAL TUNJA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TUNJA

2022

APLICACIÓN DEL PROTOCOLO PARA SEGUIMIENTO DE GOBERNANZA DEL AGUA
EN CUENCA RURALES Y EL ÍNDICE GWI EN EL MUNICIPIO DE MUZO BOYACÁ

ARMERO PACHÓN YINETH DANIELA
MEJÍA GONZÁLEZ PAULA VALENTINA

Trabajo de grado para obtener el título de Ingeniero Civil

Director del semillero de investigación:
PhD. Carlos Andrés Caro Camargo

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SECCIONAL TUNJA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TUNJA

2022

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a Dios por bendecir mi vida día a día, él me ha dado la fuerza, perseverancia, lucha y amor por ver materializados mis más grandes anhelos. A mi madre querida Johaira Pachón por creer en mis sueños, apoyarlos y ser mi principal motor, gracias por tu infinito amor, entrega, dedicación y lucha incansable y a mi padre Héctor Miranda por su apoyo incondicional, sus consejos y valores inculcados.

A mi hermana Gabriela Pachón por ser mi ejemplo a seguir y brindarme su amor y apoyo desde la distancia y a mi hermanita Paula Miranda por ser mi compañía a lo largo de estos años y llenar mi vida de risas, amor y felicidad.

A mi novio Juan Alvarado por acompañarme y ser uno de los motivos para seguir perseverando en la realización de mis sueños, pues con su amor, motivación, comprensión y paciencia este camino ha sido uno de los más bonitos y especiales.

A mis abuelos Jorge Pachón y Teofilde Álvarez por ser los pilares fundamentales de nuestra familia y regalarme la fortuna de tener dos grandes tías y un tío quienes me han permitido conocer al amor de Dios en sus hijos, mis primos y primas que con su bondad, alegría y felicidad irradian nuestras vidas.

Por último, agradezco infinitamente a mi tutor y director Ph D. Carlos Andrés Caro Camargo por su acompañamiento y apoyo a lo largo de mi vinculación en el semillero SHWR, así mismo gracias a mi compañera y amiga de trabajo Paula Mejía sin ella nada de esto hubiera sido posible, su dedicación, entrega y compromiso fueron pilar para la realización y culminación de este gran trabajo.

Yineth Daniela Armero Pachón

AGRADECIMIENTOS

Antes que nada, quiero agradecer a Dios por ser mi guía, por brindarme fortaleza tanto física como espiritualmente, porque sin su voluntad y amor este proceso no hubiera sido posible.

Agradezco especialmente a mi espectacular Madre Jennyfer González que desde su gran amor, esfuerzo y dedicación junto con todos los valores que me ha inculcado, me encamino hacia el éxito, gracias por siempre creer en mí y en mis sueños, este triunfo también es de ella.

Gracias por tanto apoyo incondicional a mi familia, mis tíos; Alejandra, Felipe y Melanny, también a mis pequeñas compañeras de vida Gabriela y María Victoria quienes alegran mi ser, quiero agradecer Especialmente a mi tío Manuel y mi mama Flor por apoyarme siempre durante toda mi vida

Agradezco profundamente a mis grandes amigas MariaJosé, Sara y Alejandra quienes estuvieron presentes en la realización de esta meta, agradecer por su compañía, ayuda y motivación, por brindarme conocimientos y consejos, porque sé que todo fue con amor.

Muestro mis más sinceros agradecimientos a mi tutor y director de semillero Carlos Andrés Caro quien con su conocimiento y guía fue una pieza fundamental para la realización de este documento, así mismo a mi compañera y amiga de trabajo Daniela Pachón que con su paciencia perseverancia y conocimientos fue posible culminar este gran proyecto.

Paula Valentina Mejía González

Nota de aceptación:

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'A. S. P.' with a large circular flourish at the end.

Firma del director del semillero de investigación

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Tunja, 15 de febrero, 2022

CONTENIDO

	Pág.
Resumen.....	9
Abstract.....	10
1. Introducción.....	11
2. Problema de investigación.....	12
2.1. Descripción de la problemática.....	12
2.2. Delimitación de la zona de estudio.....	13
2.3. Justificación.....	15
2.4. Objetivos.....	16
2.4.1. <i>Objetivo general</i>	16
2.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	16
3. Estado del arte.....	17
3.1. Caracterización de los indicadores.....	17
3.2. Clasificación de los indicadores.....	20
3.2.1. <i>Indicadores de carácter técnico</i>	20
3.2.2. <i>Indicadores de gobernanza y economía</i>	21
3.2.3. <i>Indicadores de ambiente y sociedad</i>	22
3.3. Criterio de evaluación.....	22
3.4. Diseño de metodologías.....	24
3.4.1. <i>Desarrollo metodología</i>	24
4. Análisis de resultados.....	52
Conclusiones y recomendaciones.....	69
Referencias.....	72
Anexos.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Compendio de las metodologías	17
Tabla 2. Carácter de evolución o desarrollo de indicadores	18
Tabla 3. Indicadores de carácter técnico	20
Tabla 4. Indicadores de gobernanza y economía	21
Tabla 5. Indicadores de ambiente y sociedad.....	22
Tabla 6. Criterios generales	22
Tabla 7. Criterios específicos.....	23
Tabla 8. Evaluación Mi.....	25
Tabla 9. Evaluación Sa.....	26
Tabla 10. Evaluación Da.....	29
Tabla 11. Evaluación Wa.....	31
Tabla 12. Evaluación Ca	32
Tabla 13. Evaluación Af	33
Tabla 14. Evaluación VH.....	34
Tabla 15. Evaluación RI.....	35
Tabla 16. Evaluación EH	36
Tabla 17. Evaluación HA.....	38
Tabla 18. Evaluación AUA	39
Tabla 19. Evaluación UAH.....	40
Tabla 20. Evaluación BD	41
Tabla 21. Evaluación EMA.....	42
Tabla 22. Evaluación ETR.....	44
Tabla 23. Evaluación A.....	45
Tabla 24. Evaluación CH.....	46
Tabla 25. Evaluación PP	47
Tabla 26. Evaluación EEC	48
Tabla 27. Evaluación ACC	49
Tabla 28. Evaluación ACC	50
Tabla 29. Evaluación CC	51
Tabla 30. Descripción fuentes hídricas	59
Tabla 31. Compendio resultados.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación geográfica municipio de Muzo Boyacá	13
Figura 2. Mapa de división político administrativa municipio de Muzo Boyacá.....	14

Resumen

En el país no se habla de buenas prácticas de manejo del agua si no de escasez de este, Colombia es considerado un país rico en recursos naturales, siendo el recurso hídrico abundante en el territorio, pero ¿se tienen las medidas o metodologías necesarias para su aprovechamiento al máximo y con responsabilidad?

Con fines de fomentar el aprendizaje, la investigación y el pensamiento crítico y argumentativo junto con el semillero de investigación se desea generar tácticas con las que se evidencie impacto social a nivel local y regional, Por lo que con la aplicación del índice GWI en un municipio con las condiciones hídricas topográficas y de desarrollo como las de Muzo se gestara un diagnóstico actual sobre estado del saneamiento básico en este, esperando que a partir del mismo sea un documento base de futuros proyectos en busca de mejorar la calidad de vida de los habitantes del municipio.

Palabras Clave: Agua, Recurso Hídrico, Recursos Naturales, Territorio, Metodologías, Buenas prácticas, impacto social, Responsabilidad.

Abstract

In this Country, we do not talk about good water management practices, but about water stress, Colombia is considered a country rich in natural resources, being the hydric resource rich in the territory, but do we have the necessary measures or methodologies to take advantage of it to the maximum and with responsibility?

In order to promote learning, research and critical and argumentative thinking, together with the research group, it is desired to generate tactics with which social impact is evidenced at local and regional level. Therefore, with the application of the GWI index in a municipality with topographic water conditions and development as those of Muzo, a current diagnosis on the state of basic sanitation in this municipality will be generated, hoping that from it will be a base document for future projects in order to improve the quality of life of the inhabitants of the municipality.

Key words: Water, Hydric Resource, Natural Resource, Territory, Methodologies, Good practices, social impact, Responsibility.

1. Introducción

Colombia es conocido mundialmente por ser uno de los países con más disponibilidad de agua por persona a comparación de otros, así mismo Colombia puede llegar a ser una de las regiones América latina donde el agua producida por fuentes naturales se pierde hasta en un 50%, debido a falencias en sistemas de tratamiento de agua potable y/o inexistencia de los mismos en algunos municipios del territorio colombiano.

En adición a lo anterior se da lugar a otra gran problemática; como lo es la carencia de buenas prácticas en el saneamiento básico de estos municipios, por ejemplo la mala distribución o el mal tratamiento que recibe este recurso, es por eso que este proceso es fundamental en el desarrollo y la calidad de vida de los habitantes, ya que cuando se presentan problemas y o fallas en la infraestructura se ve en riesgo la salud de los usuarios; Así mismo la ausencia de políticas y/o herramientas que contribuyan a su accesibilidad, cantidad y calidad es un factor de vulnerabilidad en la comunidad.

Dado a la inexistencia de un elemento administrativo de seguimiento al recurso hídrico se genera la necesidad de implementar el Protocolo para Seguimiento del Gobernanza del Agua en cuencas Rurales (PSGA) ideado a través de la determinación del índice GWI, por Carlos Andrés Caro, En este informe se evidencia la investigación sobre la aplicación de la metodología del índice GWI (Green Watershed Index) en el municipio de Muzo ubicado en el departamento de Boyacá, siendo un municipio de carácter básico y modelo para la investigación en fase experimental ,analizando y evaluando indicadores en cuánto a su carácter técnico, práctico y de gobernanza en el seguimiento del control y el uso adecuado del recurso hídrico.

2. Problema de investigación

2.1. Descripción de la problemática

La gestión del recurso hídrico que existe en Colombia consiste en la implementación de herramientas técnicas y normativas por parte de las Autoridades Ambientales competentes, siendo las principales entidades con el conocimiento del estado en materia de disponibilidad del agua en términos de cantidad y calidad (MINAMBIENTE, 2018), por ello existe la necesidad de crear elementos administrativos y académicos donde se proporcione una medición real de la gestión integral del recurso hídrico enfocado principalmente en la disponibilidad y manejo del recurso.

A partir del desarrollo de estos nuevos escenarios de investigación, se podrá obtener una perspectiva más clara y verdadera en cuanto a las políticas y decisiones hacia la conservación, preservación y uso sostenible del agua, por consiguiente, existe la necesidad como grupo de semillero de investigación en realizar una evaluación de la gobernanza del agua en cuencas rurales y establecer los factores que influyen a la problemática del mal manejo del recurso hídrico.

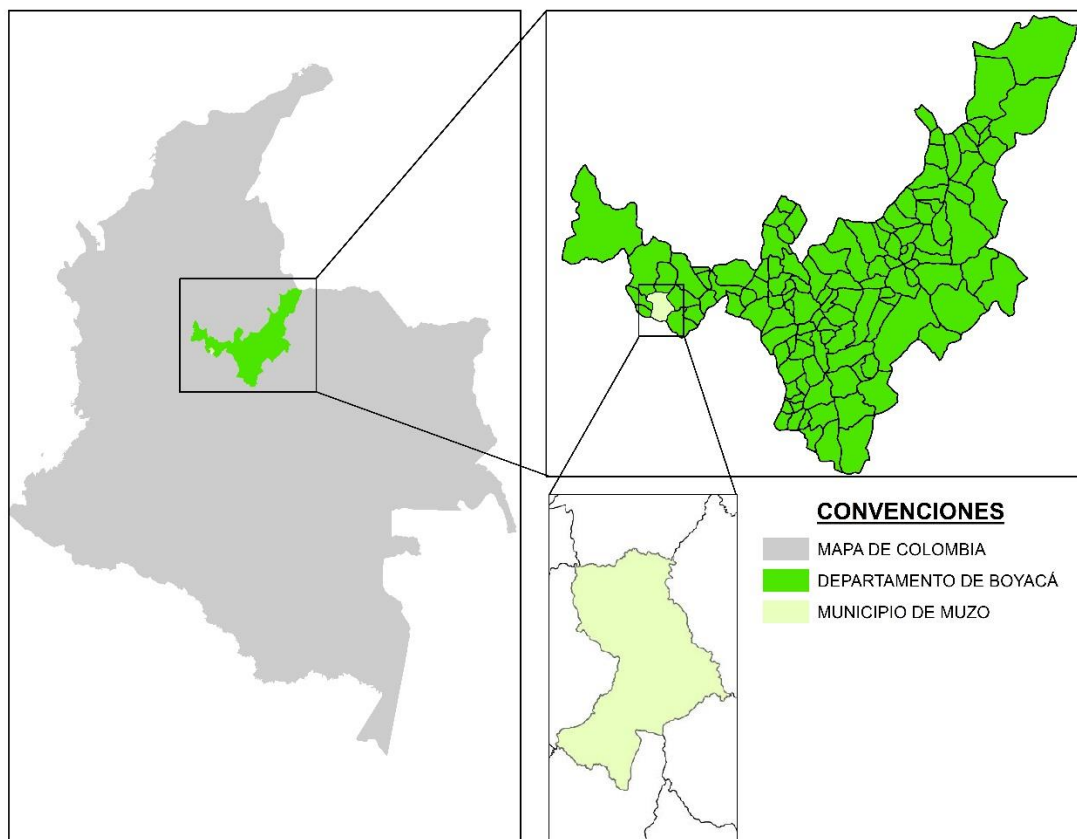
Ante lo anteriormente expuesto se llevó a cabo la aplicación del Protocolo de Seguimiento de Gobernanza del Agua en cuencas rurales (PSGA) mediante la evaluación del índice GWI (Green Watershed Index) desarrollado por Carlos Andrés Caro Camargo, PhD, y el trabajo de grado de maestría en Ingeniería Civil con Énfasis en Hidroambiental, metodología específicas de seguimiento en el cálculo del índice GWI para gobernanza del agua en cuencas rurales realizado por el Ing. Juan Diego Hernández Torres, así mismo el municipio seleccionado para llevar a cabo esta investigación, fue Muzo, municipio ubicado en el departamento de Boyacá.

