

INFORME DE SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN SHWR SOBRE LA APLICACIÓN DEL
ÍNDICE GWI PARA EL MUNICIPIO DE SAMACÁ, BOYACÁ

ERIKA LORENA ACERO ALBARRACIN
JULIETH MANUELA JIMENEZ FONSECA

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TUNJA

2022

INFORME DE SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN SHWR SOBRE LA APLICACIÓN DEL
ÍNDICE GWI PARA EL MUNICIPIO DE SAMACÁ, BOYACÁ

ERIKA LORENA ACERO ALBARRACIN
JULIETH MANUELA JIMENEZ FONSECA

Informe de Semillero de Investigación SHWR presentado como Requisito Para
Optar por el Título de Ingeniero Civil

Director:
PhD. MSc. Ing. Carlos Andrés Caro Camargo

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
TUNJA

2022

Nota de aceptación:



Firma del director del Semillero
de Investigación

Firma del jurado

Firma del jurado

Tunja, 15 de febrero del 2022

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos primeramente a Dios, por guiarnos y darnos la sabiduría necesaria para superar cada uno de los obstáculos que fueron surgiendo en este camino.

A nuestros padres por su amor, trabajo y sacrificio durante estos años, fueron un apoyo incondicional de principio a fin y nuestra inspiración para superarnos día a día.

Al Ingeniero Carlos Andrés Caro Camargo, tutor del semillero de investigación quien desde su experiencia nos orientó a la investigación durante todo este proceso, gracias a su conocimiento, colaboración y respaldo en el desarrolló este trabajo.

RESUMEN

En Colombia, una de las mayores problemáticas es el manejo y la distribución del recurso hídrico a causa de la falta de implementación de políticas y metodologías que generen una mejor gestión del recurso.

La aplicación del índice GWI (Green Watershed Index), planteado por Carlos Caro, PhD en 2019; nos brinda el resultado de la gestión donde se involucra la biodiversidad, sostenibilidad y el bienestar social. Este índice comprende 18 indicadores por medio de los cuales se realiza la correspondiente calificación a la gestión hídrica.

La presente investigación, muestra la aplicación de la metodología del índice de gestión de cuencas rurales en el municipio de Samacá, Boyacá. Mediante un estudio de caso, donde la evaluación y el análisis realizado a cada indicador busca establecer soluciones para el municipio, en función de mejorar y controlar la gestión y gobernanza del recurso hídrico.

Palabras clave: Recurso hídrico, Gobernanza, Índice GWI, Agua, Sostenibilidad.

ABSTRACT

In Colombia, one of the biggest problems is the management and distribution of water resources due to the lack of implementation of policies and methodologies that generate a better management of this resource.

The application of the GWI (Green Watershed Index), proposed by Carlos Caro, PhD in 2019, gives us the management result where biodiversity, sustainability and social welfare are involved. This index comprises 18 indicators through which the corresponding qualification of water management is made.

The present research shows the application management index methodology of the rural watersheds in the municipality of Samacá, Boyacá through a case study where the evaluation and analysis carried out to each indicator, it seeks to establish solutions for the municipality, in order to improve and control the management and governance from the water resource.

Keywords: Water resources, Governance, GWI Index, Water, Sustainability.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	13
DESCRIPCION DEL PROBLEMA.....	15
JUSTIFICACIÓN	16
OBJETIVOS	17
OBJETIVO GENERAL	17
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
ESTADO DEL ARTE.....	18
DISEÑO METODOLÓGICO.....	21
DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA.....	21
INDICADORES:.....	21
Indicador 1. MANTENIMIENTO A LA INFRAESTRUCTURA (MI):.....	22
Indicador 2. EFECTIVIDAD EN GESTIÓN HÍDRICA GENERAL (EGH):.....	23
Indicador 3. VULNERABILIDAD HÍDRICA (VH):	31
Indicador 4. RIESGO HÍDRICO (RI):	32
Indicador 5. ESTRÉS HÍDRICO (EH):.....	33
Indicador 6. HUELLA DE AGUA (HA):	35
Indicador 7. AUTOSUFICIENCIA DE AGUA (AUA):.....	36
Indicador 8. PROGRAMAS DE AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA (UAH):.....	37
Indicador 9. BIODIVERSIDAD (BD):	38

Indicador 10. EFICIENCIA MEDIO AMBIENTAL (EMA):	39
Indicador 11. EFICIENCIA TRATAMIENTO RESIDUAL (ETR):.....	41
Indicador 12. ATRACTIVO (A):	42
Indicador 13. CAPITAL HUMANO (CH):.....	43
Indicador 14. PARTICIPACIÓN MEDIDA DEL PÚBLICO (PP):	44
Indicador 15. EFICIENCIA ECONÓMICA (EEC):	45
Indicador 16. ADAPTABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO (ACC):.....	46
Indicador 17. CALIDAD DE LA INFORMACIÓN (CI):	47
Indicador 18. CONTROL DE LA CORRUPCIÓN (CC):	48
CRITERIOS DE EVALUACIÓN.....	49
LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN	50
CASO DE ESTUDIO	51
INFORMACIÓN DEL MUNICIPIO.....	51
INDICADORES.....	52
1. MI - Mantenimiento a la Infraestructura – Samacá.....	52
2. EGH – Efectividad en Gestión Hídrica – Samacá.....	57
3. VH – Vulnerabilidad Hídrica – Samacá.....	60
4. RI – Riesgo – Samacá	61
5. EH- Estrés Hídrico – Samacá.....	61
6. HA – Huella de Agua – Samacá.....	62

7. AUA – Autosuficiencia del Agua – Samacá.....	62
8. UAH – Programas de Uso y Ahorro Eficiente del Agua – Samacá.....	64
9. BD – Biodiversidad – Samacá	64
10. EMA – Eficiencia Medio Ambiental – Samacá	65
11. ETR – Eficiencia Tratamiento Residual – Samacá	65
12. A – Atractivo – Samacá.....	67
13. CH – Capital Humano – Samacá.....	68
14. PP – Participación Medida del Publico – Samacá.....	68
15. EEC – Eficiencia Económica – Samacá	69
16. ACC – Adaptabilidad al Cambio Climático – Samacá.....	69
17. CI – Calidad de la Información – Samacá.....	69
18. CC – Control de la Corrupción – Samacá	69
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	71
RECOMENDACIONES AL MUNICIPIO DE SAMACÁ.....	76
CONCLUSIONES	77
BIBLIOGRAFIA	79

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Definición de los indicadores para las cuencas rurales.....	19
Tabla 2. Evaluación del indicador MI.....	22
Tabla 3. Evaluación del indicador Sa.....	23
Tabla 4. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida.	25
Tabla 5. Evaluación del indicador Da.	26
Tabla 6. Evaluación del indicador Wa.	28
Tabla 7. Evaluación del indicador Ca.	29
Tabla 8. Evaluación del indicador Af.	30
Tabla 9. Evaluación del indicador VH.....	31
Tabla 10. Evaluación del indicador RI.....	32
Tabla 11. Evaluación del indicador EH.	34
Tabla 12. Evaluación del indicador HA.....	35
Tabla 13. Evaluación del indicador AUA.....	37
Tabla 14. Evaluación del indicador UAH.....	38
Tabla 15. Evaluación del indicador BD.....	39
Tabla 16. Evaluación del indicador EMA.....	40
Tabla 17. Evaluación del indicador ETR.....	41
Tabla 18. Evaluación del indicador A.....	42
Tabla 19. Evaluación del indicador CH.....	43
Tabla 20. Evaluación del indicador PP.....	44
Tabla 21. Evaluación del indicador EEC.....	45

Tabla 22. Evaluación del indicador ACC.	46
Tabla 23. Evaluación del indicador CI.....	47
Tabla 24. Evaluación del indicador CC.	48
Tabla 25. Criterio general de los indicadores.	49
Tabla 26. Evaluación específica de los criterios de gestión.....	49
Tabla 27. Resultados para el municipio de Samacá.....	70
Tabla 28. Resultados de los indicadores según criterios de ponderación	74

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Entrevista.....	50
Ilustración 2. Ubicación municipio de Samacá.....	51
Ilustración 3. Rio Teatinos	52
Ilustración 4. Humedal Cortaderal.	53
Ilustración 5. Pozo Profundo Valle de Gacheneque.....	53
Ilustración 6. Captación.....	54
Ilustración 7. Desarenador.....	54
Ilustración 8. Planta de potabilización N°1.....	55
Ilustración 9. Planta de potabilización N°2.....	55
Ilustración 10. Almacenamiento.....	56
Ilustración 11. Micromedidores.	56
Ilustración 12. Mapa de ubicación del Rio Teatinos.....	62
Ilustración 13. Mapa de ubicación Humedal.....	63
Ilustración 14. Mapa de ubicación Pozo Profundo.....	64
Ilustración 15. Avance de construcción PTAR – Samacá.....	66
Ilustración 16. Avance construcción PTAR - Samacá	66
Ilustración 17. Represa Gachaneca	67
Ilustración 18. Salto de la chorrera.....	68
Ilustración 19. Grafica procedimiento experimental	75

INTRODUCCIÓN

El fenómeno del cambio climático se debe a la variación del clima con respecto al tiempo, a causa de la actividad humana que altera la composición de la atmósfera y la variabilidad natural del clima. (IDEAM, 2019). Es impredecible llegar a determinar o incluso predecir los efectos del cambio climático. De igual modo, estudios realizados indican sobre los impactos que tendría en el ser humano, en donde se habla de posibles conflictos al incrementar la competencia por agua y alimentos. (ecuador, 2012)

De acuerdo con el grupo intergubernamental de expertos en cambio climático (IPPC), el cambio climático afecta la función y operación de la infraestructura hídrica existente, así como las prácticas de gestión integral de los recursos hídricos. (IDEAM, 2019)

En Colombia, no se presentan cambios estacionales (invierno, verano, primavera, otoño), sino que se presentan escalas de variabilidad climáticas, los fenómenos; niño en fase “cálida” y niña en fase “fría” (Eucategui & Hurtado, 2011). A causa de esto, se explicaría porque la estacionalidad del flujo de cuencas se beneficia y/o afectaría por los cambios estacionales, es decir que cuando se presenta el fenómeno de la niña, desencadena un incremento en torno a las precipitaciones y caudales, a razón de esto es posible que se presenten máximos y mínimos históricos en los caudales. De modo que los impactos potenciales sobre la economía, el medio ambiente y la sociedad van a tender a ser críticos, por lo que es fundamental contar con un modelo de gestión de recursos hídricos diseñado para enfrentar los extremos asociados con el cambio climático y la variabilidad que se derivan. (Garcia, Piñeros Botero, Bernal Quiroga, & Ardila Robles, 2012)

La aplicación de estrategias de gobierno es la clave para combatir el sobreconsumo, deficiencias de distribución y las pérdidas del recurso por parte de las empresas de servicios de acueducto y/o alcantarillado.

DESCRIPCION DEL PROBLEMA

El acceso al agua y al saneamiento constituyen factores importantes para impulsar una mayor inclusión social y contribuir en la reducción a la pobreza. El manejo y la distribución del agua ha sido un reto de gran impacto en la sociedad, debido a que no se realiza una correcta administración y esto genera grandes consecuencias en el ámbito ambiental, social y económico.

En Colombia, donde la oferta hídrica es importante, la gestión del agua es una prioridad; a pesar de los diversos esfuerzos por establecer políticas de agua en el país, se evidencia una crisis de gobernabilidad que no favorece la gestión integral de los recursos hídricos, es por esta razón que el país no escapa de esta crisis.

Lo anterior, conlleva a la necesidad de implementar metodologías que permitan evidenciar múltiples variables que influyen en los procesos de gobernanza del recurso hídrico dentro del municipio.

