

## Universidad Politécnica de Cartagena

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos y de  
Ingeniería de Minas

*Máster Universitario en Ciencia y Tecnología del Agua y del Terreno*

### **Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación dos redes de alcantarillado tipo.**

*Trabajo Fin de Máster*

**AUTORA:**

Janibel Hurtado Batista

**DIRECTOR:**

Dr. Juan Tomás García Bermejo

Cartagena, Septiembre de 2017

## ÍNDICE

RESUMEN.....	2
ABSTRACT.....	3
1. ANTECEDENTES. EL POR QUÉ DE ESTE PROYECTO .....	4
2. INTRODUCCION A LOS INDICADORES DE GESTION COMO HERRAMIENTAS PARA EL MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE SANEAMIENTO.....	6
A) Indicadores Operativos.....	7
B) Indicadores Económicos .....	7
C) Medios Humanos y Mecánicos .....	7
D) Indicadores Medioambientales.....	8
E) Indicadores de Gestión de la Calidad.....	8
F) Planificación.....	8
3. RECOPIACIÓN DE INDICADORES DE GESTIÓN PROPUESTOS EN DIFERENTES SISTEMAS DE SANEAMIENTO .....	10
4. ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE LA INFLUENCIA DE LAS CARACTERISTICAS DE LA RED DE SANEAMIENTO EN LOS INDICADORES.....	18
5. DEFINICION DE LA FORMA DE CÁLCULO DE CADA INDICADOR .....	24
6. INFORMACIÓN DE PARTIDA NECESARIA PARA DEFINIR LOS INDICADORES ..	28
7. ALGUNOS EJEMPLOS DE USO DE INDICADORES EN REDES DE ALCANTARILLADO. CASO DEL BENCHMARKING EUROPEO 2016 .....	31
8. ASIGNACION JUSTIFICADA DE PORCENTAJE DE CONSECUION DE CADA INDICADOR DENTRO DE LA GESTION DE UN SISTEMA DE SANEAMIENTO.....	32
9. EJEMPLOS DE AUDITORIA A DOS SISTEMAS DE SANEAMIENTO. CASO DE DOS SISTEMAS DE SANEAMIENTO TIPO .....	43
10. CONCLUSIONES .....	66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67

## RESUMEN

*El presente trabajo propone una herramienta que permite evaluar diversos aspectos de la gestión, el mantenimiento y la conservación de las redes de saneamiento. Esta herramienta se basa en la aplicación y evaluación de una serie de indicadores. A estos indicadores se les asigna un grado de cumplimiento y, a continuación, un peso en función de su importancia. El grado de cumplimiento de cada indicador depende del valor alcanzado por el indicador y está en base a lo que se considera como óptimo para una red de saneamiento. Se trata de esta forma de una herramienta que permite obtener una valoración, en forma de nota, del grado de calidad de la gestión y el mantenimiento de una red de saneamiento, permitiendo así conocer de forma rápida dónde es posible mejorar. Los indicadores facilitan la gestión de cualquier sistema que se esté operando. Estos indicadores pueden ser valores, unidades, índices, series estadística, etc., tratándose así de la expresión cuantitativa del comportamiento o el desempeño de toda una organización y de cada una de sus partes, cuya magnitud al ser comparada con algún nivel de referencia, puede estar señalando una desviación sobre la cual se podrán tomar acciones correctivas o preventivas según el caso.*

*Este trabajo recoge los indicadores que permiten evaluar tanto la gestión de las redes de saneamiento, como su diseño, su estado actual, la vida útil de la mismas, entre otros. Los indicadores se agrupan en seis grandes grupos: i) operativos; ii) económicos; iii) medios humanos y mecánicos; iv) medioambientales; v) calidad y vi) planificación.*

*El proyecto aplica dicha herramienta a dos redes de alcantarillado consideradas tipo para permitir visualizar los resultados de la herramienta.*

*Así, la herramienta de auditoría propuesta en el presente trabajo puede constituir una eficaz herramienta que permite al profesional responsable de la red de saneamiento poder conocer los riesgos y debilidades de la misma.*

## ABSTRACT

*Present work proposes a tool to evaluate several aspects of the management, maintenance and conservation of sewer networks. This tool is based on the application and evaluation of a series of performance indicators. A degree of compliance is assigned to these performance indicators and then a weight according to their importance. The degree of compliance of each indicator depends on the value reached by the indicator and is based on what is considered optimal for a sanitation network. This tool allows an assessment, in the form of a grade, of the quality of the management and the maintenance of a sanitation network, allowing, in a fast way, to know where it is possible to improve. The indicators facilitate the management of any system that is in operation. These indicators can be values, units, indexes, statistical series, etc. These give a quantitative expression of performance of an entire organization and each of its parts. These magnitudes can be compared with some reference level, and may indicate a deviation on which corrective or preventive actions may be taken.*