2.2. Delimitación de la zona de estudio

Muzo es un municipio situado en la provincia de Occidente, en el departamento de Boyacá, Colombia, cuenta con una población aproximada de 7521 habitantes, se caracteriza por tener un clima agradable, con una temperatura media de 26°C y una precipitación media anual de 3.152. Limita por el norte con los municipios de Otanche y San Pablo de Borbur, por el oriente con los municipios de Maripi y Coper, por el sur con el departamento de Cundinamarca y por el occidente con Quipama.

Figura 1.

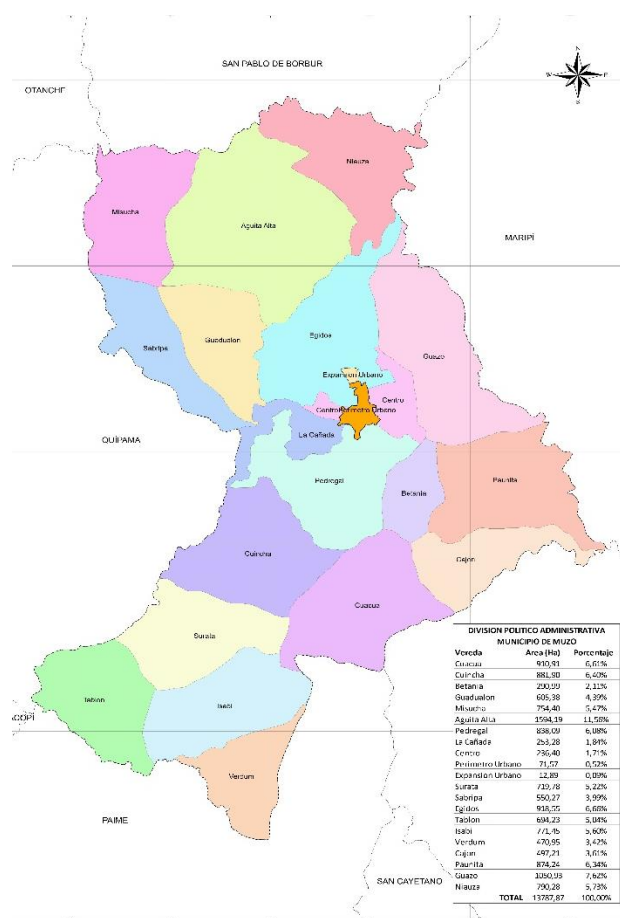
Ubicación geográfica municipio de Muzo Boyacá



El municipio fue fundado el 20 de febrero de 1559 por el Capitán Luis Lancheros, y cuenta con una extensión aproximada de 147 km² y altura promedio de 815 m.s.n.m. Políticamente está dividido en el centro urbano y en la zona rural por dieciocho veredas: Cuacua, Cuincha, Betania, Guadualon, Misucha, Aguita Alta, Pedregal, La Cañada, Surata, Sabripa, Egidos, Tablón, Isabi, Verdum, Cajón, Paunita, Guazo y Niauza, como se ilustra en la figura 2.

Figura 2.

Mapa de división político administrativa municipio de Muzo Boyacá



Nota. El gráfico muestra la división política del municipio de Muzo y donde se encuentran ubicadas las veredas del mismo. Tomado de *Revisión General Esquema de Ordenamiento Territorial*, por *Alcaldía de Muzo*, 2019.

Su principal actividad económica es la minería donde aproximadamente el 75% de su población se dedicada a la explotación y comercio de esmeraldas, siendo Muzo uno de los pocos municipios que cuenta con los yacimientos de esmeraldas más finas, hermosas y de mejor calidad en el mundo, por tanto esta actividad ocupa el primer lugar, y seguido a ello la agricultura y ganadería con un 25% de la población dedica a la explotación de cultivos de yuca, aguacate, maderable, caña panelera, cítricos, cría de ganado vacuno para carne y leche.

Uno de sus grandes atractivos turísticos con los que cuenta el municipio además de la explotación y extracción de piedras hermosas, es la gran variedad de especies de fauna y flora únicas que se encuentran en el territorio, sus corredores verdes y la gran afluencia del recurso hídrico.

2.3. Justificación

Actualmente en Colombia y América Latina se cuenta con una de las mayores afluencias del recurso hídrico del planeta, es por ello que no se habla de escasez hídrica o de problemas de abastecimiento por el contrario su problemática radica en la disponibilidad del recurso y en la inadecuada gobernanza (Caro & Bladé, 2021), lo que ocasiona que no se tenga un uso sostenible teniendo en consideración que el 97% de planeta está compuesto de agua salada y tan solo un 3% de agua dulce de la cual el 2% se encuentra en estado sólido en los glaciares y el 1% restante está disponible superficialmente únicamente (Delgado et al., 2017), es de allí la vital importancia de crear nuevas herramientas que permitan garantizar la disponibilidad y sostenibilidad de uso del recurso, es por ello que se debe hablar de la mala gestión de gobernanza en cuánto a la falta de voluntad política y corrupción que existe en cada uno de los procesos para obtener una excelente gestión hídrica (Caro et al., 2020).

Así mismo se debe tener en cuenta lo expresado por (Córdoba, 2000) la gobernabilidad se fundamenta en la confianza real entre los gobernantes y gobernados, es decir mientras exista una confiabilidad y relación estrecha entre los dos existirá una excelente gestión hídrica, ya que la ciudadanía tendrá a participar democráticamente y dinámicamente en cuánto la gestión del recurso hídrico teniendo día a día un mejor control y aprovechamiento del recurso.

2.4. Objetivos

2.4.1. Objetivo general

Emplear el protocolo de seguimiento de gobernanza del agua en cuencas rurales (PSGA) mediante la evaluación del índice GWI en el municipio de Muzo Boyacá.

2.4.2. Objetivos específicos

- ✚ Realizar la encuesta propuesta en el documento “*metodologías específicas de seguimiento en el cálculo del índice GWI para gobernanza del agua en cuencas rurales*” al ente encargado de la administración del sistema de acueducto, abastecimiento y alcantarillado.
- ✚ Solicitar documentación que acredite la veracidad de la información obtenida.
- ✚ Evaluar los 18 indicadores en base a la información suministrada por la Alcaldía del municipio.
- ✚ Generar un diagnóstico actual de la gestión integral del recurso hídrico en el municipio.

3. Estado del arte

El protocolo para seguimiento de la gobernanza del agua es planteado para el uso en cuencas rurales en el cual se evalúan alrededor de 18 indicadores con carácter tanto cuantitativo como cualitativo, para así de esta manera analizar cómo se aplica la gobernanza de recurso hídrico en los municipios del territorio colombiano.

Los indicadores reportan estimaciones sobre el estado de la gestión integral de diferentes factores ya sean económicos, de gobernanza, ambiente, técnicos o de sociedad.

3.1. Caracterización de los indicadores

Tabla 1.

Compendio de las metodologías

Ítem	ID	Indicar
1	MI	Mantenimiento a la Infraestructura
2	EGH	Efectividad en Gestión Hídrica General
3	VH	Vulnerabilidad Hídrica
4	RI	Riesgo
5	EH	Estrés hídrico
6	HA	Huella de Agua
7	AUA	Autosuficiencia del agua
8	UAH	Programas de uso y ahorro eficiente del agua
9	BD	Biodiversidad
10	EMA	Eficiencia medioambiental
11	ETR	Eficiencia de Tratamiento Residual

Tabla 1. (Continuación)

Ítem	ID	Indicar
12	A	Atractivo
13	CH	Capital humano
14	PP	Participación medida del público
15	ECC	Eficiencia económica
16	ACC	Adaptabilidad al cambio climático
17	CI	Calidad de la información y del sistema de gestión del conocimiento
18	CC	Control de la Corrupción

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

Tabla 2.

Carácter de evolución o desarrollo de indicadores

Ítem	ID	Indicar	Categorización
1	MI	Mantenimiento a la Infraestructura	Práctico
2	EGH	Efectividad en Gestión Hídrica General	Teórico-Práctico
2.1	Sa	Saneamiento	Teórico
2.2	Da	Demanda de Agua	Teórico-Práctico
2.3	Wa	Acceso al Agua	Teórico
2.4	Ca	Calidad del Agua	Práctico
2.5	Af	Atención a fugas en el sistema implementado	Teórico
3	VH	Vulnerabilidad Hídrica	Teórico-Práctico

Tabla 2. (Continuación)

Ítem	ID	Indicar	Categorización
4	RI	Riesgo	Práctico
5	EH	Estrés hídrico	Teórico
6	HA	Huella de Agua	Teórico-Práctico
7	AUA	Autosuficiencia del agua	Práctico
8	UAH	Programas de uso y ahorro eficiente del agua	Teórico-Práctico
9	BD	Biodiversidad	Teórico-Práctico
10	EMA	Eficiencia medioambiental	Teórico
11	ETR	Eficiencia de Tratamiento Residual	Teórico-Práctico
12	A	Atractivo	Práctico
13	CH	Capital humano	Teórico
14	PP	Participación medida del público	Teórico
15	ECC	Eficiencia económica	Teórico
16	ACC	Adaptabilidad al cambio climático	Teórico-Práctico
17	CI	Calidad de la información y del sistema de gestión del conocimiento	Teórico
18	CC	Control de la Corrupción	Teórico

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

3.2. Clasificación de los indicadores

Hernández Torres, (2020) realizó una identificación, agrupación y clasificación de cada uno de los indicadores por contenidos temáticos, y obtuvo tres categorías principales: indicadores de Carácter Técnico, indicadores de Gobernanza y Economía e indicadores de Ambiente y Sociedad, los cuales se agrupan según su naturaleza y en función del objetivo de evaluación y control.

3.2.1. *Indicadores de carácter técnico*

En esta categoría se agrupan los indicadores que tiene como objetivo de evaluación contar con conocimientos técnicos mínimos en cuanto a diseño, construcción y funcionamiento de elementos para el uso y manejo del recurso hídrico (Hernández Torres, 2020); los indicadores de carácter técnico se muestran a continuación en la tabla 3.

Tabla 3.

Indicadores de carácter técnico

ID	INDICADOR
1	Mantenimiento a la infraestructura (MI)
2.1	Efectividad en Gestión Hídrica – Saneamiento (EGH _{Sa})
2.2	Efectividad en Gestión Hídrica – Demanda de Agua (EGH _{Da})
2.3	Efectividad en Gestión Hídrica – Acceso al Agua (EGH _{Wa})
2.4	Efectividad en Gestión Hídrica – Calidad del Agua (Ech _a)
2.5	Efectividad en Gestión Hídrica – Atención a Fugas (EGH _{Af})

Tabla 3. *(Continuación)*

ID	INDICADOR
3	Vulnerabilidad Hídrica (VH)
4	Riesgo (RI)
5	Estrés Hídrico (EH)
6	Eficiencia de Tratamiento Residual (ETR)

3.2.2. *Indicadores de gobernanza y economía*

En esta categoría se agrupan los indicadores donde su evaluación depende de entes como las administraciones municipales o de cada sistema, en cuánto el cumplimiento de las normativas nacionales del buen uso del recurso y el aprovechamiento del mismo, su correcto manejo económico, estabilidad financiera y gestión (Hernández Torres, 2020); los indicadores de gobernanza y economía se muestran a continuación en la tabla 4.