JUSTIFICACIÓN

La escasez de agua está relacionada directamente con un problema de disponibilidad y no de oferta hídrica. Según la Unesco, la escasez de agua es un fenómeno natural, sin embargo, es intensificada por las actividades humanas. En el planeta hay suficiente agua dulce, para todas las personas que habitan en él, pero la distribución del recurso hídrico es desigual, este es desperdiciado, contaminado y no se utiliza de manera sostenible. (UNESCO, 2015)

Una mejor administración de los recursos hídricos para distintos usos, incluida la eliminación de prácticas insostenibles de consumo de agua, puede representar una contribución importante a la mitigación de la pobreza, a la mejora de la salud y a la calidad de vida de los habitantes de zonas rurales y urbanas. (Jaramillo Rojas , Molina, & Betancur V., 2011)

Colombia, al estar localizado en una zona tropical presenta características respecto a su relieve y meteorología, por esta razón es catalogado como uno de los países más ricos en torno al recurso hídrico. (Caro Camargo, Blade i, & Soler, 2020)

Con respecto al semillero de investigación, este trabajo ha contribuido de manera satisfactoria en la autonomía para desarrollar capacidades investigativas, además, la habilidad para trabajar en equipo y finalmente contribuye al conocimiento en diferentes temáticas que abarcan el manejo del recurso hídrico.

Además, por medio del presente trabajo se busca resaltar la incidencia en torno al manejo del recurso hídrico, enfocándose en algunas problemáticas presentes en el municipio de Samacá ante la ausencia de un buen plan de manejo hídrico, así mismo, las ventajas que traería a nivel ambiental y socioeconómico en el mejoramiento de la administración del recurso hídrico; y los beneficios para las futuras proyecciones en planes de ordenamiento territorial.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Aplicar la metodología de evaluación en la gestión y administración de los recursos hídricos y ambientales en el municipio de Samacá, Boyacá.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar el cálculo del Índice de Gestión Hídrica en Cuencas Rurales para el municipio de Samacá, Boyacá.
- Evaluar cuales son ventajas y/o deficiencias de las actuales políticas sostenibles que ejecuta la administración municipal de Samacá.
- Plantear soluciones que ayuden a mejorar la administración del recurso hídrico en Samacá.

ESTADO DEL ARTE

En la actualidad, el cambio climático es una de las mayores preocupaciones de la humanidad dadas las enormes repercusiones que tiene para la sostenibilidad futura de su desarrollo socioeconómico y ambiental. A partir de diferentes observaciones se indicó el incremento de condiciones extremas como sequías, olas de calor, inundaciones, etc. (Arango, 2012)

La actual situación hídrica de América Latina muestra que el agua tiene una enorme relevancia geopolítica. Su creciente escasez en muchas regiones del mundo, la frecuencia cada vez mayor de las sequías extremas y el incremento de la demanda a causa de la extensión de los patrones de consumo del capitalismo globalizado, hacen prever una intensificación de los conflictos por el control y el manejo de este líquido vital. (Colon, 2009)

Es necesario replantear la visión de los gobernantes sobre la prevención del riesgo de inundaciones, las partidas presupuestales y la importancia de los programas emprendidos para fortalecer las capacidades de adaptación ante desastres; especialmente en un país con múltiples amenazas como Colombia, donde es necesario fortalecer la gestión integrada de riesgos en el manejo del territorio y de los recursos hídricos.

En los últimos años, se han venido desarrollando modelos hidrológicos que buscan evaluar el nivel de sostenibilidad de las cuencas hidrográficas, con el fin de demostrar la adecuada o deficiente gestión del recurso hídrico, para implementar mecanismos que permitan mejorar el desarrollo sostenible de la cuenca. (Caro Camargo, Blade i, & Soler, 2020)

La metodología Blue Cities, ha establecido una serie de indicadores que determinan el nivel de sostenibilidad de cuencas a nivel urbano, con el fin de determinar decisiones que pueden

influir en la toma o no de decisiones convenientes para el desarrollo sostenible respecto al recurso hídrico. (Caro Camargo, Blade i, & Soler, 2020)

Actualmente la mayoría de los gobiernos destinan una cantidad considerable de recursos en la reducción del impacto ambiental generadas por las múltiples economías mundiales a través de las últimas décadas. Por lo cual, desde hace varios años se han organizado una gran cantidad de paneles ambientales, que tienen el fin de evaluar la amenaza y la progresión de los daños generados al ambiente de la tierra generados por la industrialización moderna. Sin dejar de lado el cómo reducir estos daños. (Stefan, 2009)

El Protocolo para el Seguimiento de la Gobernanza del Agua en cuencas Rurales PSGA realiza un análisis a las evaluaciones y estudios enunciados, donde se analiza la gobernanza del recurso hídrico y extrae un común denominador de los indicadores que arrojan estimaciones directas a la gestión integral de los recursos hídricos. Dentro de este protocolo se determinan 18 indicadores de carácter cuantitativo y cualitativo dentro de los que se encuentran:

Tabla 1.
Definición de los indicadores para las cuencas rurales.

ITEM	ID	INDICADOR	DESCRIPCION
1	MI	Mantenimiento a la infraestructura	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, como también se realizan las debidas calibraciones de los sistemas de medición a fin de evitar se propicien perdidas en el sistema
2	EGH	Efectividad en gestión hídrica general	Evalúa abastecimiento, calidad de agua y cobertura del sistema de alcantarillado
3	VH	Vulnerabilidad hídrica	Evalúa condiciones físicas, económicas, sociales y de representación política
4	RI	Riesgo	Vulnerabilidad por amenaza
5	EH	Estrés hídrico	Cuando la demanda del recurso hídrico afecta la oferta. Se considera que existe estrés hídrico cuando se tiene usos domésticos anuales entre 1000 m ³ y 1700 m ³
6	HA	Huella de agua	Volumen total de agua dulce que se utiliza para producir los bienes y servicios del área de influencia. Esto debería establecerse en relación con las exigencias de uso doméstico

			requeridas en la región es decir debe prevalecer el consumo de agua dulce frente a alguna otra actividad
7	AUA	Autosuficiencia del agua	La autosuficiencia es de 100% si toda el agua necesaria está disponible y tomada desde el propio territorio
8	UAH	Programa de uso y ahorro eficiente del agua	Cuenta con la totalidad de las medidas para uso adecuado del recurso hídrico mediante la implementación de PUEAA, el cual debe estar debidamente aprobado por la autoridad ambiental
9	BD	Biodiversidad	Se presentan las condiciones ecológicas estables del área de influencia de la fuente a pesar de la intervención antrópica
10	EMA	Eficiencia medio ambiental	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 plantee la autoridad ambiental frente al caudal que se deriva
11	ETR	Eficiencia de tratamiento de agua residual	Dentro de la asociación se plantean medidas para el suministro de agua en cuanto a horarios de distribución y/o esto para la época de escasez
12	A	Atractivo	El agua apoya la calidad del paisaje rural medido por el sentimiento de la comunidad dentro del área rural
13	CH	Capital humano	Personal requerido para la óptima operatividad del sistema de abastecimiento. Esto se mide con respecto a aspectos administrativos y de gestión también es medible con respecto al grado de satisfacción del personal operativo
14	PP	Participación medida del publico	Se debe establecer, mediante reuniones anuales de rendición de cuentas, a través de juntas de acción comunal, por lo menos una vez al año. Esto debe medirse con respecto a la opinión de quienes se benefician del suministro del recurso, a fin de determinar las reuniones suficientes para la socialización de las políticas establecidas por los estatutos de la administración
15	ECC	Eficiencia económica	Facturación mensual acorde con los consumos estimados a cada suscriptor, esto debe medirse con respecto al recaudo realizado para la totalidad de los usuarios
16	ACC	Adaptabilidad al cambio climático	El diseño del sistema de derivación y abastecimiento cuenta con la capacidad hidráulica adecuada para las condiciones críticas Sistema de protección en zonas inundables
17	CI	Calidad de la Información y del Sistema de Gestión del Conocimiento	Archivos y registros de los planes de cumplimiento establecidos por la autoridad ambiental, como un sistema de información en el cual se determinen la cantidad de usuarios y la demanda requerida por los mismos; como también registros de las condiciones del sistema. Este indicador se basa en la totalidad de la información que se debe organizar y recopilar tanto de la autoridad ambiental como de la constitución del acueducto
18	CC	Control de la corrupción	Se realizan estrategias para mejorar y supervisar el desempeño de quienes se encargan de la administración y operación del sistema de abastecimiento, por parte de los suscriptores. Esto debe medirse con respecto a la opinión de quien demanda el servicio ya que es quien se da cuenta de las condiciones de la red

Fuente: (Caro Camargo, Blade i, & Soler, 2020)

DISEÑO METODOLÓGICO

Se propone la implementación del procedimiento para la obtención del índice GWI para la evaluación de la gestión hídrica de cuencas rurales, el cual establece un sencillo promedio de los indicadores a analizar en la respectiva zona de estudio; en el cual se involucran aspectos como biodiversidad, sostenibilidad, recurso hídrico y bienestar social. (Caro Camargo, Blade i, & Soler, 2020)

La información necesaria para aplicar estas metodologías es emitida por parte de personal autorizado tanto de la administración municipal como de la empresa de servicios públicos de Samacá. Una vez adquirida la información correspondiente y obtenidos los valores de cada uno de los indicadores, se realiza un análisis de cada uno de ellos para el caso de estudio, con el fin de conocer el grado de desarrollo en cuanto a gestión y administración del recurso hídrico en el municipio.

DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

INDICADORES:

El Protocolo para el Seguimiento de la Gobernanza del Agua en cuencas Rurales PSGA realiza un análisis a las evaluaciones y estudios enunciados, donde se analiza la gobernanza del recurso hídrico y extrae un común denominador de los indicadores que arrojan estimaciones directas a la gestión de los recursos hídricos. (Hernández, 2020)

Indicador 1. MANTENIMIENTO A LA INFRAESTRUCTURA (MI):

Este indicador tiene por alcance la evaluación del cumplimiento de todas las consideraciones de rigor técnico establecidas en la resolución de otorgamiento de la concesión de aguas según el capítulo III del decreto 1076 de 2015 expedido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (Hernandez Torres, 2020)

El valor de este indicador se determinará teniendo en cuenta lo siguiente:

Tabla 2.

Evaluación del indicador MI.

Mantenimiento a la Infraestructura	No Cumple	Da inicio al proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planeamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para la 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.	No cuenta con concesión de aguas o caduco 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 expedidas 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 y en operación.	El sistema cuenta con micro medición y macro medición en toda su extensión, además, se encuentra calibrado.	El sistema de macro medición y micro medición cuenta una calibración anual, durante los últimos 5 años.
Evaluación	0	2	4	6	8	10
	El sistema no cuenta con concesión de aguas	El sistema cuenta con el 25% al 50% de los requisitos técnicos	El sistema de cuenta con el 100% de los requisitos técnicos	Estructuras hidráulicas construidas al 100%	El sistema cuenta con macro medición y micro medición	
	1	3	5	7	9	
	El sistema cuenta con el 25% o menos de los requisitos técnicos	El sistema cuenta con el 50% al 75% de los requisitos técnicos	Cuenta con la resolución aprobada de la concesión de aguas	Las estructuras se encuentran en buen estado y están en operación	Cuenta con los certificados de calibración en los últimos 12 meses	

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

Indicador 2. EFECTIVIDAD EN GESTIÓN HÍDRICA GENERAL (EGH):

Este indicador evalúa la gestión hídrica a partir de cinco parámetros.

1. Saneamiento:

Dentro del PSGA este indicador va encaminado únicamente a estimar el porcentaje de las personas en riesgo frente a la exposición a un saneamiento deficiente. (Hernandez Torres, 2020)

Para el valor de este indicador se determinará teniendo en cuenta lo siguiente:

Tabla 3.

Evaluación del indicador Sa.

