

# ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA GESTIÓN DEL AGUA EN GUANAJUATO

Hernández Soto Abigaíl (1), Delgado Galván Xitlali Virginia (2), Orozco Medina Ismael (3)

1 Ingeniería Hidráulica, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: [hsabigail95@hotmail.com](mailto:hsabigail95@hotmail.com)

2 Departamento Geomática e Hidráulica, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: [xdelgado@ugto.mx](mailto:xdelgado@ugto.mx), [gca@ugto.mx](mailto:gca@ugto.mx)

3 Departamento Geomática e Hidráulica, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: [i.orozco@ugto.mx](mailto:i.orozco@ugto.mx)

## Resumen

Es responsabilidad de los municipios brindar el servicio de agua potable, drenaje, alcantarillado y disposición de las aguas residuales. Guanajuato cuenta con 46 municipios, de los cuales 37 Organismos Operadores tienen con personalidad jurídica y nueve son parte de la administración municipal. La Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG) creó en 1995 el Sistema de Información de Organismos Operadores (SIOO), que tiene como objetivos conocer las condiciones en las que se opera el servicio de agua potable y saneamiento, medir resultados y servir de base en los procesos de toma de decisiones. El presente trabajo utiliza la información del SIOO publicada en el Diagnóstico Sectorial de Agua Potable y Saneamiento para la creación de un índice global de gestión. El cual fue diseñado utilizando lógica difusa y jerarquía analíticas. Este índice se propone para medir los efectos de la gestión de los servicios prestados por los Organismos Operadores en base a cinco indicadores: población atendida, asignación utilizada, ganancia unitaria, costos y eficiencia. Los resultados sirven como medio de comparación y pueden motivar a la implementación de buenas prácticas que llevan a cabo los Organismos Operadores mejor calificados en el estudio.

## Abstract

It is the responsibility of municipalities to provide potable water service, drainage, sewage, treatment and disposal of wastewater. Guanajuato has 46 municipalities, 37 have legal entities and nine are part of the municipal administration. The State Water Commission of Guanajuato (CEAG) created in 1995 the information System of Water Utilities (SIOO), whose objectives are to know the conditions of potable water and sanitation service are operated, measure results and serve as a basis in the decision-making process. The present work uses the information of the SIOO published in the Sectorial Diagnosis of Potable Water to create a global management index. The index was designed using fuzzy logic and analytic hierarchy process. This index is proposed to measure the effects of management of services provided by water utilities based on five indicators: population served, water used, profit, costs, and efficiency. The results serve as a comparison or benchmarking and can motivate the implementation of good practices carried out by the best-qualified utilities in the study.

### Palabras Clave

índice; lógica difusa; jerarquías analíticas; gestión; organismos operadores

## INTRODUCCIÓN

Basándose en la constitución política de los estados unidos mexicanos en lo que marca el artículo 115, título quinto, fracción III: “Los municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos siguientes: Agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales...Sin perjuicio de su competencia constitucional, en el desempeño de las funciones o la prestación de los servicios a su cargo, los municipios observarán lo dispuesto por las leyes federales y estatales...los municipios, previo acuerdo entre sus ayuntamientos, podrán coordinarse y asociarse para la eficaz prestación de los servicios públicos o el mejor ejercicio de las funciones que les correspondan...”[1] Con lo que queda establecido que el municipio es el encargado de brindar y prestar los servicios básicos de agua potable y saneamiento a su población, dentro de sus límites territoriales.

La medición de la eficiencia de manera general se ha relacionado con el tema de la calidad, definido tradicionalmente en términos de cumplimiento de estándares, como medida de desempeño que se centran en parámetros tales como defectos de calidad o costos de un producto [2]. Los trabajos sobre medición de la eficiencia en la industria del agua que se desarrollaron entre 1960 y 1970 eran de naturaleza econométrica. El rendimiento se cuantificó considerando el costo y la función de producción [3].