Tabla 4.

Indicadores de gobernanza y economía

ID	INDICADOR
6	Huella de Agua (HA)
8	Programas de Uso y Ahorro Eficiente del Agua (UAH)
13	Capital Humano (CH)
15	Eficiencia Económica (EEC)
17	Calidad de la Información y del Sistema de Gestión del Conocimiento (CI)
18	Control de la Corrupción (CC)

3.2.3. *Indicadores de ambiente y sociedad*

En esta categoría se agrupan los indicadores donde su evaluación depende de la gestión integral del uso del recurso, su equilibrio natural, áreas de conservación, aprovechamiento y la posible generación de la riqueza geográfica ante la existencia de fuentes y la participación de la comunidad en cada sistema (Hernández Torres, 2020); los indicadores de ambiente y sociedad se muestran a continuación en la tabla 5.

Tabla 5.

Indicadores de ambiente y sociedad

ID	INDICADOR
7	Autosuficiencia del Agua (AUA)
9	Biodiversidad (BD)
10	Eficiencia Medio Ambiental (EMA)
12	Atractivo (A)
14	Participación Medida del Público (PP)
16	Adaptabilidad al Cambio Climático (ACC)

3.3. **Criterio de evaluación**

Para lograr una visualización más acertada ante una adecuada o eficiente práctica en la gestión es aquella que puede ser comprendida fácilmente por el lector, es por ello se ha tomado como referencia la metodología Blue Cities Index, que tiene como objetivo valorar cada indicador de 0 a 10 en cuanto al grado de cumplimiento en cada una de los parámetros de cada uno, siendo 0 la calificación más baja ante la falta de incumplimiento y 10 la calificación más alta evidenciado un cumplimiento total en cada parámetro ante la gestión integral del recurso

hídrico en los municipios, provincias o departamentos donde se plantee llevar a cabo la implementación de la metodología. (Caro et al., 2020; Hernández Torres, 2020)

Según Caro et al., (2020) se debe evidenciar la justificación de calificación según el objetivo de cada indicador, es por ello que en la tabla 6 se definen los siguientes criterios generales de ponderación.

Tabla 6.

Criterios generales

Criterio	Ponderación
0-5	No sostenible
6-8	Medianamente sostenible
9-10	Sostenible

Fuente: (Caro et al., 2020)

Además de una manera específica e individual para cada indicador como se muestra a continuación en la tabla 7.

Tabla 7.

Criterios específicos

Criterio	Evaluación
0	No cumple
2	Da inicio de planeación de la actividad
4	Culmina la parte operativa de la planeación

Tabla 7. (Continuación)

Criterio	Evaluación
6	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución
8	Ejecuta la actividad parcialmente
10	Cumple

Fuente: (Caro et al., 2020)

3.4. Diseño de metodologías

De modo a observar la aplicabilidad de las buenas prácticas en relación a la gobernanza del recurso hídrico, junto con las metodologías previamente diseñadas expuestas en 18 ítems, se emplea el protocolo para seguimiento de gobernanza del agua en cuencas hidrográficas de carácter rural.

Es importante aclarar que, para la calificación de los 18 ítems en el municipio de Muzo, junto a un gran compendio de información dada por la misma alcaldía del municipio y demás por obtención propia, se tuvieron en cuenta varios criterios de evaluación, Los cuales fueron estudiados y analizados uno por uno con el fin de obtener resultados confiables para dar un diagnóstico sobre la situación actual del municipio en cuánto a saneamiento básico y gobernanza.

3.4.1. Desarrollo metodología

Factor 1: Mantenimiento a la infraestructura (MI):

En la evaluación de este parámetro las administraciones municipales deben contar con la resolución aprobatoria de la concesión de aguas por parte de la Corporación Autónoma Regional para cada uno de los sistemas. Además de ello se realiza una revisión de las especificaciones

técnicas de diseño, construcción y operación de cada uno de los sistemas de abastecimiento y acueductos existentes que captan y distribuyen el agua potable en el territorio. (Caro et al., 2020; Hernández Torres, 2020)

Tabla 8.

Evaluación Mi

Mantenimiento a la estructura	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
Se cumple con todas las consideraciones de rigor técnico establecidas en la resolución de otorgamiento de la concesión de aguas frente a las condiciones hidráulicas de la estructura, cómo también se realizan a las debidas calibraciones de los sistemas de medición a fin de evitar se propicien pérdidas en el sistema	El sistema no cuenta concesión de aguas o caduca el tiempo de vigencia de la concesión.	Cuenta con los requisitos técnicos (estudios y diseños) necesarios según el decreto 1076 de 2015 para la obtención de la concesión de aguas.	Cuenta con la resolución aprobatoria de concesión de aguas expedida por la autoridad ambiental competente.	Se construyen las estructuras hidráulicas descritas en la concesión de aguas o en la solicitud de obtención. Además, se encuentran en buen estado de operación.	El sistema cuenta con micromedición y macromedición en toda su extensión, además se encuentra calibrado	El sistema de macromedición cuenta con una calibración anual, durante los últimos 5 años.
Evaluación	(0)	(1) Requisitos < 25%	(5)	(6)	(8)	(10)
		(2) Requisitos >25% <50%		Construidas 100% de estructuras hidráulicas	Existe micromedición y macromedición	
		(3) Requisitos >50% <75%	Revisado y avalado por la autoridad ambiental competente al 100%	(7)	(9)	
		(4) Requisitos >75%		Las estructuras hidráulicas encuentran en un buen estado y en operación	La macromedición y micromedición se encuentran calibradas	

Fuente: (Caro et al., 2020)

Factor 2: Efectividad en gestión hídrica general (EGH)

Frente a los lineamientos de este parámetro se tienen en cuenta cinco criterios, dentro de los cuales se estudian diferentes variables independientes para su respectivo cálculo, y estas son:

- ✓ Saneamiento (Sa)
- ✓ Demanda de agua (Da)
- ✓ Acceso al agua (Wa)
- ✓ Calidad del agua (Ca)
- ✓ Atención a fugas en el sistema implementado (Af)

Saneamiento (Sa): Para el cálculo del presente parámetro se requiere determinar si las administraciones municipales cuentan con los censos en donde se establezcan los datos de población urbana y rural que carece de servicio de acueducto y alcantarillado, de ser así se realiza una relación porcentual respecto a la población total para obtener el índice de población con riesgo de saneamiento, de la siguiente forma:

$$\% \text{ Población Riesgo Saneamiento} = \left(\frac{\text{PRR} + \text{PRU}}{\text{PT}} \right) \times 100$$

Donde:

PRR = Población riesgo saneamiento Rural

PRU= Población riesgo saneamiento Urbano

PT= Población Total (Sin población flotante)

Además, se evalúan las estrategias, programas y soluciones que implementan estos entes para evitar los posibles casos por riesgo de saneamiento en la población. (De no contar con censo

propio el municipio, se debe acudir a información secundaria, como datos y proyecciones del DANE, entre otras entidades que puedan contener información relevante frente al tema desarrollado). (Caro et al., 2020; Hernández Torres, 2020)

Tabla 9.

Evaluación Sa

Saneamiento	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple	
Estimar la proporción de personas en riesgo frente a la exposición a un saneamiento deficiente	No se ha realizado de censo de población en riesgo de saneamiento	Se da inicio etapa de la estimación de población e identificación en riesgo	Se determina el total de la población vulnerable y las condiciones de saneamiento	Puesta en marcha de planes de acción hacia la población vulnerable.	Ejecución de obras de saneamiento	Cubrimiento total de saneamiento básico.	
Evaluación	0	(1)	(5)	(7)	(9)	(10)	
		Identificación < 25%					
		(2)	(6)	(8)	Se está ejecutando un plan de acción para eliminar el riesgo de saneamiento en la población	0 % de personas en riesgo por saneamiento básico	
		Identificación >25% <50%					
		(3)					
		Identificación >50% <75%	(4)	% población en riesgo por saneamiento entre el 50% y el 70%			% población en riesgo por saneamiento < 25%
		Identificación >75%					

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

Demanda de agua (Da): Para sintetizar el cálculo de la presente se requiere tener datos tales como la altitud en metros sobre el nivel del mar de la zona y la población de diseño del

sistema, de no contar con estos datos, se podrá calcular por medio del número de suscriptores la dotación del sistema, así:

$$\text{Dotación}_{\text{sistema}}(\text{L/s}) = (\text{N}_{\text{suscriptores}} \times 4) \times \text{Dotación Neta}_{\text{Max}}(\text{L/hab*s})$$

Donde:

$\text{N}_{\text{suscriptores}}$ = Número de suscriptores

Dotación Neta Máxima = Tabla 6 de la Resolución 0330 de 2017

Para el cálculo de la demanda del sistema se tendrá en cuenta el índice de agua no contabilizada IANC, de no contar con él se tomará el valor máximo permitido por la Comisión de Agua Potable y Saneamiento Básico CRA en la resolución 287 de 2004 que es del 30%, así:

Si se cuenta con IANC:

$$\text{Demanda}_{\text{sistema}}(\text{L/s}) = \text{Dotación}_{\text{sistema}}(\text{L/s}) + \text{IANC}$$

Si no se cuenta con IANC:

$$\text{Demanda}_{\text{sistema}}(\text{L/s}) = \text{Dotación}_{\text{sistema}}(\text{L/s}) + 30\% (\text{CRA}, 2004)$$

Por último, se relaciona la demanda del sistema con el caudal concesionado, obteniendo el porcentaje de satisfacción de la demanda, así:

$$\frac{\text{Demanda}_{\text{sistema}}(\text{L/s})}{\text{Q}_{\text{concesión}}(\text{L/s})} \times 100$$

Tabla 10.

Evaluación Da

Demanda de agua	No cumple	Da inicio	Culmina la	Cuenta con el	Ejecuta la	Cumple
		proceso de planeación de la actividad	parte operativa de la planeación	planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	actividad parcialmente	
La cantidad de agua en L/s otorgada por la autoridad Ambiental competente acorde con la cantidad de personas y su respectiva proyección de población más las pérdidas del sistema (si las hay) para lo cual se debe establecer un inventario de las personas beneficiadas, y la población flotante del sector	La demanda no es satisfecha por la concesión de aguas	Satisfecha la demanda sin proyección de aumento de usuarios, y con necesidad de aumento de caudal concesionado	Satisfecha la demanda con poca proyección de aumento de usuarios	Satisfecha la demanda con media proyección de aumento de usuarios	Satisfecha la demanda con proyección de aumento de usuarios	Satisfecha la demanda con amplia proyección de aumento de usuarios
Evaluación	(0)	(3)	(5)	(7)	(9)	(10)
		> 80%	> 70%	> 60%	40%	
	> 100%	(1)	(4)	(6)	(8)	< 40%
		100%	80%	70%	60%	

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

Acceso al agua (Wa): Para el desarrollo del cálculo se requiere determinar si las administraciones municipales y entes encargados cuentan con el número de personas que carecen

del servicio de agua potable en el municipio tanto en su población urbana y rural, si es así a partir de ello se establece el índice de servicio de suministro de agua potable, de la siguiente manera:

$$IW_a = ((P_{Total} - PW_a) / P_{Total}) \times 100$$

De no contarse con los censos correspondientes se debe realizar una estimación del índice de servicio de suministro de agua potable a partir del número de suscriptores con los que cuenta el sistema, de la siguiente manera:

$$IW_a = (P_a / P_{Total}) \times 100$$

$$P_a = \left(\sum_{i=1}^N \text{Suscriptores}_i \times 4 \right)$$

Donde:

IW_a = Índice de servicio de suministro de agua potable.

P_a = Población que tiene servicio de suministro de agua potable.

P_{total} = Población total

Suscriptores $_i$ = Suscriptores de cada sistema i

N = Número de sistemas de abastecimiento y acueducto

Después de haber obtenido el valor de IW_a , este se dividirá por 10 para la escala de evaluación PSGA y se tendrá en cuenta la tabla 11, para la respectiva evaluación de W_a . (Hernandez Torres, 2020)

$$W_a = \frac{IW_a}{10}$$

Tabla 11.