Saneamiento	No Cumple	Da inicio al proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planeamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para la 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 censo.	Se da inicio a la etapa preliminar para la estimación de la población e identificación del 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. 100%
	0	2	4	6	8	
	No se cuenta con el número de personas en riesgo	Identificación del 25% al 50% de la población	Identificación del 100% de la población	Población en riesgo por saneamiento entre el 75% y 50%	Población en riesgo por saneamiento menor al 25%	
Evaluación	1	3	5	7	9	10
	Identificación del 25% de la población	Identificación del 50% al 75% de la población	Población en riesgo por saneamiento mayor al 75%	Población en riesgo por saneamiento entre el 50% y 25%	La administración está ejecutando un plan de acción para eliminar el riesgo en la población	

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

2. Demanda de agua:

La evaluación de este parámetro está enfocada para que la verificación de la cantidad de agua otorgada por la autoridad ambiental competente sea acorde con la cantidad de personas y su respectiva proyección de población más las pérdidas del sistema (si las hay) y la población flotante del sector. (Hernandez Torres, 2020)

Para calcular la demanda de agua, se debe conocer la altitud (en metros sobre el nivel del mar) del sistema, la población de diseño (población debe estar calculada bajo proyecciones de población y tiene en cuenta la población flotante) con la administración del sistema, de no contar con esta información, se debe trabajar con el número de suscriptores y se asumirá un número de 4 personas por suscripción. Con estos valores se calculará la demanda de agua del sistema de la siguiente manera:

Si se cuenta con la población de diseño:

$$\text{Dotación}_{\text{sistema}} \left(\frac{\text{L}}{\text{s}} \right) = P_{\text{diseño}} \times \text{Dotación Neta}_{\text{máx}} \left(\frac{\text{L}}{\text{hab} * \text{s}} \right)$$

Donde

$P_{\text{diseño}}$ = Población de diseño (número de personas).

Dotación neta máxima = tabla 6. De la resolución 0330 de 2017, según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida por el sistema. *Nota: Se debe convertir en litros / habitante*segundo.*

Tabla 4.

Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida.

Altura promedio sobre el nivel del mar de la zona atendida	Dotación neta máxima (L/Hab*día)
>2000 m.s.n.m.	120
1000 – 2000 m.s.n.m	130
< 1000 m.s.n.m.	140

Fuente: (Ministerio de vivienda, 2017)

Si no se cuenta con la población de diseño del sistema, se debe dirigir con la administración del sistema para conocer el número de suscriptores, para calcular la dotación de sistema.

$$\text{Dotación}_{\text{sistema}} \left(\frac{L}{s} \right) = (N_{\text{SUSCRIPTORES}} \times 4) \times \text{Dotación Neta}_{\text{máx}} \left(\frac{L}{\text{hab} * s} \right)$$

Donde

$N_{\text{suscriptores}}$ = Número de suscriptores.

Dotación neta máxima = tabla 6. De la resolución 0330 de 2017, según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida por el sistema. *Nota: Se debe convertir en litros / habitante*segundo.*

Se debe solicitar a la administración del sistema el índice de agua no contabilizada IANC, de no tener este índice se debe asumir el valor máximo permitido por la comisión de agua potable y saneamiento básico CRA en la resolución 287 de 2004 que es del 30%.

Si cuenta con el índice de agua IANC:

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

Si no cuenta con el índice de agua IANC:

$$\text{Demanda}_{\text{sistema}} \left(\frac{\text{L}}{\text{s}} \right) = \text{Dotación}_{\text{sistema}} \left(\frac{\text{L}}{\text{s}} \right) + 30\% \text{ CRA}$$

Por último, se debe hacer una relación entre la demanda del sistema y el caudal concesionado, para conocer el porcentaje de satisfacción de la demanda.

$$\frac{\text{Demanda sistema (L/s)}}{\text{Caudal concesionado (L/s)}} \times 100$$

Con el valor del porcentaje se podrá determinar el valor del indicador:

Tabla 5.

Evaluación del indicador Da.

Demanda de agua	No Cumple	Da inicio al proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planeamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para la ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
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	4	6	8	10
	La demanda es insatisfecha por la concesión.		Si se encuentra un valor del 80%	Si se encuentra un valor del 70%	Si se encuentra un valor del 60%	
	1		5	7	9	
	Si se encuentra un valor de 100%	Si se encuentra un valor mayor a 80%	Si se encuentra un valor mayor al 70%	Si se encuentra un valor mayor al 60%	Si se encuentra un valor del 40%	

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

3. Acceso al agua:

Está direccionado en el mismo modo de evaluación descrito teniendo en cuenta el porcentaje total de la población de la región que tiene acceso a una fuente mejorada de agua potable y la ejecución de alternativas de obtención de la totalidad del acceso al agua potable por la población. (Hernandez Torres, 2020)

Se debe verificar si la administración municipal cuenta con la identificación de las personas que no cuentan con el servicio de suministro de agua potable:

$$IW_a = \left(\frac{P_{Total} - PW_a}{P_{Total}} \right) \times 100$$

Donde

IW_a = Índice de servicio de suministro de agua potable.

PW_a = Población que carece de servicio de suministro de agua potable.

P_{Total} = Población total que carece el servicio de suministro de agua potable.

Si la administración no cuenta con la identificación de las personas que no cuentan con el servicio de suministro de agua potable, se debe hacer una estimación de esta población, con la sumatoria de suscriptores de todos los sistemas de acueducto y abastecimiento que operan dentro del municipio teniendo en cuenta un número de 4 personas por suscriptor.

$$IW_a = \left(\frac{P_a}{P_{Total}} \right) \times 100$$

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

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 que carece de servicio de suministro de agua potable.

Suscriptores i = Suscriptores de cada sistema.

N = Número de sistemas de abastecimiento y acueducto

Una vez calculado el IW_a este se dividirá por 10, para la determinar la puntuación del indicador. Teniendo en cuenta lo siguiente:

Tabla 6.

Evaluación del indicador W_a .

Acceso al agua	No Cumple	Da inicio al proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planeamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para la 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 el servicio de agua.
Porcentaje de cobertura del servicio de suministro de agua potable	0	2	4	6	8	10
	0%	20% sobre el total de avance del proyecto	40% sobre el total de avance del proyecto	60% sobre el total de avance del proyecto	80% sobre el total de avance del proyecto	
	1	3	5	7	9	
	10% sobre el total de avance del proyecto	30% sobre el total de avance del proyecto	50% sobre el total de avance del proyecto	70% sobre el total de avance del proyecto	90% sobre el total de avance del proyecto	

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

4. Calidad del agua:

El efecto de la evaluación de este parámetro se ceñirá al cumplimiento del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano IRCA que determina la calidad del agua y potencial uso para consumo, teniendo en cuenta la ocurrencia de enfermedades relacionadas con las características físicas, químicas y microbiológicas del agua.

(Hernandez Torres, 2020)

El valor de este indicador se determinará teniendo en cuenta lo siguiente:

Tabla 7.

Evaluación del indicador Ca.

Calidad de Agua	No Cumple	Da inicio al proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planeamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para la 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 consumos 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 la administración del sistema. No apta para consumo susceptible a mejoramiento RIESGO BAJO.	SIN RIESGO Apta para consumo humano. IRCA igual o menor al 5%
Evaluación	0	2	4	6	8	10
	No se cuenta con registros de medición.	IRCA municipal tiene un valor mayor al 80%	IRCA municipal tiene un valor del 40%	IRCA municipal tiene un valor del 35%	IRCA municipal tiene un valor al 14%	
	1	3	5	7	9	
	IRCA municipal tiene un valor del 100%	IRCA municipal tiene un valor del 80%	IRCA municipal mayor al 35%	IRCA municipal tiene un valor mayor al 14%	IRCA municipal tiene un valor mayor al 5%	

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

5. Atención a fugas en el sistema implementado:

Abarca su evaluación en función de evaluar la implementación de planes de acción inmediata frente a las posibles fugas que puede llegar a presentar el sistema a fin de evitar desperdicios. (Hernandez Torres, 2020)

El valor de este indicador se determinará teniendo en cuenta lo siguiente:

Tabla 8.

Evaluación del indicador Af.

Atención a fugas	No Cumple	Da inicio al proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planeamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para la ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
Cuentan con planes de gestión inmediata frente a las posibles fugas que puede llegar a presentar el sistema a fin de evitar desperdicio.	No cuentan con estrategias 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	En este punto el documento debe contar con el visto bueno de un profesional idóneo	Plan implementado en todos los puntos de las redes de drenaje
Evaluación	0	2	4	6	8	10
	Ninguna estrategia técnica de medición.	Medidas implementadas al 50%	Documento maestro al 60%	Revisión al 50%	Visto bueno por parte de más del 60% de las personas de la junta	
	1	3	5	7	9	
	Bajo el criterio de experiencia de fontaneros	Medidas implementadas al 100%	Documento maestro al 100%	Revisión al 100%	Visto bueno por parte del 100% de las personas de la junta	

Fuente: (Caro Camargo, Blade i, & Soler, 2020)

Indicador 3. VULNERABILIDAD HÍDRICA (VH):

Dentro del PSGA este indicador será evaluado desde el establecimiento de un plan de contingencia frente a las eventualidades que se presentan en caso de falencias en el sistema de abastecimiento a fin de garantizar siempre el suministro del recurso a la población suscrita del acueducto. (Hernandez Torres, 2020)

El valor de este indicador se determinará teniendo en cuenta lo siguiente:

Tabla 9.

Evaluación del indicador VH.

Vulnerabilidad hídrica	No Cumple	Da inicio al proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planeamiento 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 falencias 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 cuentan con ninguna medida	Medidas técnicas de contingencia al 50%	Documento de estrategias técnicas al 50%	Revisión al 50%	Documento aprobado al 100%	
	1	3	5	7	9	
	Bajo el criterio de experiencia de fontaneros	Medidas técnicas de contingencia al 100%	Documento al 100%	Revisión al 100%	Documento aprobado y socializado a usuarios	

Fuente: (Caro Camargo, Blade i, & Soler, 2020)

Indicador 4. RIESGO HÍDRICO (RI):

Dentro el PSGA se busca verificar las medidas frente a un posible desabasteciendo de la fuente a la cual se deriva el sistema, esto en cuanto a inventario de fuentes alternas y otros puntos de los cuales se pueda implementar un sistema de captación de emergencia. (Hernandez Torres, 2020)

El valor de RI del municipio será entonces:

$$RI_{Total} = \sum_{i=1}^N \frac{RI_i}{N}$$

Donde

RI_{Total} = Ri del municipio.

RI_i = Ri de cada sistema de abastecimiento.

N = Número de sistemas de abastecimiento.

El valor de este indicador se determinará teniendo en cuenta lo siguiente:

Tabla 10.

Evaluación del indicador RI.

Riesgo	No Cumple	Da inicio al proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planeamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para la ejecución	Ejecuta La Actividad Parcialmente	Cumple
Medidas frente a un posible desabasteciendo de la fuente a la cual se deriva, esto en cuanto 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 da inicio a recorridos a fin de hacer reconocimiento del área para fuentes abastecedoras.	Se reconocen las fuentes de captación aledañas a la abastecedora.	Se implementan diseños con fines preventivos de las fuentes abastecedoras.	Ejecución del proyecto.	Las estructuras hidráulicas se encuentran conectadas al sistema principal, y están preparadas para la operación en contingencia.