SIOO usa un comparativo de indicadores de desempeño, también llamado benchmarking para la mejora de los organismos operadores. El benchmarking es una técnica que ha ido desarrollándose rápidamente en América Latina y en el mundo entero en los últimos años. Para efectuar benchmarking se deben compartir resultados, analizar información, recursos y enlaces con organizaciones que practican esta actividad. Las técnicas del benchmarking son una herramienta importante para documentar el desempeño histórico, hacer comparaciones entre diferentes empresas y establecer líneas básicas de comparación para mejorar el desempeño a futuro. A través de la aplicación de técnicas de benchmarking se miden determinados aspectos de la gestión y se describen en forma simplificada los resultados. Estas técnicas permiten monitorear los aspectos más relevantes de la gestión y pueden utilizarse para generar incentivos para mejorar su eficiencia. La sola exposición pública de los resultados de los análisis de benchmarking suele funcionar como un potente incentivo para que los directivos mejoren la prestación de los servicios [4]. El benchmarking permite la comparación de una empresa de agua potable consigo misma a través del tiempo o con otras empresas que realizan la misma actividad, con la finalidad de evaluar sus resultados y con ellos su gestión.

Las empresas de agua potable, al operar sin competencia directa, tienen escasos incentivos a la eficiencia y tienden naturalmente a pagar costos innecesarios, que son luego trasladados a los usuarios a través de las tarifas, o bien a toda la comunidad mediante el requerimiento de subsidios. Otra tendencia natural de regímenes monopólicos es la de relajar los niveles de eficacia en la prestación, resultados en servicios de baja calidad [4]. Hacer un mejor uso de los recursos que se usan en el sector del agua potable, tiene una implicación social, económica y ambiental. Sin embargo, el mayor aporte hacerse recae en la posibilidad de aumentar la eficiencia en el uso del agua, brindar de un mejor servicio a los usuarios del agua, e incluso, poder cubrir las necesidades de aquellos no cuentan con los servicios que prestan las empresas municipales de agua potable y alcantarillado. La recopilación de información que se realiza a través del SIOO es una herramienta que ayuda a comparar el desempeño que empresas.

## Justificación

Para el Estado de Guanajuato la dotación que se tiene establecida es de 162 litro/habitante/día, de la cual hasta un 44% se pierde por fugas [5]. Dentro de la dotación de agua que se suministra y se distribuye a la red para el consumo de los usuarios, considera las pérdidas físicas y comerciales en el sistema. Mientras que el consumo unitario promedio estatal fue de 83 litros/habitante/día para el mismo año, siendo el consumo menor a la dotación que se inyecta a la red de distribución [5].

En cualquier sistema de agua potable la eficiencia física está vinculada con los procesos de producción, conducción y distribución del agua. La eficiencia física es el indicador que representa el nivel de aprovechamiento del agua en el sistema, señala la proporción de agua extraída que es consumida por los usuarios. El valor estatal de eficiencia según PIGOO, IMTA, SEMARNAT, para el año 2015 fue de 57% [5]. El no medir el consumo de los usuarios significa no conocer, no controlar, no administrar eficientemente el sistema de agua potable. De esta forma la medición es uno de los aspectos más importantes en la administración y desarrollo técnico-financiero de un Organismo Operador.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó el análisis con datos de los diagnósticos sectoriales Agua potable y saneamiento 2015 y 2016 [5], [6]. Además, para la creación del índice global se utilizaron aportaciones de otras investigaciones y métodos de lógica difusa y jerarquías analíticas, que a continuación se describen.

### *Lógica difusa.*

El término Lógica Difusa fue utilizado por primera vez en 1974. Actualmente se utiliza en un amplio sentido, agrupando la teoría de conjunto difusos, reglas si-entonces, aritmética difusa, cuantificadores, etc. Es una lógica multi-valuada que permite representar matemáticamente la incertidumbre y la vaguedad, proporcionando herramientas formales para su tratamiento. Básicamente, cualquier problema del mundo puede resolverse como dado un conjunto de variables de entrada (espacio de entrada), obtener un valor adecuado de variables de salida (espacio de salida). La lógica difusa permite establecer este mapeo de una forma adecuada, atendiendo a criterios de significado (y no de precisión).

La lógica difusa es multi-valuada definiendo grados de pertenencia (grados de verdad). Como lógica multi-valuada, en la definición de grados de pertenencia, emplea valores continuos entre 0 (que representa hechos totalmente falsos) y 1 (totalmente ciertos). Así, la lógica binaria clásica puede verse como un caso particular de la lógica difusa. Un conjunto difuso sólo admite dos grados de pertenencia (uno y cero), en general es un conjunto con dos límites difusos que va desde cero a uno.