*This work includes the indicators that allow to evaluate both the management of sewer networks, as well as their design, their current status, and their useful life, among others. The indicators are grouped into six major groups: (i) operational; ii) economic; iii) human and mechanical means; iv) environmental measures; v) quality and vi) planning.*

*The project applies this tool to two sewerage networks considered as a reference to allow the visualization of the results of the tool.*

*Thus, the audit tool proposed in the present work can be an effective tool that allows the professional responsible for the sanitation network to know the risks and weaknesses of the same.*

## 1. ANTECEDENTES. EL POR QUÉ DE ESTE PROYECTO

El sistema de alcantarillado es el encargado del transporte de las aguas residuales de los hogares y el agua pluvial, a la planta de tratamiento de agua residual. Es parte del sistema integrado de aguas residuales urbanas, que también está compuesto por la planta de tratamiento de aguas residuales y las aguas receptoras.

Los dos tipos de redes de alcantarillado más habituales que se encuentran en los sistemas de saneamiento son las unitarias y las separativas. Una red de alcantarillado unitaria transporta aguas residuales en tiempo seco, y aguas residuales y pluviales mezcladas en tiempo de lluvia; mientras que una red de alcantarillado separativa tiene conducciones independientes para las aguas residuales y para las aguas pluviales.

La construcción de las primeras redes de saneamiento puso de manifiesto que, aunque contribuían a reducir el número de puntos de vertido mejorando las condiciones locales, se producía una mayor concentración de la contaminación sobre unos pocos lugares de vertido final, lo que originó inmediatamente un agravamiento del estado de los ríos, produciendo condiciones higiénicas y ambientales inaceptables. La sugerencia inicial fue utilizar el agua residual para riego agrícola, con lo cual se proponía el primer sistema de tratamiento y se completaba el anterior concepto de saneamiento, basado en la recogida y transporte del agua residual, con el de su depuración.

Los contaminantes transportados en el sistema de alcantarillado tienen dos fuentes principales: los excrementos humanos (orina y heces) y el ambiente antropogénico (por ejemplo, industria, tráfico, contaminación atmosférica, etc.). Debido a eso, la contaminación en el sistema de alcantarillado también puede dividirse en las dos corrientes principales, el agua de lluvia y el agua sucia de origen humano, industrial y comercial.

Debido a la variedad en la calidad del agua que transportan las tuberías de aguas residuales, estas suelen sufrir cambios y presentar problemas en el transcurso de su vida útil. Por lo que es necesario darle seguimiento continuo a aspectos generales de red, como son, el tipo de material de las tuberías, el caudal que transportan, limpieza de la red, entre otros.

Dentro de las preocupaciones más comunes presentes en una red de alcantarillado podemos citar:

- Corrosión de elementos metálicos dentro de la red, como equipos de bombeo, compuertas, peldaños de los pozos de registro o pates.
- Corrosión de conducciones de hormigón como consecuencia de la acción de ácidos generados en el interior de las propias redes de saneamiento, como es el caso del ácido sulfhídrico.
- Insuficiencia en la capacidad hidráulica de los colectores durante los episodios de lluvia lo que provoca el vertido de caudales al medio receptor con la consiguiente afección al mismo.

*“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”*

*Autora: Janibel Hurtado Batista*

---

- Generación en el agua residual de gases perjudiciales para el personal, como el ácido sulfhídrico, que además generan malos olores en la superficie de la calle
- Insuficiencia de la capacidad portante del colector o del alcantarillado. La puesta en carga puede producir roturas de bóvedas, y dar origen a la formación de socavaciones bajo el pavimento.
- Erosiones en tramos por excesiva velocidad de las aguas debido al empleo de pendiente inadecuada.
- Sedimentaciones importantes, que obligan a limpiezas más periódicas, debido al empleo de pendientes muy bajas.
- Pérdidas de agua por juntas inadecuadas.
- Introducción de aguas exteriores por juntas inadecuadas.

Igualmente desde el exterior de la red pueden producirse interrupciones en el Sistema, que afecten el funcionamiento del mismo. Como por ejemplo:

- Rotura en los conductos por penetración de raíces
- Asentamientos por otras construcciones próximas
- Perforación por pilotaje o roturas por excavaciones.
- Utilización de los pozos de registro como vertederos de residuos sólidos. Generándose obstrucciones y sedimentaciones, disminuyendo la capacidad portante de los conductos.
- Conexiones defectuosas de las acometidas, que muchas veces obstruyen la red municipal, disminuyendo la capacidad portante, e impiden el desarrollo de un mantenimiento normal.

Estos y otros problemas son muy comunes en los sistemas de saneamiento y alcantarillado, sin embargo se pueden tomar medidas para tratar de evitarlos. Una buena gestión de la red impediría que se dieran muchos de los casos antes mencionados, lo que al mismo tiempo reduciría el coste de mantenimiento de la misma.