Indicadores basados en actividades de cumplimiento	0	2	4	6	8	10
		Se reconocen las fuentes hídricas del área de influencia en un 50%	Se realizan los estudios y diseños con un avance del 50%	Se obtienen la totalidad de los requisitos necesarios para obtener la concesión de aguas de contingencia	Se ejecutan las obras inherentes a la concesión de aguas de contingencia en un 50%	
	1	3	5	7	9	
	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)

Indicador 5. ESTRÉS HÍDRICO (EH):

Sin embargo, para el PSGA la autosuficiencia será adecuada si todo el recurso hídrico necesaria para la población está disponible y es tomado desde el propio territorio, es decir se convierte en una característica geográfica de ubicación de las fuentes de abastecimiento. (Hernandez Torres, 2020)

Si el sistema cuenta con el valor de consumo doméstico anual se podrá calcular de la siguiente manera.

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

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.

Si el sistema de acueducto y abastecimiento que no cuenten con sistemas de macro medición, micro medición y/o registros de consumo se calculara de acuerdo con la dotación neta máxima estipulada en la resolución 0330 de 2017.

$$\text{Dotación}_{\text{neta máx}} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{hab} \cdot \text{año}} \right) * \text{número de suscriptores} * 4$$

El valor de este indicador se determinará a partir de la siguiente tabla:

Tabla 11.

Evaluación del indicador EH.

Estrés hídrico	No Cumple	Da inicio al proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planeamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para la 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 < 1200 m ³ /año.	1200 < Dotación < 1400 m ³ /año.	1400 < Dotación < 1600 m ³ /año.	1600 < Dotación < 1700 m ³ /año.	No hay Estrés hídrico. Cumple el 100%
Niveles de evolución en corrección de escasez	0	2	4	6	8	10
	Dotación es cero m ³ /año por persona	El 20%	El 40%	El 60%	El 80%	
	1	3	5	7	9	
	El 10%	El 30%	El 50%	El 70%	El 90%	

Fuente: (Caro Camargo, Blade i, & Soler, 2020)

Indicador 6. HUELLA DE AGUA (HA):

Dentro del PSGA se tendrá cuenta este parámetro como la estimación del volumen total de agua dulce que se utiliza para producir los bienes y servicios del área de influencia en relación con las exigencias de uso doméstico requeridas en la región es decir debe prevalecer el consumo de agua dulce frente a alguna otra actividad. (Hernandez Torres, 2020)

Para la calificación de este indicador, la administración municipal debe contar con el compendio de consumo de agua dulce de los sectores económicos que ejercen actividades dentro del municipio:

Tabla 12.

Evaluación del indicador HA.

Huella de agua	No Cumple	Da inicio al proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planeamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para la 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 con 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.

Evaluación	0	2	4	6	8	10
	No se tienen identifica dos los consumos según usos.	Cuenta con sistemas de medición identificando las diferentes actividades económicas	Se realiza un reporte de los datos del consumo por uso de todos los sistemas a la administración municipal	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	
	El uso del servicio de abastecimiento está verificado según la actividad económica	Se realizan el cobre y facturación del servicio del agua diferenciando de acuerdo con el uso del agua	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)

Indicador 7. AUTOSUFICIENCIA DE AGUA (AUA):

Sin embargo, para el PSGA la autosuficiencia será adecuada si todo el recurso hídrico necesaria para la población está disponible y es tomado desde el propio territorio, es decir se convierte en una característica geográfica de ubicación de las fuentes de abastecimiento. (Hernandez Torres, 2020)

Se debe averiguar si las captaciones de agua de los sistemas de acueducto donde están ubicadas, con el fin de verificar cuales están dentro del municipio.

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

Teniendo el porcentaje, se podrá calcular el valor del indicador:

Tabla 13.*Evaluación del indicador AUA.*

Autosuficiencia del agua	No Cumple	Da inicio al proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planeamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para la 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.
Evaluación	0	2	4	6	8	10
	Del 100% de agua requerida se toma el 0% de la región	Del 100% del agua captada solo el 20% es del municipio	Del 100% del agua captada solo el 40% es del municipio	Del 100% del agua captada solo el 60% es del municipio	Del 100% del agua captada solo el 80% es del municipio	
	1	3	5	7	9	
	Del 100% del agua captada solo el 10% es del municipio	Del 100% del agua captada solo el 30% es del municipio	Del 100% del agua captada solo el 50% es del municipio	Del 100% del agua captada solo el 70% es del municipio	Del 100% del agua captada solo el 90% es del municipio	

Fuente: (Caro Camargo, Blade i, & Soler, 2020)

Indicador 8. PROGRAMAS DE AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA (UAH):

Dentro del PSGA este indicador tendrá en cuenta las disposiciones normativas mencionadas dentro del territorio nacional, desde la determinación de las medidas para uso adecuado del recurso hídrico mediante la implementación del PUEA, el cual debe estar debidamente aprobado por la autoridad ambiental. (Hernandez Torres, 2020)

Para el valor de este indicador se determinará teniendo en cuenta lo siguiente:

Tabla 14.*Evaluación del indicador UAH.*

Programas de ahorro y uso eficiente del agua	No Cumple	Da inicio al proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planeamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para la 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 realiza un documento con el cual se plasman medidas de los programas de uso y ahorro eficiente del agua.	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. Documento adoptado y ejecutado en un 100%.
Evaluación	0	2	4	6	8	10
	No tienen ninguna medida	Medidas técnicas de uso y ahorro eficiente al 50%	Documento al 50%	Revisión del documento al 100 %	Documento socializado a usuarios del sistema	
	1	3	5	7	9	
	Medidas de planificación, mediante la experiencia de fontaneros	Medidas técnicas de uso y ahorro eficiente a un 100%	Documento al 100%	Documento aprobado al 100 %	Documento adoptado y ejecutado en un 50%	

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

Indicador 9. BIODIVERSIDAD (BD):

Este parámetro busca identificar si se presentan las condiciones ecológicas estables del área de influencia de la fuente a pesar de la intervención antrópica es decir se busca definir la situación ecológica con respecto a las condiciones medio ambientales de biodiversidad, en este caso se evalúa en antes y el ahora después de las obras hidráulicas ejecutadas. (Hernandez Torres, 2020)

Para el valor de este indicador se determinará teniendo en cuenta lo siguiente:

Tabla 15.*Evaluación del indicador BD.*

Biodiversidad	No Cumple	Da inicio al proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planeamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para la 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. Implementación de acciones de mitigación 100%.
Evaluación	0	2	4	6	8	10
	No tienen estudios de biodiversidad	Avance de estudios 50%	Estudio de Biodiversidad terminado y entregado al 100%	Identificación de posibles riesgos 100%	Implementación de acciones de mitigación 50%	
	1	3	5	7	9	
	Avance de estudios 25%	Avance de estudios 75%	Identificación de posibles riesgos 50%	Implementación de acciones de mitigación 25%	Implementación de acciones de mitigación 75%	

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

Indicador 10. EFICIENCIA MEDIO AMBIENTAL (EMA):

Este indicador busca evaluar las compensaciones ambientales en la zona de influencia directa del cuerpo hídrico del cual se deriva el recurso desde la compensación forestal que plante la Autoridad Ambiental frente al caudal que se deriva y el control al cumplimiento del plan de establecimiento y mantenimiento de los árboles a compensar. (Hernandez Torres, 2020)

El valor de este indicador se determinará teniendo en cuenta lo siguiente:

Tabla 16.*Evaluación del indicador EMA.*

Eficiencia medio ambiental	No Cumple	Da inicio al proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planeamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para la 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 plante la Autoridad Ambiental frente al caudal que se deriva.	No cuenta con información consolidada de compensaciones ambientales.	Se plantean las áreas a compensar para la realización del plan de mantenimiento y establecimiento.	Se realiza un documento en el cual se plasman las compensaciones ambientales.	El documento pasa a un proceso de revisión por parte de la autoridad ambiental.	Documento evaluado y aprobado por la autoridad ambiental mediante concepto técnico.	Resolución aprobatoria de la compensación Ejecución al 100%
Evaluación	0	2	4	6	8	10
	No cuenta con información de compensaciones ambientales	Cuenta con la identificación de predios y áreas disponibles para sembrar árboles con el fin de realizar compensaciones ambientales	Se realiza el seguimiento, control y mantenimiento o a las compensaciones ambientales en el 25%	El documento se encuentra establecido entre el 50% y el 75%	Documento organizado y aprobado por la autoridad ambiental competente.	
	1	3	5	7	9	
	Cuenta con una base de datos emitida por la autoridad ambiental, donde se ubican las compensaciones ambientales	Cuenta con la identificación de especies vegetales endémicas	El documento se encuentra establecido entre un 25% y el 50%	El documento se encuentra consolidado entre el 75% y el 100%	Ejecución plan de seguimiento y mantenimiento o a compensaciones a un 50%	

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

Indicador 11. EFICIENCIA TRATAMIENTO RESIDUAL (ETR):

Este indicador busca identificar la ejecución y cumplimiento de los planes de saneamiento y manejo de vertimientos PSMV, por ende, del conjunto de programas, proyectos y actividades necesarias para avanzar en el saneamiento y tratamiento de los vertimientos de aguas residuales, incluyendo la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas generadas por el uso y consumo dentro del territorio. (Hernandez Torres, 2020)

El valor de este indicador se determinará teniendo en cuenta lo siguiente:

Tabla 17.

Evaluación del indicador ETR.

Eficiencia de tratamiento residual	No Cumple	Da inicio al proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planeamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para la ejecución	Ejecuta La Actividad Parcialmente	Cumple
Porcentaje de aguas residuales tratadas, y porcentaje 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 de PTAR al 50%	PTAR en operación.
Evaluación	0	2	4	6	8	10
	Tienen 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%	
	1	3	5	7	9	
	Cuenta con la identificación de los vertimientos	Ejecuta el 50% de las obras de unificación de vertimientos	Definición del predio y propiedad para la construcción de la PTAR	Construcción de la PTAR al 75%	Puesta en marcha PTAR	

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

Indicador 12. ATRACTIVO (A):

Este indicador evalúa en qué medida el agua apoya la calidad del paisaje rural teniendo en cuenta que dentro del territorio nacional se cuenta con una geografía rica en escenarios naturales que se desarrollan desde fuentes hídricas, por ende, se han creado zonas de reserva y parques nacionales; además de más sitios de interés generados por la existencia y uso del recurso hídrico superficial. (Hernandez Torres, 2020)

El valor de este indicador para cada uno de los sitios donde se desarrollan actividades de ecoturismo con incidencia directa en fuentes hídricas se determinará teniendo en cuenta lo siguiente:

Tabla 18.
Evaluación del indicador A.

Atractivo	No Cumple	Da inicio al proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planeamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para la 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 la autoridad ambiental competente.	Capacidad de carga y acceso.	Servicio de saneamiento y tránsito interno.	Disminución y atención de impactos.	Sistemas de atenciones tempranas.
	0	2	4	6	8	
	No tienen ninguna medida	Se cuenta con aprobación del plan de manejo del sitio por parte de la autoridad ambiental	Se cuenta con acceso adecuado al sitio (vehicular y/o peatonal)	El sitio cuenta con senderos internos	Se realiza recolección y separación de residuos sólidos	
Evaluación	1	3	5	7	9	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	Cuenta con señalización interna referente a particularidades y mitigación de riesgos e impactos	Se cuenta con sitio de atención ante posibles emergencias de los usuarios	

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

Indicador 13. CAPITAL HUMANO (CH):

Dentro del PSGA este indicador analiza el personal requerido para la óptima operatividad del sistema de abastecimiento y acueducto desde su captación hasta las acometidas domiciliarias.

(Hernandez Torres, 2020)

El valor de este indicador para cada sistema se determinará teniendo en cuenta lo siguiente:

Tabla 19.

Evaluación del indicador CH.