Evaluación W_a

Acceso al agua	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
Porcentaje total de la población de la región tiene acceso a una fuente mejorada de agua potable	Ninguno tiene acceso al agua potable	Se deben ejecutar alternativas urgentes para el suministro eficiente del recurso	Se deben plantear alternativas para el suministro eficiente del recurso	Se deben ampliar las redes de distribución de los sistemas	Se abarca un porcentaje importante de cubrimiento	Todas las personas cuentan con servicio
Evaluación	(0)	(1)	(4)	(6)	(8)	10
		10%	40%	60%	80%	
	0%	(3)	(5)	(7)	(9)	100%
		30%	50%	70%	90%	

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

Calidad del agua (Ca): Para la implementación del cálculo se debe solicitar ante las administraciones municipales o entes encargados, el último reporte mensual del IRCA expedido por la secretaría de salud del departamento para cada uno de los sistemas de abastecimientos y acueductos que brindan el servicio en el municipio. (Caro et al., 2020; Hernandez Torres, 2020)

Tabla 12.

Evaluación Ca

Calidad de agua	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
Se realiza la Medición del cumplimiento de los parámetros de calidad de agua estipulados en la ley, además de contar con la autorización sanitaria favorable, esto debe ser medido periódicamente	No se realizan mediciones	Informar Gobernación departamental. No apta para consumo INVIABLES SANITARIAMENTE	Informar al alcalde Municipal. No apta para consumo RIESGO ALTO	Informar al alcalde municipal y a las administraciones de los sistemas. No apta para consumo RIESGO MEDIO	Informar al alcalde municipal y a las administraciones de los sistemas. No apta para consumo susceptible a mejoramiento RIESGO BAJO	SIN RIESGO Apta para consumo humano
IRCA municipal	(0)	(1) 100%	(4) 80%	(6) 35%	(8) 14%	10
	Ningún sistema cuenta con mediciones	(2) >80%	(5) >35%	(7) >14%	(9) >5%	<=5%

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

Atención a fugas en el sistema implementado (Af): Para su cálculo se tendrá en cuenta cada uno de los planes de contingencia ante fugas en los sistemas de acueducto, es de gran importancia verificar cuales son las acciones que toman frente a estos inconvenientes y la respuesta efectiva y rápida que dan ante los mismos, para evitar grandes pérdidas de agua. (Caro et al., 2020; Hernandez Torres, 2020)

Tabla 13.

Evaluación Af

Atención a fugas en el sistema implementado	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución		Ejecuta la actividad parcialmente		Cumple	
	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Ejecuta la actividad parcialmente		
Cuentan con planes de gestión inmediata frente a las posibles fugas que puede llegar a presentar el sistema a fin de evitar desperdicio	Cuentan con estrategias técnicas de planificación	Se plantean medidas técnicas para la atención de fugas	Se realiza un documento en el cual se plasman las contingencias a realizar frente a una eventualidad	El documento pasa a un proceso de revisión y/o aprobación por profesional idóneo	En este punto el documento debe contar con el visto bueno de la administración del sistema	Plan implementado en todos los puntos de las redes de tuberías.
Medidas de	(0)	(2)	(4)	(6)	(8)	(10)
	No tienen ninguna	Medidas implementadas al 50%	Documento maestro al 50%	Revisión y/o aval al 50%	Visto bueno de la administración del sistema	
	(1)	(3)	(5)	(7)	(9)	Plan implementado en todos los puntos de las redes de tuberías
	Según experiencia de fontaneros	Medidas implementadas a un 100%	Documento maestro al 100%	Revisión y aval al 100%	Documento socializado con los usuarios mediante asamblea.	

Fuente: (Caro et al., 2020)

Factor 3: Vulnerabilidad hídrica (VH)

En la evaluación de este parámetro se debe tener en cuenta los planes de gestión y control donde se establezcan los protocolos de contingencia ante colapso, mantenimiento, taponamiento y falla que se pueda presentar en cada uno de los sistemas de abastecimiento, con el propósito de evitar desperdicios y prever siempre el suministro del recurso a la comunidad. (Caro et al., 2020; Hernandez Torres, 2020)

Tabla 14.

Evaluación VH

Vulnerabilidad hídrica	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para la ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
Establece un plan de contingencia frente a las eventualidades que se presentan en caso de fallencias en el sistema de abastecimiento a fin de garantizar el suministro permanente del recurso	No cuentan con estrategias de contingencia	Se plantean medidas técnicas para la implementación de medidas de contingencia	Se realizan documentos en el cual se plasman las contingencias	El documento pasa a un proceso de revisión por parte del comité municipal de gestión del riesgo	Documento evaluado por parte del comité municipal de gestión del riesgo	Plan implementado en todos los puntos del sistema de abastecimiento
Ejecución del documento de planificación	(0)	(2)	(4)	(6)	(8)	(10)
	No tienen ninguna medida	Medidas técnicas de contingencia al 50%	Documento 50%	Revisión al 50%	Aprobado al 100%	
	(1)	(3)	(5)	(7)	(9)	Plan implementado en todos los puntos del sistema de abastecimiento
	Según experiencia de fontaneros	Medidas técnicas de contingencia a un 100%	Documento al 100%	Revisión al 100%	Documento aprobado y socializado a usuarios del sistema	

Fuente: (Caro et al., 2020)

Factor 4: Riesgo hídrico (RI)

En la evaluación de este parámetro se debe tener en cuenta en el número de fuentes que abastecen cada sistema de acueducto, así mismo se deben revisar los diseños u obras preventivas en caso de requerir fuentes alternas para abastecer el sistema en caso de escasez, e igualmente se

deben realizar visitas de campo para verificar el funcionamiento y operación de las obras que se han ejecutado. (Caro et al., 2020; Hernandez Torres, 2020)

Tabla 15.

Evaluación RI

Riesgo	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
Medidas frente a un posible desabasteciendo de la fuente a la cual se deriva, esto en cuánto a inventario de fuentes alternas y otros puntos de los cuales se pueda implementar un sistema de captación de emergencia	No se estiman fuentes alternas	Se reconocen las fuentes de captación aledañas a la abastecedora	Se implementan diseños con fines de contingencia ante desabastecimientos de las fuentes abastecedoras	Se obtiene resolución aprobatoria de concesión de aguas de contingencia expedida por la autoridad ambiental competente	Ejecución del proyecto	Las estructuras hidráulicas construidas se encuentran conectadas para operación
Indicadores basados en actividades de cumplimiento	(0)	(2) Se reconocen las fuentes hídricas del área de influencia en un 50%	(4) Se realizan los estudios y diseños con un avance del 50%	(6) Se obtienen la totalidad de los requisitos necesarios para obtener la concesión de aguas de contingencia	(8) Se ejecutan las obras inherentes a la concesión de aguas de contingencia en un 50%	(10)
	(1)	(3)	(5)	(7)	(9)	Estructuras hidráulicas conectadas para operación en contingencia
	Se realizan recorridos de reconocimiento	Se reconocen las fuentes hídricas del área de influencia en un 100%	Se realizan los estudios y diseños con un avance del 100%	Se obtiene resolución aprobatoria de la concesión de aguas de contingencia	Se ejecutan las obras inherentes a la concesión de aguas de contingencia en un 100%	

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

Factor 5: Estrés hídrico (EH):

En la evaluación de este parámetro las administraciones deben contar el consolidado total del consumo doméstico anual del año anterior de cada uno de los sistemas de abastecimiento y

acueducto que ofrecen el servicio dentro de lo municipio, además se evaluará la demanda y oferta hídrica teniendo en cuenta el consumo doméstico por persona. (Caro et al., 2020; Hernandez Torres, 2020)

$$\text{Consumo doméstico: } \left(\frac{\text{m}^3}{\text{hab} \cdot \text{año}} \right) = \frac{\sum_{i=1}^N \text{Consumo doméstico}_i}{P_{\text{Total}}}$$

- ✓ **Consumo Doméstico** $_i$ = Consumo Doméstico de cada sistema de abastecimiento y acueducto
- ✓ **P total** = Población total del municipio.
- ✓ **N** = Número de sistemas de abastecimiento.

Tabla 16.

Evaluación EH

Estrés Hídrico	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
Cuando la demanda del recurso hídrico afecta la oferta. Se considera que existe estrés hídrico cuando se tienen usos domésticos anuales por persona entre 1000 y 1700m ³	Dotación < 1000 m ³ /año	1000 < dotación < 1200m ³ /año	1200 < dotación < 1400m ³ /años	1400 < dotación < 1600m ³ /año	1600 < dotación < 1700m ³ /año	No hay Estrés Hídrico dotaciones > 1700 m ³ /año

Tabla 16. (Continuación)

Estrés Hídrico	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
Niveles de evolución en corrección de escasez	(0)	(2) El 20%	(4) El 40%	(6) El 60%	(8) El 80%	(10)
	(1)	(3)	(5)	(7)	(9)	Cumple el 100%
	El 10%	El 30%	El 50%	El 70%	El 90%	

Fuente: (Caro et al., 2020)

Factor 6: Huella de agua (HA)

En la evaluación de este parámetro las administraciones municipales deben contar con los datos de consumos de agua potable de cada uno de los sectores económicos presentes en los municipios, y si se cuenta con la sistematización de los datos de medición y la facturación correspondiente a partir de cada uno de sus usos correspondientes. Además, se debe analizar los diferentes tipos de huella hídrica y las estrategias que implementan para la optimización del recurso hídrico. (Caro et al., 2020; Hernandez Torres, 2020)

Tabla 17.

Evaluación HA

Huella de agua	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
Volumen total de agua dulce que se utiliza para producir los bienes y servicios del área de influencia. Esto debería establecerse en relación a las exigencias de uso doméstico requeridas en la región es decir debe prevalecer el consumo de agua dulce frente a alguna otra actividad	Niveles de identificación y definición de huella hídrica bajos	Comienzo de definiciones con sistemas de medición identificados	Sistematización de los medios de medición de contabilizaciones y facturaciones hídricas	Implantación de sistemas de obtención de los diferentes tipos de huella hídrica.	Comienzo del análisis de los diferentes tipos de huella hídrica	Control de las estadísticas referentes a huella hídrica y comienzo de acciones en función a ello
Niveles de evolución en corrección de optimización de uso del recurso hídrico	(0)	(2)	(4)	(6)	(8)	(10)
	No se tienen identificados los consumos según usos	Se cuenta con sistemas de medición en las actividades económicas	Se reportan los datos de consumo por uso de todos los sistemas, a la administración municipal semestralmente	Se obtienen datos de huella hídrica para < 50% de las actividades económicas ejercidas dentro del municipio	Se realiza documento en un 50% de análisis de huella hídrica de las actividades económicas del municipio.	
	(1)	(3)	(5)	(7)	(9)	Se ejecutan acciones basadas en los análisis de huella hídrica para optimizar el uso del agua
	Los usos del servicio solicitado son verificados con las actividades económicas que se ejercen en la realidad.	La facturación del servicio de agua se realiza diferencialmente respecto al uso que se le da al recurso	La administración municipal totaliza los consumos por uso de todos los sistemas	Se obtienen datos de huella hídrica para 50% y 100% de las actividades económicas ejercidas dentro del municipio	Se realiza documento en un 100% de análisis de huella hídrica de las actividades económicas del municipio.	

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

Factor 7: Autosuficiencia del agua (AUA)

(Caro et al., 2020; Hernandez Torres, 2020) establecen para la cuantificación del indicador tener en cuenta las fuentes de abastecimiento con su respectiva ubicación, verificar cuántas de ellas se encuentra dentro de la delimitación política del municipio, después de la identificación se debe calcular el porcentaje de las captaciones que abastecen al territorio, de la siguiente manera:

$$AUA = \frac{\# \text{ Sistemas que abastecen dentro del municipio}}{\# \text{ Total de sistemas de abastecimiento}} \times 10$$

Tabla 18.