Existen situaciones en las que, debido a fenómenos naturales, si las tuberías son antiguas y están en mal estado, estas no soportan la presión que generan las obstrucciones debido al deslizamiento de lodos. Aunque los fenómenos naturales no se pueden evitar, el seguimiento continuo del estado de las redes de agua tanto potable como residual, así como el mantenimiento preventivo de manera periódica, pueden reducir los daños provocados por estos fenómenos.

La gestión de las aguas residuales comprende el manejo de los residuos y aguas residuales desde el lugar de generación hasta el lugar de reutilización o disposición final. Los sistemas de saneamiento tienen como finalidad proteger a la población y al ambiente, por medio de la combinación de diferentes unidades funcionales que en conjunto permiten el manejo, reutilización o disposición de diferentes flujos residuales de hogares, instituciones, agricultura o industrias. Con la finalidad de que los sistemas de saneamiento funcionen de una manera segura, se debe

garantizar conocimiento técnico de la instalación de las unidades funcionales, así como también su manejo, operación y mantenimiento.

Se observan una numerosa variedad de cuestiones de importancia a tener en cuenta dentro de la gestión y el mantenimiento de las redes de saneamiento. Para poder atender todas estas cuestiones se considera que el uso de una serie de indicadores de gestión puede ser de gran ayuda. Así, estos indicadores pueden arrojar de una forma rápida una primera valoración del grado de calidad de la gestión de una red de alcantarillado. De esta forma, el presente proyecto propone un sistema de indicadores, a partir de cuya valoración, se pueda establecer el grado de calidad de la gestión de una red de alcantarillado.

## 2. INTRODUCCION A LOS INDICADORES DE GESTION COMO HERRAMIENTAS PARA EL MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE SANEAMIENTO

Los sistemas de saneamiento tienen como objetivo recoger agua contaminada y conducirla fuera de los núcleos urbanos, de forma que no suponga ningún peligro para la salud humana, a la vez reducir su nivel de contaminación y devolverla de forma adecuada al medio acuático natural (CEDEX, 2008). Para que esto suceda de forma correcta es necesario la gestión adecuada de la red de saneamiento. Una forma de asegurar que la gestión de la red de saneamiento es adecuada consiste en cuantificar cada una de las magnitudes físicas asociadas a la gestión. A partir de estas mediciones se pueden establecer indicadores a partir de los cuales justificar la gestión optimizada de dicha red.

Los sistemas de Indicadores de Gestión (IG) han demostrado ser una herramienta sumamente útil para suplir la falta de competencia, ya sea para los directivos de las empresas, que tienen la responsabilidad de la operación, como para quienes tienen la misión de controlar el cumplimiento eficiente de los compromisos asumidos y fijar nuevas metas a futuro (DAPSAN, 2012)

Cada indicador engloba una serie de parámetros claves que ayudan a comprobar que la gestión de una red de saneamiento sea lo más efectiva posible. En el presente trabajo, tanto los indicadores como los parámetros estarán representados por un código, expresado por las iniciales del indicador y un número en secuencia.

El uso de los indicadores nombrados a continuación, ayudará a alcanzar un mejor servicio de mantenimiento en el sistema de saneamiento, sirviendo como herramienta para ordenar, supervisar y regular tanto las actividades de la red de alcantarillado, como el funcionamiento de la misma.

La evaluación continua de estos indicadores en una red de saneamiento, nos permitirá comprobar si estamos realizando o no una gestión adecuada. Es por esa razón que el presente trabajo propone una serie de indicadores de gestión a lo que se asigna un peso en función de la importancia dentro de la gestión con la intención de obtener una puntuación global que ayude a determinar si la red está funcionando correctamente.

#### A) Indicadores Operativos

Los indicadores operativos son aquellos relacionados con la gestión adecuada de los procesos a realizar en cualquier sistema de operación. En cuanto a las redes de saneamiento y alcantarillado podemos mencionar los siguientes indicadores (Muñoz, A. H., 2007):

- Op-1: Inspección de red de Alcantarillado
- Op-2: Inspección de Pozos de acceso
- Op-3: Limpieza de Alcantarillado
- Op-4: Limpieza de Imbornales
- Op-5: Inspección estación de Bombeo. Incluye limpieza de cántara y extracción y revisión de bombas
- Op-6: Rehabilitación red de alcantarillado
- Op-7: Renovación red alcantarillado
- Op-8: Obstrucciones en la red
- Op-9: Puntos de red con sensorización para avisos de fallo
- Op-10: Inspección de Tuberías Mediante Robots y cámaras

#### B) Indicadores Económicos

En toda actividad realizada por el hombre existen factores económicos que determinan el coste de operación, ejecución y en algunos casos costes de mantenimiento de dicha actividad. Estos indicadores pueden aparecer de manera directa o indirecta y suelen estar presentes en cualquier momento de la gestión.