Capital humano	No Cumple	Da inicio al proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planeamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para la 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.
	0	2	4	6	8	
	No cuenta con personal	Cuenta con fontaneros	Cuenta con técnicos, tecnólogos y operativos	Cuenta con personal de facturación	Cuenta con personal en archivo, almacén y sistemas de información	10
Evaluación	1	3	5	7	9	
	Cuenta con junta directiva	Cuenta con secretaria y servicio de atención al público	Cuenta con gerencia	Cuenta con personal para compras	Cuenta con asesoría jurídica y de contratación	

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

Indicador 14. PARTICIPACIÓN MEDIDA DEL PÚBLICO (PP):

El PSGA busca tener mediciones de este indicador respecto a la determinación de la participación de los usuarios evidenciadas en reuniones o asambleas suficientes para la socialización de las políticas establecidas por los estatutos de la administración de los sistemas de abastecimiento y acueducto y/o alcantarillado. (Hernandez Torres, 2020)

El valor de este indicador para cada sistema se determinará teniendo en cuenta el número de asambleas realizadas con los usuarios o representantes durante el año anterior.

Tabla 20.

Evaluación del indicador PP.

Participación Medida del Publico	No Cumple	Da inicio al proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planeamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para la 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% Se realizan diez o más asambleas.
Numero de asambleas con usuarios o representantes realizadas en el año cumplido	0	2	4	6	8	10
	No se realizan	Dos asambleas	Cuatro asambleas	Seis asambleas	Ocho asambleas	
	1	3	5	7	9	
	Una asamblea	Tres asambleas	Cinco asambleas	Siete asambleas	Nueve asambleas	

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

Indicador 15. EFICIENCIA ECONÓMICA (EEC):

A partir del PSGA se busca abarcar este indicador teniendo en cuenta la facturación mensual de los servicios de abastecimiento, acueducto y/o alcantarillado acorde con el recaudo realizado para la totalidad de los usuarios. (Hernandez Torres, 2020)

El valor de este indicador se determinará teniendo en cuenta lo siguiente:

Tabla 21.

Evaluación del indicador EEC.

Eficiencia económica	No Cumple	Da inicio al proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planeamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para la 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.
Se debe medir con respecto al recaudo realizado para la totalidad de los usuarios	0	2	4	6	8	10
	No pago	Pago del 20% de cobertura	Pago del 0% de cobertura	Pago del 0% de cobertura	Pago del 0% de cobertura	
	1	3	5	7	9	
	Pago del 10% de cobertura	Pago del 0% de cobertura	Pago del 0% de cobertura	Pago del 0% de cobertura	Pago del 0% de cobertura	

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

Indicador 16. ADAPTABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO (ACC):

Dentro del PSGA la afectación por desabastecimiento de las fuentes ya ha sido tomada en cuenta dentro de un indicador anterior, de tal forma que esta evaluación tendrá en cuenta la gestión integral del recurso hídrico en cuanto a adaptación al cambio climático para eventos de inundación. (Hernandez Torres, 2020)

El valor de este indicador se determinará teniendo en cuenta lo siguiente:

Tabla 22.

Evaluación del indicador ACC.

Adaptabilidad al cambio climático	No Cumple	Da inicio al proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planeamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para la 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 Infraestructuras necesarias.	Construcción de Obras.	Cumple con infraestructura a control de inundaciones y reubicación de población. Reubicación de habitantes de áreas inundables.
Evaluación	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 definitivos de obras de mitigación de inundaciones	Construcción de obras de mitigación de inundaciones en un 50%	
	1	3	5	7	9	
	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 obras de mitigación de inundaciones	Construcción de obras de mitigación de inundaciones en un 100%	

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

Indicador 17. CALIDAD DE LA INFORMACIÓN (CI):

El PSGA busca evaluar la suficiencia de los sistemas de información en el cual se determinen la cantidad de usuarios y la demanda requerida por los mismos, especificaciones técnicas del servicio según condiciones reales de campo; como también registros de las condiciones de los sistemas de abastecimiento, acueducto y alcantarillado. (Hernandez Torres, 2020)

El valor de este indicador se determinará teniendo en cuenta lo siguiente:

Tabla 23.

Evaluación del indicador CI.

Calidad de la información	No Cumple	Da inicio al proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planeamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para la 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 abalado y aprobado.
Evaluación	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	
	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)

Indicador 18. CONTROL DE LA CORRUPCIÓN (CC):

Se busca que este indicador involucre a los entes de control del servicio público, si bien es cierto las administraciones municipales, las empresas de servicios públicos y las asociaciones de los acueductos, son vigilados por dichos entes y de tener denuncias por anomalías y efectos de corrupción, se inician investigaciones con sanciones disciplinarias, económicas y penales. De tal forma que se cuantifican las investigaciones de cada ente cuyo objeto sea enmarcado dentro del manejo del recurso hídrico. (Hernandez Torres, 2020)

El valor de este indicador se determinará teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

Tabla 24.

Evaluación del indicador CC.

Control de la corrupción	No Cumple	Da inicio al proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planeamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para la ejecución	Ejecuta La Actividad Parcialmente	Cumple
Se realizan estrategias para controlar y supervisar el desempeño, de las autoridades en función del recurso hídrico.	Más de 9 investigaciones	Entre 8 y 7 investigaciones.	Entre 6 y 5 investigaciones.	Entre 4 y 3 investigaciones.	Entre 2 y 1 investigaciones.	No cursan investigaciones.
Evaluación	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	
	Cursan 9 investigaciones	Cursan 7 investigaciones	Cursan 5 investigaciones	Cursan 3 investigaciones	Cursa 1 investigación	

Fuente: (Hernandez Torres, 2020)

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

La evaluación de cada uno de los 18 indicadores se basó en criterios generales e individuales tomados de la Blue Cities Índex, la cual valora cada indicador de 0 a 10 reflejando el nivel de cumplimiento en cada uno de acuerdo con la metodología, siendo 0 la calificación más baja evidenciando total incumplimiento y 10 la calificación más alta evidenciando total cumplimiento. Su justificación se debe evidenciar según la realidad de la gestión integral del recurso hídrico en los municipios.

El Protocolo para el Seguimiento de la Gobernanza del Agua define como criterios:

Tabla 25.

Criterio general de los indicadores.

CRITERIO	PONDERACIÓN
0 – 5,9	No sostenible
6,0 – 8,0	Medianamente sostenible
8,1 – 10	Sostenible

Fuente: (Caro Camargo, Blade i, & Soler, 2020)

Tabla 26.

Evaluación específica de los criterios de gestión.

CRITERIO	EVALUACIÓN
0	No cumple
2	Da inicio a la planeación de la actividad
4	Culmina la parte operativa de la planeación
6	Cuenta con el planeamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución
8	Ejecuta la actividad parcialmente
10	Cumple

Fuente: (Caro Camargo, Blade i, & Soler, 2020).

LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

La búsqueda de la información se realizó a través de una encuesta realizada personalmente a la gerente de la empresa de servicios de acueducto y alcantarillado SERVITEATINOS S.A. del municipio, quien a la vez suministró documentos de interés de manera magnética, asimismo, se realizó la solicitud de documentos oficiales a la oficina de planeación municipal de Samacá.

Ilustración 1. Entrevista



Fuente: Autora

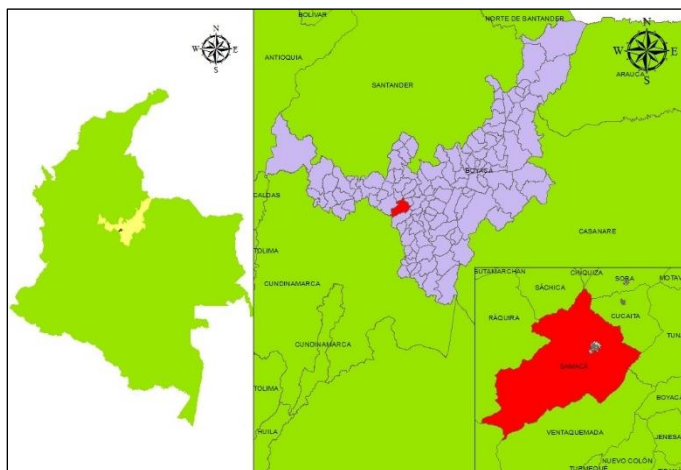
CASO DE ESTUDIO

INFORMACIÓN DEL MUNICIPIO

El procedimiento experimental del cálculo del índice GWI se realizó tomando como caso de estudio a el municipio de Samacá, Boyacá.

Ilustración 2.

Ubicación municipio de Samacá



Fuente: PUEAA Samacá 2019.

El municipio de Samacá pertenece a la provincia del centro del departamento de Boyacá. tiene una extensión aproximada de 170 Km² y se encuentra a una altitud de 2.604 m.s.n.m; se localiza a 32 Km de Tunja y 135 Km de Bogotá. El municipio cuenta con una densidad poblacional de 121.99 Hab/Km², y una población de 18.298 habitantes (Censo Dane 2018), evidenciada en la siguiente pirámide poblacional. Se presenta una temperatura media de 14°C, y al ubicarse en cercanías a zonas de páramos, la probabilidad de precipitación tiende a aumentar, y esto se evidencia mediante la toma de datos por parte de las 8 estaciones pluviométricas distribuidas a lo largo de todo el municipio, las cuales registran precipitaciones máximas hasta 190 mm. (municipal., 2020)

Cabe recalcar que la totalidad del recurso hídrico del municipio hace parte de la cuenca del río Garagoa y de la cuenca alta y media del Río Suárez, específicamente en la represa del río Teatinos, y de los embalses Gachaneca I y II; que además cumplen con la función del riego en verano y el control de las inundaciones en épocas de invierno. (municipal., 2020)

INDICADORES

1. MI - Mantenimiento a la Infraestructura – Samacá

El municipio de Samacá cuenta con la resolución aprobatoria de aguas expedida por Corpochivor y Corpoboyacá, autoridades ambientales que comparten la jurisdicción de la zona, con vigencia de 10 años; mediante la resolución Corpochivor No. 097 y resolución Corpoboyacá No. 0888 del 16 de marzo del año 2016.

Fuente de abastecimiento:

Ilustración 3.

Rio Teatinos



Fuente: Serviteatinos Samacá S.A.

Fuentes de abastecimiento alternas:

Ilustración 4.

Humedal Cortaderal.



Fuente: Serviteatinos Samacá S.A.

Ilustración 5.

Pozo Profundo Valle de Gacheneque.



Fuente: Serviteatinos Samacá S.A.

El sistema de agua potable cuenta con:

Captación: Es realizada por una bocatoma de fondo en el Río teatinos, ubicado en el páramo rabanal.

Ilustración 6.

Captación.



Fuente: Serviteatinos Samacá S.A.

Desarenador: Ubicado a 15 m de la captación del río.

Ilustración 7.

Desarenador.



Fuente: Serviteatinos Samacá S.A.

La planta de potabilización N°1: Es un sistema compacto con tren de tratamiento de tipo convencional, cuenta con una unidad de coagulación, dos unidades de floculación y tres unidades de filtración.

Ilustración 8.

Planta de potabilización N°1.



Fuente: Serviteatinos Samacá S.A.

La planta de potabilización N°2: Es un sistema de compacto con tren de tratamiento de tipo convencional, cuenta con dos unidades de coagulación, floculación, sedimentación y dos unidades de filtración.

Ilustración 9.

Planta de potabilización N°2.



Fuente: Serviteatinos Samacá S.A.

Para el almacenamiento: el municipio tiene dos tanques en concreto, que cuenta con tren de válvulas y tuberías de ventilación.

Ilustración 10.
Almacenamiento.



Fuente: Serviteatinos Samacá S.A.

Cuenta con 4 macro medidores para la distribución del agua potable en el municipio, distribuida por sectores: sector dinastía, sector margaritas, sector la playa, sector urbano.

Ilustración 11.
Micromedidores.



Fuente: Serviteatinos Samacá S.A.

El valor de **MI** para el municipio de Samacá, es de **10**.