La forma de verbal de representarse lo anterior, es mediante variables lingüísticas, que puede emplear modificadores para cambiar la forma de los conjuntos difusos. Estos modificadores pueden asociarse a adverbios como “muy”, “ligeramente”, “un poco”, etc... [7].

### *Jerarquías analíticas.*

El método de las jerarquías analíticas (AHP) fue desarrollado por Thomas L. Saaty, consiste en formalizar la comprensión intuitiva de problemas complejos mediante la construcción de un modelo jerárquico. El fundamento del proceso se basa en el hecho de que permite dar valores numéricos a los juicios dados por las personas, logrando medir cómo contribuye cada elemento de la jerarquía al nivel inmediatamente superior del cual se desprende. Para estas comparaciones se utiliza la escala desarrollada por Saaty, que va de importancia absoluta (9) a indiferencia (1), con sus correspondientes valores intermedios. Las comparaciones entre pares se cuantifican mediante esta escala a disposición de quien toma las decisiones. La escala relaciona un conjunto de opiniones verbales y una serie discreta de números, los cuales representan la importancia o el peso de las opiniones verbales. El primer paso consiste en que el experto realice una comparación entre pares de elementos. Al realizar comparaciones por pares entre los elementos involucrados, y partiendo de la escala de valores, se construye una matriz cuadrada y positiva (de elementos positivos),  $A_{n \times n} = (a_{i,j})$ , donde  $a_{i,j}$  representa la comparación entre el elemento  $i$  y el elemento  $j$  a partir de los valores de la escala de Saaty;  $n$  es el número de elementos comparados [8].

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el análisis del índice global de gestión se tomaron en cuenta las siguientes características, con el porcentaje asignado según el método de jerarquías analíticas (AHP):

- Población atendida (13%).
- Asignación (7%).
- Ganancia (20%).
- Costos (21%).
- Eficiencia (34%).

La población atendida es el número de personas beneficiadas por los servicios antes mencionados que brinda un Organismo Operador. Este valor se obtuvo considerando valores de población total tomados del INEGI [9] y los usuarios atendidos por el organismo operador, por lo cual, los porcentajes son diferentes a los reportados por cada organismo operador.

La asignación, es el volumen asignado por CONAGUA menos el volumen total extraído en  $m^3$ , este varía en cada municipio pues, los  $m^3$  que se extraen son diferentes. Con este valor podemos definir si el organismo operador hace uso eficiente del agua asignada, si tiene disponibilidad para el aumento de la oferta, o por el contrario, si ha excedido su volumen asignado.

La ganancia es  $\$/m^3$  que dispone el Organismo Operador, está conformado por la tarifa promedio del servicio de agua menos el costo unitario de producción. Este valor nos da una idea de los beneficios por cada  $m^3$ .

Los costos \$, son la erogación que se generan por el personal y por la energía eléctrica para el bombeo de agua. Dos de los principales costos que impactan en la operación de las empresas de agua potable.

La eficiencia, es la suma de la eficiencia: comercial, física y global. Tema esencial en la operación de los sistemas operadores y cuyo interés fundamenta la gestión de su trabajo cotidiano.

Se aplicó el límite difuso para cada valor obtenido en cada una de las características correspondientes para cada municipio, los valores que se asignaron fueron de 0 a 1, correspondiendo 1 al valor más alto o más cercano, mientras que 0, al valor más bajo o cercano a este, los valores intermedios entre el valor más alto y más bajo se les asignó la ponderación de 0.25, 0.50 y 0.75, quedando dentro de los límites del conjunto difuso (para los costos, se tomó una interpretación de: más cerca de 1 es menos eficiente y por lo contrario para 0). Obteniendo así un valor difuso. Para obtener el % de cada característica, se utilizó el método de jerarquías analíticas. Y para el índice global, se multiplicó el % asignado a cada característica por cada valor obtenido para cada municipio. Obteniendo los resultados de la Tabla 1, ordenados de mayor a menor según el índice global obtenido con su respectivo municipio al que corresponde cada valor.

Tabla 1. Índices globales para cada municipio del Estado de Guanajuato.