Evaluación AUA

Riesgo	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
Autosuficiencia es 100% si toda el agua necesaria está disponible tomada desde el propio territorio	Toda el agua se deriva de la región	Entre el 20 y el 30% de agua se deriva de la región	Entre el 40 y el 50% de agua se deriva de la región	Entre el 60 y el 70% de agua se deriva de la región	Entre el 80 y el 90% de agua se deriva de la región	Del 100% de agua requerida se toma el total de la región
Depende de la ubicación de las fuentes	(0) Del 100% de agua requerida se toma el 0% total de la región	(2) Del 100% de agua requerida se toma el 20% total de la región	(4) Del 100% de agua requerida se toma el 40% total de la región	(6) Del 100% de agua requerida se toma el 60% total de la región	(8) Del 100% de agua requerida se toma el 80% total de la región	(10)
	(1) Del 100% de agua requerida se toma el 10% total de la región	(3) Del 100% de agua requerida se toma el 30% total de la región	(5) Del 100% de agua requerida se toma el 50% total de la región	(7) Del 100% de agua requerida se toma el 70% total de la región	(9) Del 100% de agua requerida se toma el 90% total de la región	Del 100% de agua requerida se toma el 0% total de la región

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

Factor 8: Programas uso y ahorro eficiente del agua (UAH)

Para la evaluación de este parámetro se debe solicitar a las administraciones municipales o empresas de servicios públicos en su caso los planes de Uso y Ahorro Eficiente del Agua, según la ley 373 de 1997, establecer si estos se encuentran vigentes a la fecha o vencidos, asimismo establecer cuáles son las estrategias y criterios que se tienen ante eventuales fenómenos, si se tienen buenas prácticas para la protección y conservación de las fuentes hídricas, de contarse con este programa verificar si se encuentra avalado y aprobado por la corporación autónoma regional y con su respectiva resolución aprobatorio del plan. (Caro et al., 2020; Hernandez Torres, 2020)

Tabla 19.

Evaluación UAH

Programas de uso y ahorro eficiente del agua	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
Cuenta con la totalidad de las medidas para uso adecuado del recurso hídrico mediante la implementación del PUEAA, el cual debe estar debidamente aprobado por la autoridad ambiental	No cuentan con estrategias de planificación	Se plantean medidas para la implementación del PUEAA	Se cuenta con el documento que constituya las medidas de los programas de uso y ahorro eficiente del agua PUEAA	El documento pasa a un proceso de revisión y aprobación por parte de la autoridad ambiental	Documento evaluado y aprobado por la autoridad ambiental mediante concepto técnico	Resolución aprobatoria del PUEAA
Ejecución del documento PUEA	(0)	(2)	(4)	(6)	(8)	(10)
	No tienen ninguna medida o cuenta con expiración de la vigencia del PUEAA actual	Medidas técnicas de uso y ahorro eficiente al 50%	Documento o al 50%	Revisión al 100 %	Documento socializado a usuarios del sistema	
	(1)	(3)	(5)	(7)	(9)	Documento adoptado y ejecutado en un 100%
	Según experiencia de fontaneros o usuarios	Medidas técnicas de uso y ahorro eficiente a un 100%	Documento al 100%	Aprobado a un 100%	Documento adoptado y ejecutado en un 50%	

Fuente: (Caro et al., 2020)

Factor 9: Biodiversidad (BD)

Para la cuantificación de este parámetro se debe solicitar a las administraciones municipales o empresas de servicios públicos los estudios de biodiversidad realizados en la zona con su respectiva resolución aprobatoria por parte de la Corporación Ambiental Regional, además de ello evaluar la gestión ante posibles afectaciones generadas a la fauna y flora de la cuenca. (Caro et al., 2020; Hernandez Torres, 2020)

Tabla 20.

Evaluación BD

Biodiversidad	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
Se presentan las condiciones ecológicas estables del área de influencia de la fuente a pesar de la intervención antrópica	Sin estudio de Biodiversidad	Inicio de un proceso de estudios de biodiversidad	Entrega de estudio de Biodiversidad de la región	Generación de planes de contingencia ante peligros de la biodiversidad	Implementación planes de contingencia	Puesta en marcha y seguimiento anual a los planes
Depende de la ubicación de las fuentes	(0)	(1)	(3)	(5)	(7)	(9)
		Avance estudios 25%	Avance estudios 75%	Identificación de posibles riesgos 50%	Implementación de acciones de mitigación 25%	Implementación de acciones de mitigación 75%
	No tienen estudios de biodiversidad	(2)	(4)	(6)	(8)	(10)
		Avance estudios 50%	Entrega 100%	Identificación de posibles riesgos 50%	Implementación de acciones de mitigación 50%	Implementación de acciones de mitigación 100%

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

Factor 10: Eficiencia medio ambiental (EMA)

Para la evaluación de este parámetro se debe solicitar a las administraciones municipales el documento expedido por las corporaciones autónomas regionales de las compensaciones forestales planteadas, así mismo verificar las áreas y su ubicación real, los tipos de especies y número de compensaciones solicitadas, de haberse realizado corroborar si cuentan con el aval y resolución aprobatoria de la compensación, además de ello se debe tener en cuenta si cuentan con planes de mantenimiento, protección y conservación de las mismas. (Caro et al., 2020; Hernandez Torres, 2020)

Tabla 21.

Evaluación EMA

Eficiencia medioambiental	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
Compensaciones ambientales en las zonas de influencia directa del cuerpo hídrico del cual se deriva el recurso para ello puede ser medible la compensación forestal que plantea la Autoridad Ambiental frente al caudal que se deriva	No cuenta con información consolidada de compensaciones ambientales	Se cuenta con base de datos de compensaciones otorgadas por la autoridad ambiental competente	Se plantean las áreas y especies a compensar para la realización del plan de mantenimiento y establecimiento	Se elabora documento para seguimiento, control y mantenimiento de compensaciones ambientales	Documento avalado y concertado por autoridad ambiental competente	Ejecución de plan de seguimiento, control y mantenimiento de compensaciones ambientales

Tabla 21. (Continuación)

Eficiencia medioambiental	No cumple	Da inicio	Culmina la	Cuenta con el	Ejecuta la	Cumple
		proceso de planeación de la actividad	parte operativa de la planeación	planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	actividad parcialmente	
Ejecución del plan de establecimiento y mantenimiento de los árboles a compensar	(0)	(1)	(3)	(5)	(7)	(9)
		Se cuenta con base de datos referente a compensaciones ambientales en el municipio	Se definen especies para realizar compensaciones	Documento plan de seguimiento y mantenimiento a compensaciones avance entre 25% y 50%	Documento plan de seguimiento y mantenimiento a compensaciones avance entre 75% y 100%	Ejecución plan de seguimiento y mantenimiento a compensaciones a un 50%
	El municipio no cuenta con información de compensaciones ambientales	(2)	(4)	(6)	(8)	(10)
		Se definen áreas de compensación de influencia a las fuentes de abastecimiento del municipio (predios de interés hídrico)	Se inicia Documento plan de seguimiento y mantenimiento a compensaciones avance <25%	Documento plan de seguimiento y mantenimiento a compensaciones avance entre 50% y 75%	Se cuenta con visto bueno del documento por parte de la autoridad ambiental competente	Ejecución plan de seguimiento y mantenimiento a compensaciones a un 100%

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

Factor 11: Eficiencia de tratamiento residual (ETR)

Para la evaluación de este parámetro se debe solicitar ante las administraciones municipales o empresas de servicio públicos los documentos de estudios y diseños de las PTAR presentes en el territorio, verificar el cumplimiento del plan de saneamiento y manejo de vertimiento de los residuos, y a partir de ello realizar una valoración de la calidad del agua residual que se está vertiendo a los cuerpos de agua. (Caro et al., 2020; Hernandez Torres, 2020)

Tabla 22.

Evaluación ETR

Eficiencia de tratamiento residual	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
Porcentaje de aguas residuales tratadas, y % de planes implementados en fuentes	No cuenta con identificación de vertimiento	Cuenta con los estudios y diseños de unificación de vertimientos	Ejecuta el 100% de las obras de unificación de vertimiento	Estudio y Diseños PTAR	Construcción PTAR 50%	Puesta en marcha PTAR
Depende de la ubicación de las fuentes	(0)	(1)	(3)	(5)	(7)	(9)
	Tienen identificación de los vertimientos	Ejecuta el 50% de las obras de unificación de vertimientos	Predio para PTAR	Permiso de Vertimientos	Construcción de la PTAR 100%	Puesta en marcha PTAR
	(1)	(2)	(4)	(6)	(8)	(10)
	Cuenta con la identificación de los vertimientos	Ejecuta el 50% de las obras de unificación de vertimientos	Definición de predio y propiedad para PTAR	Resolución aprobatoria de permiso de vertimientos	Construcción de la PTAR 100%	PTAR en operación

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

Factor 12: Atractivo (A)

Para la evaluación de este indicador se requiere conocer de cada una de las actividades de ecoturismo que se llevan a cabo en los municipios, principalmente aquellas que tienen incidencia directa en las fuentes hídricas, de realizarse cualquier tipo de actividad, se debe evaluar cada uno de las políticas y controles que se tienen para evitar la afectación de los recursos hídricos, si cuentan con los permisos emitidos por las corporaciones y si las administraciones municipales

realizan seguimientos donde se verifican las condiciones técnicas y legales del aprovechamiento del recurso hídrico. (Caro et al., 2020; Hernandez Torres, 2020)

Tabla 23.

Evaluación A

Atractivo	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
El agua como punto generador de ecoturismo, según plan de manejo y criterios de servicio y operación	No presenta plan de manejo	Plan de manejo aprobado por autoridad ambiental competente	Capacidad de carga y acceso	Servicios de saneamiento y tránsito interno	Disminución y atención de impactos	Sistema de alertas tempranas
Esto se mide con el aprovechamiento responsable del recurso hídrico como atractivo turístico y el grado de cumplimiento de los planes de manejo y criterios de servicio y operación	(0)	(1)	(3)	(5)	(8)	(10)
		Cuenta con el documento consolidado al 100% del plan de manejo del sitio	Se cuenta con el cálculo y control de capacidad de carga del sitio.	El sitio cuenta con baterías de baños	Se realiza recolección y separación de residuos sólidos.	Cuenta con sistemas de alertas tempranas en cuánto a crecientes, desbordamientos, incendios, sequías, alto oleajes etc., que impidan la atención
	No tienen ninguna medida	(3)	(5)	(6)	(9)	
		Se cuenta aprobación del plan de manejo del sitio por parte de la autoridad ambiental competente	Se cuenta con acceso adecuado al sitio (peatonal y/o vehicular)	Se cuenta con senderos internos	Se cuenta con sitio de atención ante posibles emergencias de los usuarios.	
			(7)			
				Se cuenta señalización interna referente a particularidades y mitigación de riesgos e impactos		

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

Factor 13: Capital humano (CH)

Para la evaluación de este parámetro se debe visitar a las administraciones municipales o empresas de servicios públicos y verificar el número del personal para cada uno de los sistemas

de abastecimiento, acueducto y alcantarillado, además de ello comprobar la idoneidad técnica y de atención para la operación del sistema y la prestación del servicio, (Caro et al., 2020; Hernandez Torres, 2020)

Tabla 24.

Evaluación CH

Capital humano	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
Personal requerido para la óptima operatividad del sistema de abastecimiento	No cuenta con personal inherente al sistema	Personal asistencial	Personal técnico administrativo	Personal del área contable y adquisiciones.	Personal gestión de información y asesoría jurídica	Personal profesional en coordinación de servicios
Esto se mide con respecto a la idoneidad y cantidad de personal inherente al sistema	(0)	(2)	(4)	(6)	(8)	(10)
	No tiene personal	Cuenta con fontaneros	Cuenta con técnicos y tecnólogos y operativos	Cuenta con personal de facturación	Cuenta con personal en archivo, almacén y sistemas de información	
	(1)	(3)	(5)	(7)	(9)	Cuenta con personal profesional en los diferentes servicios prestados
	Cuenta con junta directiva	Cuenta con secretaria y servicio de atención al público	Cuenta con gerencia	Cuenta personal para compras	Cuenta con asesoría jurídica y de contratación	

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

Factor 14: Participación medida de público (PP)

Para la evaluación de este indicador se requiere información acerca de cada uno de los mecanismos de participación que tienen los usuarios ante las decisiones que se toman en la administración de los sistemas de abastecimiento, acueductos y/o alcantarillados, además se

deberá tener cuenta las reuniones donde se socializa la rendición de cuentas, y se toman decisiones en conjunto de los distintos proyectos, planes y políticas de la organización. (Caro et al., 2020; Hernandez Torres, 2020)

Tabla 25.

Evaluación PP

Participación medida del público	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
Se puede establecer mediante reuniones anuales de rendición de cuentas, a través de juntas de acción comunal, por lo menos una vez al año.	Satisfacción entre un 0 - 10%	Satisfacción entre un 20 - 30%	Satisfacción entre un 40 - 50%	Satisfacción entre un 60 - 70%	Satisfacción entre un 80 - 90%	Satisfacción 100%
Número de asambleas con usuarios o representantes realizadas en el año cumplido	(0)	(2)	(4)	(6)	(8)	(10)
	No se realizan asambleas	Dos asambleas	Cuatro asambleas	Seis asambleas	Ocho asambleas	
	(1)	(3)	(5)	(7)	(9)	Diez o más asambleas
	Una asamblea	Tres asambleas	Cinco asambleas	Siete asambleas	Nueve asambleas	

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

Factor 15: Eficiencia económica (EEC)

Para la evaluación de este parámetro se debe solicitar a las administraciones municipales y empresas de servicios público el consolidado de usuarios que pagan mensualmente su consumo en las fechas establecidas. (Caro et al., 2020; Hernandez Torres, 2020)

Tabla 26.