2. EGH – Efectividad en Gestión Hídrica – Samacá

1. Saneamiento (Sa)

El municipio no cuenta con un censo especificado entorno a la población urbana y rural que tengan a su disposición unidades sanitarias; pero indican que hay cobertura total.

El valor de **Sa** para el municipio de Samacá es de **10**.

2. Demanda de agua (Da)

Para calcular la dotación del sistema, está bien expresado en torno a 4 veces el número de suscriptores, esto multiplicado por la dotación neta máxima.

La dotación neta máxima, se obtiene según la tabla dada por la Resolución 0330 de 2017, y este valor depende de la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida por el sistema. La altitud promedio en que se encuentra el sistema es de 3050 m.s.n.m., de acuerdo con la tabla le corresponde una dotación neta de 120 (L/Hab*Día) convertido a (L/Hab*s) serian 0,0014.

El número suscriptores del sistema es de 2600.

$$\text{Dotación}_{\text{sistema}} \left(\frac{\text{L}}{\text{s}} \right) = (N_{\text{suscriptores}} \times 4) \times \text{Dotación}_{\text{net máxima}} \left(\frac{\text{L}}{\text{hab} * \text{s}} \right)$$

$$\text{Dotación}_{\text{sistema}} \left(\frac{\text{L}}{\text{s}} \right) = (2600 \times 4) \times 0,0014 \left(\frac{\text{L}}{\text{hab} * \text{s}} \right)$$

$$\text{Dotación}_{\text{sistema}} \left(\frac{\text{L}}{\text{s}} \right) = 14,44 \left(\frac{\text{L}}{\text{s}} \right)$$

Para calcular la Demanda el sistema, se debe tener en cuenta el índice de agua no contabilizada IANC, como no se tiene el índice se asume el valor máximo permitido por la comisión de agua potable y saneamiento básico.

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

$$\text{Demanda}_{\text{sistema}} \left(\frac{\text{L}}{\text{s}} \right) = 14,44 \left(\frac{\text{L}}{\text{s}} \right) \times 4,33 \left(\frac{\text{L}}{\text{s}} \right)$$

$$\text{Demanda}_{\text{sistema}} \left(\frac{\text{L}}{\text{s}} \right) = 18,78 \left(\frac{\text{L}}{\text{s}} \right)$$

Para finalizar, se hace la relación de la demanda del sistema respecto al caudal concesionado. El caudal aprobado por la autoridad ambiental es de 13,5 L/s

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

$$\frac{18,78(\text{L/s})}{13,5 (\text{L/s})} \times 100 = 139,1 \%$$

El valor se encuentra mayor al 100% por lo cual se informa que la demanda es insatisfecha por la concesión, y se le dará una puntuación de 0. Cabe resaltar que la empresa Serviteatinos tiene proyectado el aumento de 8L/s al caudal, debido al aumento de la población, en los últimos años en el municipio de Samacá.

El valor de **Da** para el municipio de Samacá, es de **0**.

3. Acceso al agua (Wa)

Para la calificación de este indicador, se utilizó el número de suscriptores de todos los sistemas de abastecimiento y acueducto, especificando un numero de 4 personas por suscriptor:

$$IW_a = \left(\frac{P_a}{P_{Total}} \right) \times 100$$

El número de suscriptores en el municipio de Samacá es de: 2600

La población total es de: 18818 (Censo DANE. 2018)

$$IW_a = \left(\frac{2600 \times 4}{18818} \right) \times 100$$

$$IW_a = 55,3\%$$

Obtenido el valor de IW_a se dividirá por 10 para la escala de evaluación del PSGA, para obtener el valor de W_a

$$W_a = \left(\frac{55,3}{10} \right)$$

$$W_a = 5,5$$

El valor de **W_a** para el municipio de Samacá es de **5.5**.

4. Calidad de agua (Ca)

Se necesita el último reporte mensual del IRCA expedido por la secretaria de salud departamental del sistema de abastecimiento y acueducto.

El valor del IRCA en el municipio fue de 1,76%, tiene un valor menor o igual al 5% lo que indica que el sistema de abastecimiento garantiza que su consumo no presenta ningún riesgo, y apta para el consumo humano.

Nota: Valor del IRCA obtenido de la secretaria de Salud. Boletín de vigilancia de la calidad del agua para consumo humano. Octubre 2020. (Ver en anexos)

El valor de **Ca** para el municipio de Samacá es de **10**.

5. Atención de fugas en el sistema implementado (Af).

Se verifica el sistema de atención e implementación de planes de acción inmediata. El Municipio de Samacá no cuenta con un documento ante la atención de fugas en las tuberías, pero si atienden bajo el criterio de experiencia de personal de fontaneros, y toman acción inmediata para la conectividad del servicio.

El valor de **Af** para el municipio de Samacá, es de **3**.

Para obtener la calificación del indicador de efectividad se hace el promedio de todos los ítems, relacionados.

$$EGH_{Total} = \frac{Sa + Da + Wa + Ca + Af}{5}$$

$$EGH_{Total} = \frac{10 + 0 + 5,5 + 10 + 3}{5} = 6$$

El valor de **EGH** para el municipio de Samacá, es de **6**.

3. VH – Vulnerabilidad Hídrica – Samacá

En el municipio cuenta con el criterio de fontaneros para la atención de eventualidades en el sistema de abastecimiento por taponamientos, rupturas, fallas. Estas eventualidades son atendidas en un 100%, por experiencia técnica con el fin de evitar el desabastecimiento en el municipio.

El sistema de abastecimiento tiene un documento en el cual plantean mecanismos y planes ante emergencias y contingencias, donde identifican las posibles amenazas que conllevan a una emergencia.

El valor de **VH** para el municipio de Samacá, es de **5**.

4. **RI – Riesgo – Samacá**

El sistema de acueducto considera fuentes para un posible desabastecimiento, como son: el humedal Cortaderal y pozo profundo. Se realizaron los reconocimientos de estas fuentes; por lo tanto, se tienen estudios y diseños de las obras hidráulicas de captación y conexión con el sistema principal. Estas fuentes, no cuentan con la concesión de aguas aprobada por la autoridad ambiental.

Cabe resaltar que el pozo profundo está en proceso de la obtención de la concesión de aguas, que está ubicado en el casco urbano del municipio, en el sector santa Isabel.

El valor de **RI** para el municipio de Samacá, es de **7**.

5. **EH- Estrés Hídrico – Samacá**

Para el Cálculo del estrés hídrico se requiere el consumo doméstico anual del año anterior. Para el municipio de Samacá solo se tenía información del consumo doméstico de 5 meses. Por lo tanto, el cálculo por medio de este método no puede realizar.

En el caso de que no se cuente con el consumo doméstico anual, se procede a realizar el cálculo con la dotación neta máxima, que se encuentra estipulada en la resolución 0330 de 2017. Samacá está a 3050 m.s.n.m. correspondiéndole una dotación neta máxima de 120 (L/hab*día). Ya que la dotación se debe dar en unidades de ($\text{m}^3/\text{hab}*\text{año}$), la dotación neta máxima correspondería a 43,8 $\text{m}^3/\text{hab}*\text{año}$. Al obtener el valor de 456 $\text{m}^3/\text{año}$, que está entre 0 $\text{m}^3/\text{año}$ y 999 $\text{m}^3/\text{año}$, se realiza una interpolación con el fin de obtener el valor del indicador.

El valor de **EH** para el municipio de Samacá, es de **0.05**.

6. HA – Huella de Agua – Samacá

El municipio no tiene una estimación de uso que se le dan al agua, sin embargo, la empresa Serviteatinos S.A. ha realizado encuestas donde se puede tener una idea del uso del recurso hídrico en el municipio.

El valor de **HA** para el municipio de Samacá es de **0**.

7. AUA – Autosuficiencia del Agua – Samacá

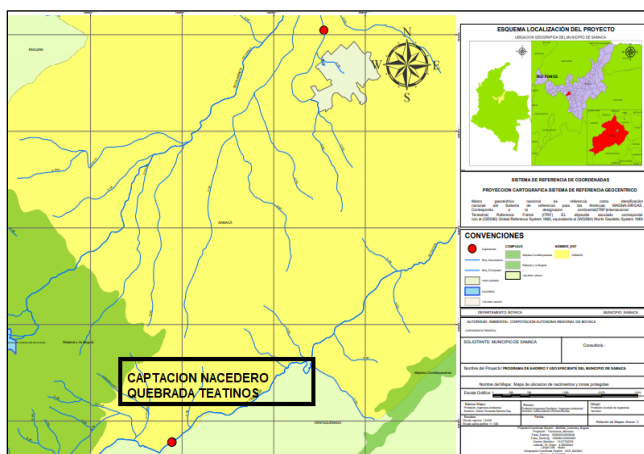
La disponibilidad del recurso hídrico está ubicada dentro del municipio.

Captación N°1 Fuente de abastecimiento Rio teatinos.

- Se encuentra sobre el rio teatinos en la jurisdicción de la vereda Pataguy.
- Coordenadas N 5°25'23.721" E 73°31'13.535".
- Altitud (m.s.n.m.) 3024.

Ilustración 12.

Mapa de ubicación del Rio Teatinos.



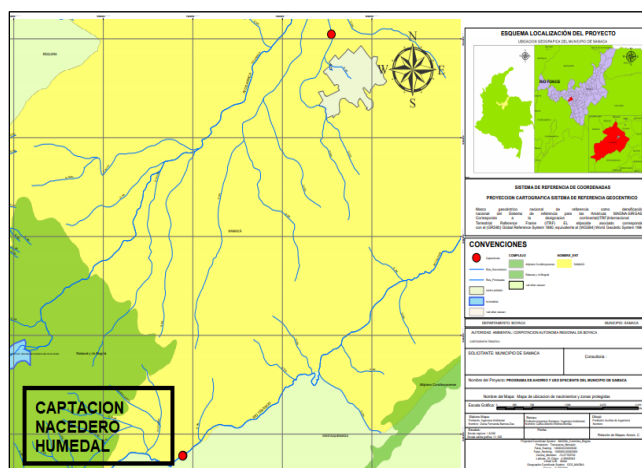
Fuente: Serviteatinos Samacá S.A.

Captación N°2 humedal

- Se ubica a 930 m aguas abajo del rio teatinos.
- Coordenadas N 5°25'12.8" E 73°31'7.38".
- Altitud (m.s.n.m.) 3016.

Ilustración 13.

Mapa de ubicación Humedal.



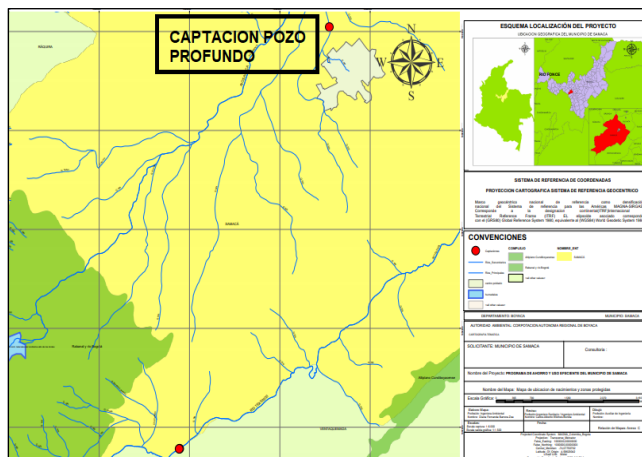
Fuente: Serviteatinos Samacá S.A.

Captación N°3 pozo profundo

- Está ubicado en la entrada del casco urbano del municipio.
- Coordenadas N 1099479.013 E 1065422.063.
- Altitud (m.s.n.m.) 2996.

Ilustración 14.

Mapa de ubicación Pozo Profundo.



Fuente: Serviteatinos Samacá S.A.

El 100% de las captaciones que abastecen el municipio están ubicadas en el municipio de Samacá.

El valor de **AUA** para el municipio de Samacá, es de **10**.