Municipio	Índice global
León	0.93
Guanajuato	0.76
San Fco. del Rincón	0.72
Cortazar	0.72
Celaya	0.68
Jaral de Progreso	0.66
Purísima del Rincón	0.65
Ocampo	0.65
San Diego de la Unión	0.64

Municipio	Índice global
San Luis de la Paz	0.62
Salamanca	0.62
Moroleón	0.61
Dolores Hidalgo	0.61
Allende	0.60
Coroneo	0.59
Uriangato	0.59
Irapuato	0.59
Valle de Santiago	0.59

Municipio	Índice global
Romita	0.53
Acámbaro	0.53
Huanímaro	0.53
Santiago Maravatío	0.51
Salvatierra	0.51
Jerécuaro	0.49
Comonfort	0.46
Tarimoro	0.45
Cuerámbaro	0.45

Apaseo el Grande	0.64
Doctor Mora	0.63
Cd. Manuel Doblado	0.63
Sílao de la Victoria	0.63
Villagrán	0.62

Sta. C. de J. Rosas	0.58
Tarandacuaio	0.56
San José Iturbide	0.56
Apaseo el Alto	0.56
San Felipe	0.55

Pénjamo	0.44
Abasolo	0.44
Victoria	0.37
Tierra Blanca	0.35
Yuriria	0.33

## CONCLUSIONES

En este trabajo se obtiene un índice global de gestión para cada municipio del Estado, que se puede interpretar como un benchmarking, que refleja la forma en la que está operando la red de distribución, evaluando los diferentes indicadores que hay en cada Organismo Operador, este índice nos muestra la gestión de los organismos operadores respecto al porcentaje de población atendida, capacidad de aumentar la oferta, los beneficios económicos por cada m<sup>3</sup>, costos, y eficiencia.

La CEAG se apoya en el SIOO para identificar en qué condiciones reales opera una red y los valores obtenidos en el análisis sobre el índice global, permiten comparar los resultados e identificar qué municipios cuentan con una buena y mala gestión dentro de los Organismos Operadores. Obtener un valor alto significa que se cuenta con una buena gestión en la administración, con ello hay una eficiencia, lo que refleja una calidad y por lo contrario con un valor bajo, implica que hay desde uno a varios indicadores que están fallando en la gestión. Este índice ayuda a tomar decisiones para los directivos en cuanto a incentivos de mejoras para el Organismo Operador para brindar un mejor servicio a sus usuarios.

## REFERENCIAS

- [1] Constitución política de los estados unidos mexicanos, Constitución publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de febrero de 1917, Cámara de diputados del h. congreso de la unión. Secretaría General, Secretaría de Servicios Parlamentarios, Última Reforma DOF 16-09-2017, Pags. 109, 110,111.
- [2] Nogueira Vilanova MR; Magalhães Filho P; Perrella Balestieri JA. (2015) Performance measurement and indicators for water supply management: Review and international cases, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 43, March, Pages 1-12, ISSN 1364-0321, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.043>.
- [3] Abbott M, Cohen B. (2009) Productivity and efficiency in the water industry. Utilities Policy, volumen 17, Issues 3-4, September-December, pages 233-244, ISSN 0957-1787, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jup.2009.05.001>.
- [4] ADERASA (Asociación de entes reguladores de agua potable y saneamiento de las Américas) (2012) Informe anual. pp. 58. Recuperado de: [http://www.ib-net.org/docs/aderasa\\_2012.pdf](http://www.ib-net.org/docs/aderasa_2012.pdf)
- [5] Diagnóstico Sectorial Agua Potable y Saneamiento 2015, Gobierno del Estado de Guanajuato, Comisión Estatal del Agua.
- [6] Diagnóstico Sectorial Agua Potable y Saneamiento 2016, Gobierno del Estado de Guanajuato, Comisión Estatal del Agua.
- [7] Gonzales Morcillo Carlos, Lógica difusa una introducción práctica, Técnicas de Softcomputing
- [8] Delgado Galván Xitlali, Izquierdo Joaquín, Benítez Julio, Pérez Rafael, Martínez Jesús, Un proceso de toma de decisiones basado en la experiencia para problemas de Ingeniería, Universidad Politécnica de Valencia, Universidad de Guanajuato.
- [9] INEGI, Información por entidad, Guanajuato, Población, consultado el día 15 de Junio del 2018: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/gto/poblacion/default.aspx?tema=me>