Evaluación EEC

Eficiencia económica	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
Facturación mensual acorde con los consumos estimados a cada suscriptor.	10% de facturación	pago del 20 al 30%	pago del 40 al 50%	pago del 60 al 70%	pago del 80 al 90%	Pago del 100% de cobertura
Esto debe medir con respecto al recaudo realizado para la totalidad de los usuarios de los sistemas	(0)	(2)	(4)	(6)	(8)	(10)
	No pago	Pago del 10% de cobertura	Pago del 10% de cobertura	Pago del 10% de cobertura	Pago del 10% de cobertura	
	(1)	(3)	(5)	(7)	(9)	Pago del 100% de cobertura
	Pago del 10% de cobertura	Pago del 10% de cobertura	Pago del 10% de cobertura	Pago del 10% de cobertura	Pago del 10% de cobertura	

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

Factor 16: Adaptabilidad al cambio climático (ACC)

Para la evaluación de este indicador se debe solicitar antes las administraciones municipales y concejos municipales de gestión del riesgo los estudios de inundabilidad realizados en el territorio, en ellos se evaluarán cada una de las estrategias que se implementarán ante eventos de inundabilidad en el municipio, localización de las posibles áreas inundables, y los estudios de las obras a ejecutar para mitigar y contrarrestar los posibles eventos. (Caro et al., 2020; Hernandez Torres, 2020)

Tabla 27.

Evaluación ACC

Adaptabilidad al cambio climático	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
El municipio cuenta con estudios de inundación, con planes, obras y alternativas en función de disminuir las posibles afectaciones ante la posibilidad de ocurrencia de dichos eventos.	No se cuenta con información	Determinación de áreas inundables	Definición de alternativas.	Diseños de obras de infraestructura necesarias	Construcción de obras	Cumple con infraestructura control de inundaciones y reubicación de población
Niveles de estudio e implementación	(0)	(2)	(4)	(6)	(8)	(10)
	No se ha generado información	Se cuenta con el 100% de los estudios de inundabilidad	Definición de alternativas en 50%	Diseños de obras de infraestructura necesarias	Construcción de obras	
	(1)	(3)	(5)	(7)	(9)	Reubicación de habitantes de áreas inundables
	Se cuenta con el 50% de avance en estudios de inundabilidad	Determinación de áreas inundables	Definición de alternativas en 100%	Permisos ambientales para la construcción de obras de mitigación de inundaciones	Construcción de obras de mitigación de inundaciones en un 100%	

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

Factor 17: Calidad de la información y del sistema de gestión del conocimiento (CI)

Para la evaluación de este parámetro se debe solicitar a las administraciones municipales, empresas de servicios públicos y asociaciones de los acueductos, los documentos donde se plasme toda la información de los sistemas existentes, corroborar la gestión e información técnica de los elementos de los sistemas, así mismo su organización y claridad. (Caro et al., 2020; Hernandez Torres, 2020)

Tabla 28.

Evaluación ACC

Calidad de la información y del sistema de gestión del conocimiento	No cumple	Da inicio procesos de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
El sistema debe contar con un sistema de información geográfica, donde se describan todos sus elementos, con las condiciones técnicas reales.	Sin documentación y archivo	Se compilan toda la información manual existente	Se inicia proceso de catastro de los elementos del sistema	Se cuenta con el catastro del sistema	Se construye una base de datos de toda la información del sistema	Se valida toda la información y se implanta en un SIG
Este indicador será evaluado a partir de la información existente y su generación de organización hacia el establecimiento de un sistema de información geográfica y base de datos actualizada	(0)	(2)	(4)	(6)	(8)	(10)
	No cuenta con información	Se cuenta con planimetría elaborada a mano	Catastro del sistema en un 25%	Catastro del sistema en un 75%	Base de datos al 50%	
	(1)	(3)	(5)	(7)	(9)	SIG creado, actualizado con información validada y aprobada
	Se tiene alguna idea mediante el personal del sistema	Se cuenta con planimetría digitalizada y editable	Catastro del sistema en un 50%	Catastro del sistema en un 100%	Base de datos al 100%	

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

Factor 18: Control de la corrupción (CC)

Para la evaluación del presente parámetro se debe tener en cuenta cada una de las investigaciones que se encuentran en curso ante las entidades territoriales como lo son específicamente las administraciones municipales, las empresas de servicio público y las asociaciones de los acueductos, por denuncias de anomalías y efectos de corrupción, mal inversión de los fondos, obras inconclusas, entre otros. Denuncias que son llevadas a cabo por los entes de control del servicio público como lo son la Procuraduría General de la Nación, la Contraloría General de la República y la Fiscalía General de la Nación. (Caro et al., 2020; Hernandez Torres, 2020)

Tabla 29.

Evaluación CC

Control de la corrupción	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
Se realizan Estrategias para controlar y supervisar el desempeño de las autoridades en función del recurso hídrico.	Investigaciones >9	Investigaciones entre 8 y 7	Investigaciones entre 6 y 5	Investigaciones entre 4 y 3	Investigaciones entre 2 y 1	Satisfacción 100%, sin investigaciones
Se cuantifican la cantidad de investigaciones en curso realizadas por los entes de control (procuraduría, fiscalía y/o contraloría) dentro del municipio.	(0)	(2)	(4)	(6)	(8)	(10)
	Cursan más de 10 investigaciones	Cursan 8 investigaciones	Cursan 6 investigaciones	Cursan 4 investigaciones	Cursan 2 investigaciones	
	(1)	(3)	(5)	(7)	(9)	No cursan investigaciones
	Cursan 9 investigaciones	Cursan 7 investigaciones	Cursan 5 investigaciones	Cursan 3 investigaciones	Cursan 1 investigaciones	

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

4. Análisis de resultados

Factor 1: Mantenimiento a la infraestructura (MI)

Al hablar del mantenimiento de la estructura de la planta de tratamiento de agua potable se tiene en cuenta varios factores que se implican la importancia de este proceso, como lo son el estado de la fuente donde se extrae el agua, las estructura que hacen parte de la planta e incluso el manual del mantenimiento que muchas de estas tienen, se observó que el municipio cuenta con la concesión y la resolución de la misma aprobada por la entidad competente, en este caso CorpoBoyacá, dentro de este documento se encuentran los diseños al 100% y los planos de las estructuras que han sido construidas en el municipio , como lo son el sistema de captación y control de caudal, además, se observa que durante el proceso de mantenimiento todas las especificaciones son avaladas por un profesional, posteriormente se realiza la adaptación de la estructura para poder iniciar con lo que planea en el mantenimiento una vez completada la fase operativa del sistema se culmina con la adecuación y calibración de los sistemas.

Lamentablemente durante la visita no se pudo observar algún proceso de mantenimiento a la planta, se preguntó a los encargados si hay problemas durante el desarrollo de abastecimiento de agua a la población, obteniendo como respuesta que todos los sistemas funcionan correctamente las 24h del día, además de que se puede verificar que el sistema cuenta con macromedición y micromedición es por esto que se calificó con **8 puntos** este índice.

Factor 2: Efectividad en gestión hídrica general (EGH)

Para la evaluación del indicador EGH se tuvieron en cuenta cinco criterios y el valor de cada uno fue:

- ✓ **Saneamiento (Sa)**

La administración municipal y en especial la oficina de servicios públicos domiciliarios, manifestaron que actualmente el municipio y sus 7521 habitantes con que cuenta según el último censo realizado por la oficina del Sisben el día 30 de junio de 2021, la población no se encuentran en peligro o riesgo frente a la exposición de un saneamiento deficiente por el contrario la totalidad de la población tanto rural como urbana cuentan con saneamiento básico, así mismo se están implementando estrategias, soluciones, planes y proyectos para mejorar la condiciones de vida de sus habitantes, es por esto que el sub indicador Sa recibe un valor de **10 puntos**, teniendo un comportamiento sostenible por su cubrimiento del 100%.

✓ **Demanda de agua (Da)**

Según la oficina de servicios públicos domiciliarios, los sistemas están diseñados para una población total de 15000 habitantes, población que a la fecha es superior, pero no se cuentan con los documentos, es por ello que se solicitó el número de suscriptores con los que cuenta actualmente el acueducto, que para el mes de mayo del año 2021 es de 1321 suscriptores, así mismo se estableció que el sistema se encuentra a una altura de 815 m.s.n.m, por tanto la dotación neta máxima según la Resolución 0330 de 2017 es de 140 L/hab*día, teniendo una dotación para el sistema de 8,56 L/s, el ente encargado no cuenta con el índice de agua no contabilizada IANC, así que se asume el valor máximo permitido por Comisión de Agua Potable y Saneamiento Básico CRA establecido en la resolución 287 de 2004, el cual es de 30%, para obtener un valor estimado o aproximada de la demanda del sistema de 11,23 L/s, además se tiene en cuenta el caudal concesionado en todo el municipio que es de 14,88 L/s, para finalmente relacionarlos y obtener un porcentaje de satisfacción de la demanda de 75,47%, valor que nos indica que la demanda es satisfecha por la concesión, pero ante un aumento de nuevos usuarios

será muy baja y se necesitará un aumento del caudal concesionado, es por esto que el sub indicador Da recibe un valor de **5 puntos**, teniendo un comportamiento no sostenible.

✓ *Acceso al agua (Wa)*

El municipio de Muzo cuenta con una cobertura de acueducto para el sector urbano de 100%, pero no tiene un estimado real o en su caso un censo donde se establezca cual es el porcentaje de cobertura para el sector rural, es por ello, que fue necesario realizar el cálculo del índice de servicio de suministro de agua potable a partir del número de suscriptores con lo que cuenta el sistema y el dato de población total, teniendo para fecha de mayo del 2021, 1321 suscriptores y una población total de 7521 habitantes, arrojando como resultado que el 70,26% de la población cuenta con cobertura de acueducto y solo el 29.74% restante carece de la misma, es por ello que el subindicador Wa recibe un valor de **7,03 puntos**, es decir, tiene un comportamiento medianamente sostenible. Además, manifiestan que se han venido adelantando trabajos en pro de mejorar la calidad de los habitantes es por ello que se cuenta con un nuevo sistema para suplir esta necesidad de vital importancia para mejorar la calidad de vida de los habitantes.

✓ *Calidad del agua (Ca)*

A partir del último oficio emitido por la Gobernación de Boyacá con fecha de 09 de junio de 2021, se da informe del análisis de la calidad del agua para consumo humano del acueducto urbano del municipio de Muzo, muestra tomada por el técnico de saneamiento ambiental y analizada por el Laboratorio Departamental de Salud correspondiente al mes de Mayo, expresan que la totalidad de los parámetros presentan un valor de acuerdo a lo establecido en la resolución 2115 de 2007, clasificando la muestra analizada SIN RIESGO (IRCA 0.0%), y consideran que el agua del sistema es para consumo humano, e indican que las personas que reciben el servicio no

presentaran afectaciones a la salud a causa de la calidad de agua suministrada, es por esto que el subindicador Ca recibe un valor de **10 puntos**, teniendo un comportamiento sostenible.

✓ **Atención a fugas en el sistema implementado (Af)**

Según la oficina de servicios públicos domiciliarios del municipio de Muzo la forma de atención de las fugas que se pueden presentar en las redes de tuberías principalmente se atiende en un 50% bajo una estrategia técnica de planificación, cuando se presentan dichos eventos se realiza la suspensión del servicio, se realizan visitas y una visual del daño, e inmediatamente se procede a realizar la reparación del mismo, así mismo es de gran importancia recalcar que las labores normalmente se realizan bajo experiencia y conocimiento empírico de los fontaneros, bajo la supervisión profesional del jefe de la oficina de servicios públicos domiciliarios, es por esto que el subindicador Af recibe un valor de **3 puntos**, teniendo un comportamiento no sostenible.

Finalmente, el valor que recibe el valor de efectividad en gestión hídrica general es:

EGH Total: 7,01

Factor 3: Vulnerabilidad hídrica (VH)

En el municipio de Muzo las eventualidades que se presentan en el sistema de abastecimiento se atienden en un 100% bajo medidas técnicas de contingencia, pero no están consignadas en un documento técnico.