8. UAH – Programas de Uso y Ahorro Eficiente del Agua – Samacá

El municipio de Samacá cuenta con el documento PUEAA, que contempla las medidas de los programas de uso y ahorro eficiente del agua, terminado y aprobado por la autoridad competente, pero este no ha sido socializado con la comunidad mediante asambleas.

El valor de **UAH** para el municipio de Samacá es de **7**.

9. BD – Biodiversidad – Samacá

El municipio de Samacá ha realizado estudios de biodiversidad por medio de la autoridad ambiental, Corpoboyacá. Estos estudios cuentan con acciones de mitigación, información

de las compensaciones ambientales, áreas de compensación de influencia a las fuentes de abastecimiento, definición de especies para realizar las compensaciones.

Por otro lado, cuenta con el documento de plan de seguimiento y mantenimiento a compensaciones, pero dicho documento no está aprobado por la autoridad ambiental, sin embargo, se está ejecutando en el municipio.

El valor de **BD** para el municipio de Samacá es de **8**.

10. EMA – Eficiencia Medio Ambiental – Samacá

El municipio cuenta con información de las compensaciones ambientales impuestas por la autoridad ambiental competente, también, cuenta con la identificación de predios y áreas disponibles para realizar compensaciones ambientales, el documento correspondiente a el seguimiento, control y mantenimiento a las compensaciones ambientales se encuentra establecido entre el 50% y el 75% (Municipio de Samacá, 2021).

El valor de **EMA** para el municipio de Samacá es de **6**.

11. ETR – Eficiencia Tratamiento Residual – Samacá

El municipio cuenta con un inventario de los vertimientos reales de aguas servidas a fuentes receptoras, tiene definido el predio y cuenta con su propiedad donde se generará la construcción de la planta de aguas residuales, además, cuenta con la totalidad de estudios y diseños referentes a la PTAR. El municipio no cuenta con el permiso de vertimientos de la PTAR por la autoridad ambiental, sin embargo, la planta de tratamiento de agua residual se encuentra en un 75% de su construcción (Municipio de Samacá, 2021).

Ilustración 15.

Avance de construcción PTAR – Samacá.



Fuente: Serviteatinos Samacá S.A.

Ilustración 16.

Avance construcción PTAR - Samacá



Fuente: Administración municipal (2020-2023)

El valor de **ETR** para el municipio de Samacá, es de 7.

12. A – Atractivo – Samacá

El municipio no cuenta con un plan de manejo, sin embargo, el municipio tiene dos sitios donde se desarrollan actividades de ecoturismo con incidencia directa en fuentes hídricas, estas son:

Represa Gachaneca: Ubicada entre las veredas Salamanca, Chorrera y Loma Redonda.

La temperatura oscila entre los 4°C y los 11°C.

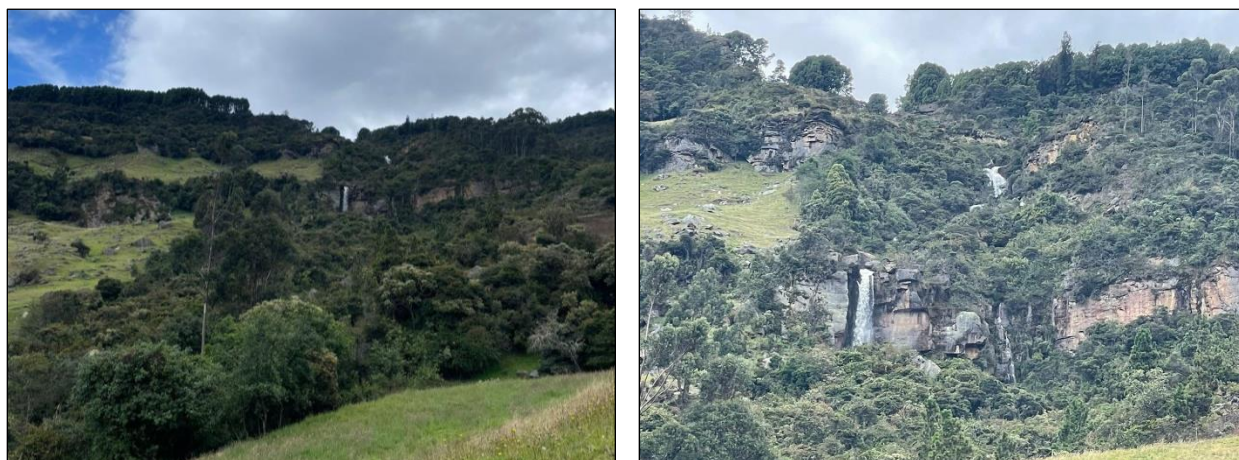
Ilustración 17.

Represa Gachaneca



Fuente: Alcaldía Municipal, 2018.

Cascada Salto de la Chorrera: Ubicada entre las veredas Pataguy y Chorrera.

Ilustración 18.**Salto de la chorrera**

Fuente: Autora.

El valor para A para el municipio de Samacá es de **0**.

13. CH – Capital Humano – Samacá

La empresa de acueducto y alcantarillado (Serviteatinos SA) cuenta con junta directiva, fontaneros, personal técnico administrativo, personal en gestión de la información y asesoría jurídica, personal en archivo y personal profesional que coordina cada servicio que ofrece el sistema. Sin embargo, no cuenta con todo el personal encargado de compras y adquisiciones.

El valor de **CH** para el municipio de Samacá es de **9**.

14. PP – Participación Medida del Publico – Samacá

La empresa de acueducto y alcantarillado (Serviteatinos SA) no realiza asambleas con los usuarios o representantes.

El valor del PP para el municipio de Samacá es de **0**.

15. EEC – Eficiencia Económica – Samacá

Según las estadísticas suministradas por la empresa de acueducto y alcantarillado (Serviteatinos SA) de los 2600 suscriptores del sistema 2400 usuarios realizaron el pago de su factura cada mes durante el año cumplido; es decir, existe un pago del 90% de cobertura.

El valor de **EEC** para el municipio de Samacá, es de **9**.

16. ACC – Adaptabilidad al Cambio Climático – Samacá

El municipio cuenta con estudios de inundabilidad, se tienen determinadas las áreas inundables y a través del Plan Municipal de Gestión de Riesgo de Desastres se contemplan alternativas de mitigación ante los efectos de posibles eventos de inundación (Municipio de Samacá, 2021).

El valor de **ACC** para el municipio de Samacá es de **5**.

17. CI – Calidad de la Información – Samacá

El sistema cuenta con planimetría, información en terreno con un catastro de sus elementos con todas las especificaciones técnicas hasta un 100%.

El valor de **CI** para el municipio de Samacá es de **9**.

18. CC – Control de la Corrupción – Samacá

Al solicitar información sobre procesos jurídicos en los que esté involucrado el recurso hídrico, la administración actual no tiene conocimiento de algún caso, sin embargo, no descarta que se hayan radicado tutelas en las corporaciones ambientales a razón de la minería y su influencia en la contaminación del recurso.

El valor de CC para el municipio de Samacá es de **8**.

Tabla 27.

Resultados para el municipio de Samacá.

ID	INDICADOR	PUNTUACIÓN
MI	Mantenimiento a la infraestructura	10
EGH	Efectividad en gestión hídrica	6
VH	Vulnerabilidad hídrica	5
RI	Riesgo	7
EH	Estrés hídrico	0.05
HA	Huella de agua	0
AUA	Autosuficiencia de agua	10
UAH	Programa de uso y ahorro eficiente del agua	7
BD	Biodiversidad	8
EMA	Eficiencia medio ambiental	6
ETR	Eficiencia de tratamiento residual	7
A	Atractivo	0
CH	Capital humano	9
PP	Participación medida del publico	0
ECC	Eficiencia económica	9
ACC	Adaptabilidad al cambio climático	5
CI	Calidad de la información	9
CC	Control de la corrupción	8
INDICE GWI – MUNICIPIO DE SAMACA		5.89

Fuente: Autora.

El cálculo del índice GWI para el municipio de Samacá, a partir de los valores dados para cada uno de los ítems arroja un valor de **5,89** en una escala de 0 a 10, lo cual señala dentro del criterio de ponderación una gestión “**No sostenible**”, cabe resaltar que el municipio cuenta con bastantes herramientas para cambiar y aumentar el valor de este índice, las cuales permiten realizar planes y estrategias a corto y mediano plazo para el seguimiento, control y mejoría del manejo del recurso hídrico.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

El municipio de Samacá junto con la empresa prestadora de servicio de acueducto y alcantarillado SERVITEATINOS S.A. han realizado una buena gestión, en cuanto a la utilización del recurso hídrico, donde cuenta con la licencia ambiental aprobadas por la autoridad ambiental competente en este caso, Corpoboyacá y Corpochivor.

En cuanto a la gestión hídrica del municipio, es muy importante que se legalice prontamente el aumento de la concesión de aguas, debido a las proyecciones del censo poblacional, las cuales muestran un incremento en la población en los siguientes años. Este aumento, traerá aumento en la demanda hídrica dentro del municipio, por esta razón con el aumento de la concesión se pretende evitar una demanda insatisfecha o deficiencias en el servicio.

Un aspecto fundamental en la prestación del servicio es la calidad del agua la cual según la calificación establecida mediante el formato IRCA cumple con los puntajes mínimos para garantizar el consumo del agua seguro y descartar la presencia de cualquier anormalidad y/o patógeno presentes en el agua.

Como planes preventivos la empresa prestadora del servicio SERVITEATINOS S.A. S.A. por medio de la concesión de aguas, debe buscar legalizar el suministro a su red hídrica con la captación de aguas en pozos profundos y en el humedal Cortaderal, con el propósito de evitar la escasez del recurso o ante problemáticas presentadas en la toma de agua en la fuente principal, y de esa forma garantizar la continuidad de suministro de agua al municipio de manera satisfactoria.

Es necesario que la empresa de acueducto tenga los registros anuales detallados del consumo tanto individual como general y analice los incrementos que se presentan año a año; también, es importante que se sectorice el uso del agua en el municipio de acuerdo con sus actividades económicas, con el fin de conocer y controlar el uso de este.

A pesar de que el municipio de Samacá cuenta con los estudios correspondientes de los planes de seguimiento, mantenimiento, mitigación y compensación ambiental de las zonas de influencia de las fuentes hídricas, los cuales mediante su ejecución, van a beneficiar a la biodiversidad del municipio, aunque presentan un inconveniente ante la no aprobación de estos planes por parte de las corporaciones ambientales correspondientes, lo que puede desencadenar futuros problemas a la empresa SERVITEATINOS S.A. y administración municipal.

La administración municipal cuenta con una base de datos de vertimientos a fuentes superficiales de aguas servidas y diseños de unificación de vertimientos, las obras de vertimientos se encuentran en ejecución. Actualmente la PTAR no se encuentra en funcionamiento y la ejecución de su construcción cuenta con un avance del 75%, la inversión económica para finalizar la construcción es de alto valor, es importante que la administración municipal priorice poner en funcionamiento la PTAR con el fin de minimizar el impacto generado por el vertimiento de aguas residuales.

A pesar de que el municipio cuenta con zonas para desarrollar actividades de ecoturismo, donde se destacan la Represa Gachaneca y el Salto de la Chorrera, estas no cuentan con un plan de manejo adecuado. Es importante que el municipio tenga como objetivo ser atractivo turístico a través de sus zonas con incidencia directa en fuentes hídricas, esto además de tener un impacto

en el medio ambiente, generaría empleo y crecimiento económico tanto para el municipio como para su comunidad.

La planta de personal de la empresa de servicios públicos SERVITEATINOS S.A cuenta con gerente, secretaria, tesorero, operativos, además, dentro de la administración del sistema de acueducto y abastecimiento se cuenta con fontanero, secretaria y atención al público, personal técnico, personal de facturación, personal para compras y adquisiciones, personal para asesorías jurídicas y contratación y cuenta con personal profesional que coordina cada uno de los servicios que ofrece el sistema, el objetivo del personal siempre será garantizar el buen servicio a sus usuarios.