El manejo de la vulnerabilidad Hídrica cuenta con medidas de contingencia, así mismo se realiza el planteamiento de medidas técnicas las cuales se encuentran en su desarrollo al 50%, Pero estas no están plasmadas en un documento, por lo tanto, las medidas actualmente no se hayan dentro de algún proceso de revisión, y mucho menos son aprobadas para ser

implementadas en todos los puntos del sistema de abastecimiento, según lo anterior a este índice se le otorga un **valor de 3 puntos** siendo su comportamiento no sostenible.

Factor 4: Riesgo hídrico (RI)

La Corporación Autónoma de Boyacá CORPOBOYACA, considero desde el punto de vista técnico ambiental viable otorgar la concesión de aguas superficiales a nombre de la Alcaldía Municipal de Muzo a derivar de las fuentes denominadas “Quebrada Lirios”, “Quebrada Pedregal”, “Nacimiento Betania”, “Nacimiento la Peña”, y “Quebrada la Esperanza”, fuentes hídricas solicitadas y en los caudales que se requieren donde se analizó a oferta la demanda y demanda de cada una (CorpoBoyaca, 2017); es de gran importancia recalcar, cuando se dio trámite a la solicitud de concesión de aguas superficiales, se solicitaron seis (06) fuentes hídricas, y en ella se excluyó a la fuente hídrica Quebrada Cacaos, esta no se otorgó porque era la más lejana y no contaba con un sistema de captación y red de aducción.

Actualmente la administración Muzo un pueblo de todos y para todos, ha estado tomando medidas frente a un posible desabastecimiento de las fuentes existentes para la captación del agua, es por ello que dio inicio y reconocimiento a la nueva fuente de captación para abastecer un nuevo acueducto, y cuenta con un contrato de consultoría No. MM-CMA-SP-2021-01, el cual se encuentra en el SECOP, que tiene como fin llevar a cabo "la elaboración de estudios y diseños de factibilidad y obras complementarias para la construcción de un acueducto desde la quebrada Cacaos ubicada en la vereda de Verdún hasta el casco urbano del municipio de Muzo, usando algunos tramos de acueducto existente entre las veredas Verdún y Quincha", se está a la espera del cumplimiento del contrato existente, por tanto el indicador de RI recibe un valor de **5 puntos**, teniendo un comportamiento no sostenible.

Factor 5: Estrés hídrico (EH)

Se conoce que la cifra del consumo doméstico en Muzo es de 202,201m³ para todo el municipio durante el año 2021 según la oficina de servicios públicos este dato es acertado y no tiene un margen de error ya que con ayuda del sistema de macro medición que se encuentra a la salida de la Planta de tratamiento de agua potable (PETAP), junto con los micro medidores que hay en las residencias de cada uno de los suscriptores se hace válido este valor, ya una vez teniendo en cuenta el dato del consumo doméstico este se dividió por la cantidad de habitantes (7521 habitantes), con el resultado de esta operación se concluye si existe o no estrés hídrico en el municipio.

$$\text{Consumo Doméstico} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{hab} * \text{año}} \right) = \frac{\text{consumo domestico Anual total}}{\text{población total}}$$

$$\text{Consumo Domestico} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{hab} * \text{año}} \right) = \frac{202,303 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}}{7521 \text{ hab}}$$

$$\text{Consumo Domestico} = 26,89 \frac{\text{m}^3}{\text{hab} * \text{año}}$$

Donde:

- ✓ **Consumo Doméstico** _i = Consumo Doméstico de cada sistema de abastecimiento y acueducto
- ✓ **P** _{total} = Población total del municipio.
- ✓ **N** = Número de sistemas de abastecimiento.

El valor obtenido aproximadamente es de 27 m³ por persona durante el año de estudio, esto demuestra que el nivel de escasez no supera el 10% y según las consideraciones teóricas de calificación al indicador según *Caro, et al,(2019)* el municipio de Muzo presenta un cálculo de dotación menor <1000 m³/hab* año por lo cual la demanda que se presenta del recurso hídrico no afecta la oferta del municipio por lo que es coherente concluir que en el municipio no se presenta Estrés Hídrico, este factor recibe un valor de **1 punto**.

Factor 6: Huella de agua (HA)

La unidad de servicios públicos domiciliarios del municipio Muzo, es la entidad reguladora del servicio de abastecimiento de agua potable en el territorio, donde actualmente cuenta con dos usos principalmente: uso doméstico y uso comercial, además se realiza el cobro y facturación del servicio de agua consumida diferenciando respecto al uso que tiene cada usuario según su actividad económica y nivel estratigráfico, adicionalmente los sistemas de acueducto cuentan micro medición para establecer los diferentes consumos que tiene cada suscriptor del servicio, lo cual ayuda a establecer el valor individual a pagar por consumo, así mismo se debe tener en cuenta que las tarifas para los suscriptores de uso doméstico son más bajas a comparación de las de uso comercial. Se debe recalcar que el municipio no cuenta con el consolidado de estadísticas del control de agua que se usa para producir los bienes y servicios que se encuentran dentro de la jurisdicción del municipio de Muzo, es por ello que no se ha establecido que sectores tienen un mayor consumo y conforme a ello, realizar y promover las medidas correctivas para tomar acciones de ahorro y uso responsable del servicio, por tanto el indicador Ha recibe un valor de **5 puntos**, teniendo un comportamiento no sostenible.

Factor 7: Autosuficiencia del agua (AUA)

Se investigó sobre las captaciones de agua que abastecen las 2 plantas de tratamiento de agua potable del municipio.

Tabla 30.



Descripción fuentes hídricas

QUEBRADA LOS LIRIOS	
Ubicación geográfica	5°30'15.42", 74°6'44.28"
Ubicada en la parte sur vereda el Pedregal, es conformada por 3 captaciones que alimentan a la quebrada, que son los Lirios, Mateguada y Nacimiento, está quebrada es denominada la principal fuente de abastecimiento del municipio durante la época de invierno.	
Bocatoma	Desarenador
	
QUEBRADA PEDREGAL	
Ubicación geográfica	5°30'36.15", 74°6'21.05"
Ubicada en la vereda el Pedregal, está quebrada abastece al municipio de Muzo mediante la captación del agua de escorrentía, también como una característica a tener en cuenta es que en dicha zona se observa presencia abundante de material de arrastre esto como consecuencia del problema existente de la intensa erosión hídrica en sus riberas.	
Camara de recolección	Desarenador
	

Tabla 30. (Continuación)

<i>NACIMIENTO LA PEÑA O CIDRAL</i>	
Ubicación geográfica	5°32'10.41", 74°5'45.45"
<p>Proveyendo principalmente a los barrios Chico alto y el Bosque Esta se encuentra ubicada en la vereda a Peña, se destaca que esta fuente es la que mejor presenta una gran conservación, debido a la alta existencia de población vegetal en la zona y gracias a que cuenta con condiciones geológicas favorables que impiden que el material de arrastre dificulta la captación del líquido.</p>	
Bocatoma	Aguas arriba de la bocatoma
	
<i>QUEBRADA LA ESPERANZA</i>	
Ubicación geográfica	5°31'44.76", 74°5'37.73"
<p>Esta fuente de abastecimiento se encuentra ubicada en el barrio la Esperanza dentro del municipio de Muzo, el agua captada de esta fuente se hace solo al 50% de la escorrentía del cauce, también es importante resaltar que el agua capta de esta fuente no cuenta con un proceso de tratamiento, por lo que a los Principales barrios que se surten de esta fuente que son Barrio la Orquídea y la Esperanza, el agua llega totalmente cruda, así considerando un foco de riesgo para la salud de los usuarios ya que alrededor de la zona se encuentran bovinos y aves de corral.</p>	
Vista nacimiento	Bocatoma
	

Tabla 30. (Continuación)

QUEBRADA BETANIA	
Ubicación geográfica	5°30'36.66", 74°5'33.18"
Esta fuente de abastecimiento se encuentra ubicada en la parte sur de la vereda la Betania.	
Bocatoma	Desarenador
	

Factor 8: Programas uso y ahorro eficiente del agua (UAH)

La oficina de servicios públicos domiciliarios del municipio de Muzo, manifiesta que actualmente se cuenta con la totalidad de las medidas para el uso adecuado del recurso hídrico mediante la implementación del PUEA, documento el cual se realizó en su totalidad y se encuentra en proceso de revisión por la autoridad ambiental competente, CORPOBOYACA, es por ello que aún no se está implementando ya que está sujeto a actualizaciones y ajustes por parte del ente, sin embargo manifiestan el alto interés de cuidar el recurso hídrico, por tal motivo han venido implementando medidas para su cuidado, como es el razonamiento del agua, cuidado ambiental de las zonas de recarga, y planes que permiten el mejoramiento del servicio y la eficiencia ante el uso y ahorro del agua. Es importante recalcar que en el SECOP se encuentra la evidencia del contrato No. MMM-CMA-USPD-2020-03 el cual tuvo como fin la "consultoría para la unidad de servicios públicos del municipio de Muzo en la elaboración del primer plan de

gestión y resultados –PGR, actualización del plan de emergencia y contingencia para el manejo de desastres y emergencias asociados a la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo; actualización del estudio de tarifas de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado - resolución cra 825 de 2017 y actualización del estudio tarifario servicio público de aseo – resolución cra 853 de 2018", por tanto el indicador de UAH recibe un valor de **6 puntos**, teniendo un comportamiento medianamente sostenible.

Factor 9: Biodiversidad (BD)

En el municipio de Muzo se presentan las condiciones ecológicas estables del área de influencia de la fuente a pesar de la intervención antrópica, actualmente no se encuentran los estudios de biodiversidad.

La cuenca donde se sitúa el municipio no cuenta con estudios de biodiversidad, por lo tanto no se tiene un dato claro de cuánto se han visto afectadas las cuencas por los factores antrópicos, sin embargo dentro del municipio se realiza un programa de forestación cada dos años el lo cual pretende compensar los daños provocados, El documento donde se encuentra la información acerca del programa lleva por nombre **“CONTRATO DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS PARA LA REFORESTACIÓN EN PREDIOS DE ALTA IMPORTANCIA HÍDRICA QUE INCLUYA SIEMBRA, MANTENIMIENTO Y FERTILIZACIÓN DE ESPECIES VEGETALES NATIVAS Y/O MATERIAL VEGETAL EN EL MUNICIPIO,** es por esto que para calificar el factor de biodiversidad se otorgan **0 puntos**.

Factor 10: Eficiencia medio ambiental (EMA)

El municipio cuenta con la resolución del permiso de concesión de aguas y en el inciso 6.8 (CORPOBOYACA, 2017) menciona que “la Alcaldía Municipal de Muzo, identificada con

Nit N° 800.077.808-7, como medida de compensación al usufructo del recurso hídrico deberá establecer la plantación y realizar mantenimiento por dos (02) años de 3.645 árboles correspondiente a 3.8 hectáreas reforestadas con especies nativas de la zona, en el área de recarga hídrica de la cuenca o la ronda de protección de las fuentes que abastecen el recurso hídrico al perímetro urbano del municipio, con su respectivo aislamiento, para lo cual deberá presentar en el término de tres (03) meses el Plan de Establecimiento y Manejo Forestal, para la respectiva evaluación y aprobación por parte de la Corporación”; sin embargo para el año 2020, se celebró el contrato No. MMM-CMC-SP-2020-042, el cual tuvo como fin la reforestación de predios de alta importancia hídrica donde se incluía la siembra, mantenimiento y fertilización de especies vegetales nativas, se sembraron 2500 árboles de guadua y 2500 árboles de nacedero, y a pesar de realizadas estas compensaciones no se cuenta con el documento de plan de seguimiento y mantenimiento a compensaciones solicitado por la autoridad, por tanto por tanto el indicador EMA recibe un valor de **4 puntos**, teniendo un comportamiento no sostenible.

Factor 11: Eficiencia de tratamiento residual (ETR)

En el municipio de Muzo no hay con planta de tratamiento de agua residual por lo que se genera el vertimiento de estas aguas directamente a las fuentes hídricas, el municipio no cuenta con los permisos especiales de vertimiento que otorga la entidad Corpoboyacá con ocasionando que haya una gran carga de contaminantes que son descargados sin conciencia en las fuentes hídricas, el municipio cuenta con dos vertimientos principales, el que se pudo identificar es la quebrada el Deshuesadora, la cual presenta la mayor cantidad de descargas de aguas servidas.

Muzo no presenta los estudios o algún proyecto a futuro de la construcción de una PTAR o de brindar algún tratamiento óptimo a las aguas servidas del municipio. Este factor recibe una calificación de **1 punto siendo un comportamiento no sostenible.**

Factor 12: Atractivo (A)

Actualmente en la jurisdicción del municipio de Muzo, no se desarrollan actividades de ecoturismo donde se tenga incidencia directa en las fuentes hídricas, por ende no existen documentos donde se reglamenta un plan de manejo, cuidado y preservación del recurso hídrico, es por ello que no se cuenta aval de la autoridad ambiental, a pesar que el territorio cuenta con zonas de reserva forestal como lo son la parte alta de la Cuchilla que divide las cuencas de los ríos Minero y Villamizar, los cuales incluyen el Alto de Peña Blanca, páramo, los cerros Zambrano y Cuchilla de Santa Marta, (Municipio de Muzo, 1999) los cuales a un futuro pueden ser sitios atractivos para el ecoturismo, por su diversidad de fauna y flora, y podría tener una incidencia en el crecimiento económico del municipio y región, por tanto por tanto el indicador A recibe un valor de **0 puntos**, teniendo un comportamiento no sostenible.

Factor 13: Capital humano (CH)

En Muzo la entidad encargada de la contratación del personal idóneo para el servicio de abastecimiento del recurso hídrico es la unidad de recursos públicos dentro de la alcaldía del municipio, e informan que el municipio cuenta con el personal requerido para la óptima operatividad del sistema de abastecimiento, conformado por 15 personas aproximadamente. Aunque no se cuente con una oficina única en la cual sea de solo el personal necesario para el funcionamiento administrativo y operativo de la planta de tratamiento, la oficina de servicios públicos del municipio cumple con esta función y dentro de las 15 personas que solo atienden las

necesidades de relacionadas al funcionamiento de la PTAR en este se incluyen; fontaneros, el personal técnico, de secretaría, junta directiva, también de facturación y gerencia, así mismo personal encargado de adquisiciones. Es por esto que este factor recibe un valor de **8 puntos** dentro de la escala de calificación.

Factor 14: Participación medida de público (PP)

La oficina de servicios públicos domiciliarios del municipio de Muzo, manifestó que la última asamblea se realizó en el año 2017 y desde ese tiempo no se han vuelto a realizar ningún tipo de reunión o encuentro con la comunidad, asimismo no cuentan con la evidencia y en su caso correspondiente el acta, esto nos indica la baja participación que tienen los usuarios frente a las decisiones que se toman, el desconocimiento que tiene sobre el manejo de los recursos, los planes y proyectos que se han llevado a cabo y lo que se tienen previstos; esto ocasiona principalmente que no se pueda tener un conocimiento de la satisfacción de los usuarios y las falencias que ocurren, a través de ello se podría tener una mejor prestación, crecimiento y desarrollo en la calidad del servicio, por tanto el indicador PP recibe un valor de **0 puntos**, teniendo un comportamiento no sostenible.

Factor 15: Eficiencia económica (EEC)

Se realiza el cálculo del valor EEC para el sistema de acueducto al mes de Julio en el municipio.

Se reportó el pago de 790 suscriptores.

NSPi = Número de suscriptores que pagaron la factura en el mes (790)

NSPi = Número de suscriptores totales en el mes (1321)

$$EEC_{JULIO} = \left(\frac{NSPi}{NSi} \right) / 12$$

$$EEC_{JULIO} = \left(\frac{790 \text{ suscriptores}}{1321 \text{ suscriptores}} \right) / 12$$

$$EEC_{JULIO} = 59,803\%$$

El municipio de Muzo no cuenta con un documento donde se evidencian las estadísticas reales sobre la cantidad de usuarios que pagan y son cumplidos con la factura de cobre del servicio del agua, Según la facturación mensual acorde con los consumos estimados para cada suscriptor esto debe medirse con respecto al recaudo realizado para la totalidad de los usuarios. Según el resultado alrededor del 60% de los usuarios realiza el pago por lo que la eficiencia económica es alta pero no superior y aun así es estas estadísticas deberían ser consideradas información de importancia y es reprochable que el municipio no cuente con esta, por esto que se le asigna un valor de **6 puntos a este factor**.

Factor 16: Adaptabilidad al cambio climático (ACC)

El municipio de Muzo no cuenta con un estudio de inundabilidad completo donde se tengan planteadas cada una de las estrategias de mitigación ante posibles eventos, pero si se tienen localizadas las zonas de mayor predisposición a presentar problemas de inundabilidad, existe amenaza en los niveles de terraza, Vega baja (Vb) y sobre Vega (Sv) de los ríos Minero, Guazo y quebrada Cacaos, estas áreas con amenaza son consideradas de baja probabilidad de ocurrencia ya que no existe evidencia y/o registro histórico por parte de la comunidad, es de gran consideración tener en cuenta que también existe amenaza en el valle intermontano (MF) del río Minero ya que este es susceptible a desbordes del cauce principal, tal como lo describe

(Municipio de Muzo, 1999), por tanto el indicador ACC recibe un valor de **3 puntos**, teniendo un comportamiento no sostenible.

Factor 17: Calidad de la información y del sistema de gestión del conocimiento (CI)

La información con la que cuenta el municipio de Muzo es demasiado básica y desactualizada, tampoco se cuenta con algún sistema de organización de la información o un monitoreo de lo hace falta en los registros con respecto a la planimetría o los datos de los suscriptores del sistema. Tampoco se cuenta con algún proyecto para la creación de una base de datos en la que se encuentre toda la información del sistema, no se cuenta con el catastro y mucho menos la poca información es validada en un SIG así que este factor se califica con **3 puntos** teniendo un comportamiento no sostenible según la calificación.

Factor 18: Control de la corrupción (CC)

La administración municipal y la unidad de servicios públicos domiciliarios del municipio de Muzo, manifiestan que actualmente no presentan investigaciones en curso realizadas por entes de control como la Procuraduría General de la Nación, la Contraloría General de la República y la Fiscalía General de la Nación, por anomalías y efectos de corrupción, mal inversión de los fondos y obras inconclusas enmarcadas dentro del recurso hídrico, por tanto el indicador CC recibe un valor de **10 puntos**, teniendo un comportamiento sostenible.

Tabla 31.

Compendio resultados

Ítem	Indicador	Puntuación
1	Mantenimiento a la Infraestructura	8

Tabla 31. (Continuación)

Ítem	Indicador	Puntuación
2	Efectividad en Gestión Hídrica General	7,01
3	Vulnerabilidad Hídrica	3
4	Riesgo	5
5	Estrés hídrico	1
6	Huella de Agua	5
7	Autosuficiencia del agua	10
8	Programas de uso y ahorro eficiente del agua	6
9	Biodiversidad	0
10	Eficiencia medioambiental	3
11	Eficiencia de Tratamiento Residual	1
12	Atractivo	0
13	Capital humano	8
14	Participación medida del público	2
15	Eficiencia económica	6
16	Adaptabilidad al cambio climático	3
17	Calidad de la información y del sistema de gestión del conocimiento	3
18	Control de la Corrupción	10
GWI		4,500

Conclusiones y recomendaciones

1. Al promediar los 18 indicadores se evidencia que el municipio de Muzo obtuvo un puntaje de 4,50 en el cálculo del índice GWI concluyendo que se presenta un comportamiento No Sostenible, lo que implica que no existe una gestión integral sobre el recurso hídrico dentro del territorio.
2. En cuanto al indicador de autosuficiencia del agua el municipio demuestra la capacidad que tiene para abastecer a todos usuarios ya que se cuentan con 5 fuentes hídricas de captación y actualmente se está gestionando la captación desde una fuente hídrica ubicada en la quebrada Cacaos.
3. Se recomienda al ente encargado del manejo de datos de los usuarios dentro del municipio, sistematizar esta información ya que representaría un beneficio en el desarrollo de nuevos proyectos y agilizaría los trámites requeridos.
4. Existe una gran falencia en cuánto a la participación del público, por lo que se recomienda generar mecanismos de participación en los cuales se obtendrían mejores resultados en cuánto a la gestión y la administración del sistema siendo los usuarios los veedores de los procesos a tratar cuando se presenten inconformidades.
5. El municipio de Muzo cuenta con todas las características óptimas de fauna y flora, siendo este el potencial para generar un atractivo turístico en la región, el cual gestionará más recursos promoviendo el desarrollo en el territorio.
6. Se concluye que el municipio necesita una pronta actualización de los planes y proyectos que han sido objeto de estudio a lo largo del cálculo del índice.

7. Es de gran importancia la proyección de una PTAR en el municipio ya que la contaminación que se produce al no tratamiento de agua afecta principalmente a las fuentes hídricas alterando el ecosistema.
8. Se recomienda hacer uso de la normatividad colombiana que hace referencia al buen manejo del agua potable y el saneamiento básico para así evitar futuras sanciones por parte de las entidades de control.
9. Es importante implementar el Protocolo para Seguimiento de Gobernanza del Agua en Cuencas Rurales (PSGA) dentro del territorio colombiano con el fin de identificar falencias sobre la gestión integral del recurso hídrico.
10. En la vereda del pedregal se encuentra el desarenador en muy buenas condiciones en cuanto a infraestructura se refiere, pero se recomienda mejorar el cerramiento de esta e instalar tapas de protección que permitan facilidad en la operación y limpieza, así mismo se recomienda el uso de tubería bypass para el mantenimiento.
11. En la bocatoma ubicada en la vereda el pedregal La tubería de aducción se encuentra expuesta por lo que se sugiere que sea cubierta ya sea por medio de una estructura especial o simplemente se acople subterráneamente. esto con el fin de que se disminuya la posibilidad de sufrir roturas en esta.
12. Se recomienda la pronta construcción de las tapas de los tanques de almacenamiento y desarenadores de cada una de las 3 plantas de tratamiento de agua potable, debido a que durante época de lluvias fuertes al encontrarse expuestos los sistemas tienden a generar taponamientos por el material de arrastre que se encuentra en las zonas.

13. Se sugiere a la entidad encargada un pronto diseño y construcción de un sistema de alcantarillado nuevo, debido a que el que se encuentra en funcionamiento no tiene una cobertura total a la población y así mismo presenta fallas.

Referencias

- Caro Camargo, C. A., Bladé i Castellet, E., & Soler, D. G. (2020). Seguimiento a la administración del recurso hídrico en cuencas rurales. *Working Paper*, 15-18.
- Córdoba Martínez, C. L. (2000). Gobernabilidad y planeación participativa. *Bogotá: Consejo Nacional de Planeación*.
- Delgado García, S. M., Trujillo González, J. M., & Torres Mora, M. A. (2017). Gestión del agua en comunidades rurales; caso de estudio cuenca del río Guayuriba, Meta-Colombia. *Luna Azul*.
- Caro Camargo, C. A., & Bladé i Castellet, E. (2021). *Water Resources Management: Green Watershed Index (GWI)*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science.
- Caro Camargo, C. A., Bladé i Castellet, E., & Soler Gomez, D. G. (2020). *Administración del recurso hídrico: gobernanza del agua en cuencas rurales. Índice GWI*. Editorial Académica Española. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/192821>
- Hernandez Torres, J. D. (2020). *Metodologías específicas de seguimiento en el cálculo del índice GWI para gobernanza del agua en cuencas rurales*. [Trabajo de grado maestría, Ingeniería Civil]: Universidad Santo Tomás. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/33893>
- MINAMBIENTE. (2018). Gestión Integral del Recurso Hídrico. En M. d. Sostenible. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/administracion-del-recurso-hidrico/>

Ministerio de vivienda, c. y. (2017). *Resolución 0330*. Bogotá.

Municipio de Muzo. (1999). *Esquema de ordenamiento territorial*. Muzo. Obtenido de

<https://Muzoboyaca.micolombiadigital.gov.co/sites/Muzoboyaca/content/files/000085/42>

12_doc-tec-soporte-final-eot.pdf

Anexos

Anexo 1. Levantamiento de información

Anexo 2. Irca muestras agua secretaria de salud

Anexo 3. Comunicado nuevas tarifas

Anexo 4. Mapa de riesgo de Muzo

Anexo 5. Informe visita bocatomas

Anexo 6. C_PROCESO_20-15-11235220_215480011_81336537

Anexo 7. C_PROCESO_21-15-12067002_215480011_91874879

Anexo 8. Contrato reforestación. 2020

Anexo 9. Esquema de ordenamiento territorial de Muzo

Anexo 10. Resolución concesión de aguas Muzo

Anexo 11. Manual de operación y mantenimiento PTAP universidad

Anexo 12. Manual general de operación y mantenimiento Peña

Anexo 13. Manual potable San Marcos