SERVITEATINOS no realiza asambleas con los usuarios o representantes, esto genera un impacto negativo en su funcionamiento, ya que es importante conocer la satisfacción de los usuarios en función del uso y preservación del recurso hídrico, además de conocer sus necesidades o quejas respecto a la prestación del servicio.

Según las estadísticas de la empresa de acueducto y alcantarillado SERVITEATINOS S.A de los 2.600 suscriptores que hay dentro del sistema 2.400 realizaron el pago de la factura oportunamente mes a mes, es decir, el 90% de cobertura, esto genera un impacto positivo dentro de la empresa ya que cuenta con estabilidad económica, es así como tiene la capacidad para enfrentar fallas técnicas y de esta manera garantiza un buen servicio a sus usuarios.

La administración municipal cuenta con estudios de inundabilidad, se tienen determinadas las áreas inundables y a través del Plan Municipal de Gestión de Riesgo de Desastres se contemplan alternativas de mitigación ante los efectos de posibles eventos de inundación.

La información gráfica con la que cuenta la empresa de servicios públicos SERVITEATINOS S.A. está consolidada, cuenta con planimetría en físico y de manera digital, además, cuenta con el 100% de avance en la creación de una base de datos del sistema con esta información, tener acceso a esta base de datos permite conocer la red, pendientes, tipo de válvulas y materiales implementados, de tal manera que permite una excelente optimización en el funcionamiento del sistema.

El municipio de Samacá presenta una gestión hídrica no sostenible, dándole una puntuación de 5.89 en una escala de 0 a 10.

Según los valores obtenidos para cada uno de los indicadores evaluados en el municipio de Samacá, y a partir de la gráfica presentada se puede evidenciar, que según el criterio de ponderación expuesto en la **Tabla 25**, los indicadores no presentan mayor variación entre una gestión sostenible, medianamente sostenible y no sostenible. Teniendo en cuenta que el municipio cuenta con herramientas y características favorables, existe una alta probabilidad de aumentar el valor del índice GWI.

Tabla 28.

Resultados de los indicadores según criterios de ponderación

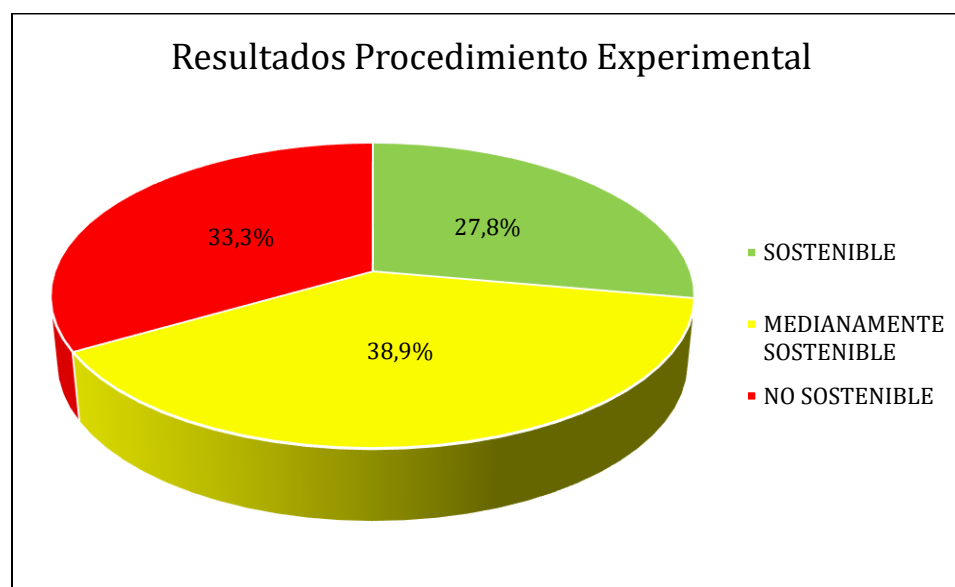
NO SOSTENIBLE (0 – 5,9)	MEDIANAMENTE SOSTENIBLE (6,0 – 8,0)	SOSTENIBLE (8,1 – 10)
Vulnerabilidad Hídrica – VH	Efectividad en Gestión Hídrica - EGH	Mantenimiento a la infraestructura – MI
Estrés Hídrico – EH	Riesgo - RI	Autosuficiencia del agua - AUA
Huella de Agua – HA	Programas de uso y ahorro eficiente del agua - UAH	Capital Humano – CH
Atractivo – A	Biodiversidad – BD	Eficiencia Económica - ECC

Participación del Público – PP	Eficiencia medio ambiental – EMA	Calidad de la información – CI
Adaptación al Cambio Climático - ACC	Eficiencia tratamiento residual - ETR	
	Control de la corrupción - CC	

Fuente: Autor.

Ilustración 19.

Grafica procedimiento experimental



Fuente: Autor.

RECOMENDACIONES AL MUNICIPIO DE SAMACÁ

- La empresa de acueducto y alcantarillado SERVITEATINOS SAMACA S.A., debe realizar un documento donde se estipulan las estrategias técnicas de acción frente a posibles contingencias; y que esté avalado por el comité municipal de gestión de riesgos.
- Ante la escasez del recurso hídrico en la fuente principal, la empresa prestadora del servicio de acueducto ha realizado el estudio y diseño de fuentes alternas, pero estas no cuentan con la concesión de agua de contingencia.
- Para mejorar la administración del recurso hídrico por parte de la población, SERVITEATINOS S.A con ayuda de la administración municipal, deben dar a conocer el programa de uso y ahorro eficiente del agua a los habitantes.
- Es recomendable que la empresa SERVITEATINOS S.A, realice un plan de manejo ambiental con el fin de evaluar el impacto que generaría el ecoturismo en la zona, ya que estas actividades traerán beneficios económicos y sociales a la comunidad.
- Cualquier acción y/o decisión propuesta por la empresa SERVITEATINOS S.A. con respecto al manejo del recurso hídrico y que afecte directamente a la población, debe ser consultada con la comunidad por medio de los mecanismos de participación correspondientes.
- Dentro de los planes de seguimiento y mitigación la construcción de una PTAR es indispensable dentro del programas de manejo y disposición de agua, pero lo que mejoraría y daría cierta eficiencia a todo el proceso que la administración de SERVITEATINOS se le aprobara la concesión de vertimiento de aguas, con el fin de garantizar el funcionamiento a máxima capacidad de la PTAR al finalizar la construcción de esta.

CONCLUSIONES

- La aplicación del índice GWI evidencia la administración del recurso hídrico en los municipios, a través de los valores numéricos dados en los indicadores; los cuales evalúan el nivel de gestión de estos y por medio de los cuales se pueden hacer mejoramientos para la optimización del sistema.
- Al determinar el valor para cada uno de los 18 indicadores planteados, se logra una visión general de lo que está sucediendo dentro del municipio respecto al manejo del recurso hídrico y así mismo es posible plantear soluciones y estrategias para el seguimiento de la gobernabilidad del recurso hídrico.
- El protocolo para el seguimiento de la gobernanza del agua en cuencas rurales genera un diagnóstico del sistema de acueducto y alcantarillado del municipio, permite tener el control ante situaciones que involucran directa o indirectamente el recurso hídrico y, así mismo permite conocer los indicadores donde se podrían realizar mejoras y de esta manera aumentar el valor del GWI.
- Se destaca el esfuerzo por parte de la administración municipal y la empresa de servicios públicos ya que, durante el desarrollo de esta investigación, se evidenciaron políticas sostenibles que se han venido implementando en el municipio con el fin de proteger y conservar las fuentes hídricas que abastecen directamente al municipio.
- La participación dentro del semillero de investigación SHWR (Seedbed in Hydrology and Water Resources Management) nos permitió desarrollar un pensamiento crítico, mejorar nuestras habilidades de comunicación, aprender métodos de investigación y lo más importante llevar a cabo un trabajo en equipo.

- La administración municipal debe trabajar conjuntamente con la empresa de servicios públicos SERVITEATINOS S.A. para lograr mejorar las condiciones de oferta, demanda y calidad del recurso hídrico.
- Las administraciones municipales deben adoptar la aplicación de esta metodología en sus municipios ya que esta permite conocer las deficiencias que se presentan en el manejo del recurso hídrico.
- En cuanto a la metodología aplicada en el documento, es importante llevar a cabo un estudio detallado de los indicadores que se consideran de mayor trascendencia en cuanto al manejo del recurso hídrico, con el fin de realizar una modificación del valor que estos tienen dentro del promedio que se realiza al determinar el índice GWI.
- Es necesario implementar un software que permita desarrollar con mayor facilidad el procedimiento para determinar el valor del índice GWI para el municipio. Además, las administraciones municipales y las empresas de servicio público de acueducto y alcantarillado deben empezar a sistematizar los documentos oficiales que se requieren para la obtención del índice.

BIBLIOGRAFIA

- Arango, C. D. (2012). *CAMBIO CLIMÁTICO MÁS PROBABLE PARA COLOMBIA A LO LARGO DEL SIGLO XXI RESPECTO AL CLIMA PRESENTE*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Escenarios+Cambio+Climatico+%28Ruiz%2C+Guzman%2C+Arango+y+Dorado%29.pdf/fe5d64fb-3a82-4909-a861-7b783d0691cb>
- Caro Camargo, C. A., Blade i, C. e., & Soler, D. (2020). *Administración del recurso hídrico: gobernanza del agua en cuencas rurales. Índice GWI*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2117/192821>
- Colon, G. F. (2009). La crisis del agua en América Latina. *Revista Estudios Culturales*, 80-96.
- ecuador, G. d. (2012). *Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/el-cambio-climatico-afecta-los-recursos-hidricos/#>
- Eucategui, C., & Hurtado, G. (2011). *ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL FENÓMENO “LA NIÑA” 2010-2011 EN LA HIDROCLIMATOLOGÍA DEL PAÍS*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/418818/An%C3%A1lisis+Impacto+La+Ni%C3%B1a.pdf/640a4a18-4a2a-4a25-b7d5-b3768e0a768a>
- Garcia, M., Piñeros Botero, A., Bernal Quiroga, F., & Ardila Robles, E. (2012). Variabilidad climática, cambio climático y el recurso hídrico en Colombia. *Revista de ingeniería* #36, 60-64.
- HERNANDEZ TORRES , J. (2020). *METODOLOGÍAS ESPECÍFICAS DE SEGUIMIENTO EN EL CÁLCULO DEL ÍNDICE GWI PARA GOBERNANZA DEL AGUA EN CUENCAS RURALES*. TUNJA.

IDEAM. (2019). *IDEAM* . Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/cambio-climatico>

Jaramillo Rojas , C., Molina, F., & Betancur V., T. (2011). Índices de escasez y de calidad del agua para la priorización de cuerpos de agua en los planes de ordenación del recurso hídrico. Aplicación en la jurisdicción de Corantioquia. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 33-45.

Kaufmann, D. (2010). The Wordwide Governance Indicators: Methodology and Analytical Issues. 1-30.

municipal., A. (2020). *Plan de desarrollo municipal 2020-2023*. Obtenido de https://samacaboyaca.micolombiadigital.gov.co/sites/samacaboyaca/content/files/000538/26869_plan-de-desarrollo-2020--2023.pdf

Stefan, D. (2009). *European Green City Index*. Obtenido de <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:fddc99e7-5907-49aa-92c4-610c0801659e/european-green-city-index.pdf>

UNESCO. (2015). *Abordar la escasez y la calidad del agua*. Obtenido de <https://es.unesco.org/themes/garantizar-suministro-agua/hidrologia/escasez-calidad>

ANEXOS