Los indicadores económicos a tomar en cuenta para la correcta gestión de una red de saneamiento y alcantarillado suelen estar definidos principalmente, en función de la población total para la que se gestionen las aguas residuales y la vida útil de la red, que depende del tipo de material usado para su construcción. Siendo los más importantes:

- Ec-1: Inversiones para Mantenimiento
- Ec-2: Ingresos

#### C) Medios Humanos y Mecánicos

Bien se sabe que para una adecuada gestión es necesario contar con medios humanos cualificados que trabajen de forma eficiente y segura. Sin embargo, con los avances tecnológicos se han creado una serie de herramientas o medios mecánicos que junto con el personal de trabajo ayudan a aumentar la calidad de los resultados obtenidos.

Esta combinación de medios humanos y mecánicos nos exige considerar los siguientes indicadores:

- P-1: Total empleados trabajando
- P-2: Empleados con Formación Universitaria
- P-3: Empleados no Universitario
- P-4: Empleados vacunados
- P-5: Accidentes Laborales
- P-6: Km limpiados por camión
- P-7: Evaluación de tuberías con GIS

#### D) Indicadores Medioambientales

Toda obra civil o hidráulica conlleva un estudio de impacto ambiental previo a su construcción, de igual forma la gestión de una red de saneamiento presenta una serie de indicadores ambientales a tomar en cuenta durante y después de su construcción. Estos indicadores próximos a mencionar, permiten controlar la calidad de los vertidos que salen de la red hacia las depuradoras.

- MA-1: Sedimentos Extraídos
- MA2- Desbordamientos
- MA-3: Control de Vertidos por empresas auditadas
- MA-4: Control de Vertidos

#### E) Indicadores de Gestión de la Calidad

La calidad de un producto o servicio va determinada por la eficiencia que presente la empresa que ofrece dicho producto o servicio frente a cualquier situación que se presente. Partiendo de esto podemos definir los siguientes indicadores de calidad para una buena gestión de una red de saneamiento y alcantarillado:

- CA-1: Reclamaciones recibidas
- CA-2: Respuestas a las reclamaciones (%)
- CA-3: Poblacion Conectada a la Red (%)
- CA-4: Reclamaciones Resueltas (%)

#### F) Planificación

La gestión de una red de saneamiento debe contar con una planificación previa, que contemple todas las normas, reglamentos y planes que permitan reaccionar ante cualquier eventualidad o situación que se presente en la red. Los parámetros a tomar en cuenta para una buena planificación son:

- Pl-1: Normativa Ordenanza de Vertidos
- Pl-2: Reglamento/Ordenanza construcción nuevas redes y acometidas

*“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”*

*Autora: Janibel Hurtado Batista*

---

- Pl-3: Reglamento Fiscal Sancionador
- Pl-4: Plan de gestión de riesgos e inundación
- Pl-5: Plan Renovación de red a medio plazo
- Pl-6: Plan desbordamientos episodios de lluvia
- Pl-7: Plan mantenimiento preventivo elementos electromecánicos
- Pl-8: Modelo hidráulico de la red

### 3. RECOPIACIÓN DE INDICADORES DE GESTIÓN PROPUESTOS EN DIFERENTES SISTEMAS DE SANEAMIENTO

En este sub apartado se definen cada uno de los parámetros que conforman los indicadores de gestión para los sistemas de saneamiento, con el fin de que el ingeniero civil o profesional a cargo, tome en consideración los elementos que le permitan definir el estado de la red de saneamiento y alcantarillado.

El detalle de las fórmulas de cada uno de los indicadores se incluye en apartados sucesivos. El libro ‘Saneamiento y alcantarillado: vertidos de aguas residuales’ (Muñoz, A. H., 2007) y el Manual de Gestión de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario (DAPSAN, 2012), han servido como guía para la elección de los indicadores utilizados en este trabajo.

#### **Indicadores Operativos**

- **Op-1: Inspección de red de Alcantarillado**

La finalidad de la inspección de las redes de alcantarillado es el de tener conocimiento del estado de conservación, a través del tiempo, de los diversos componentes que conforman las redes y en especial las tuberías de drenaje. Dicha inspección se evaluará en función de los kilómetros de red inspeccionados respecto a la longitud total de la red y será expresado en porcentaje por año (%/año).

- **Op-2: Inspección de Pozos de acceso**

Los pozos de registro son unos elementos complementarios muy característicos de las redes de saneamiento y drenaje urbano cuya finalidad básica es facilitar las tareas de explotación y mantenimiento de tales redes. Este parámetro se evaluará partiendo de la cantidad de pozos inspeccionados en el periodo del año que se esté auditando, en relación con el total de pozos existentes a lo largo de toda la red.

- **Op-3: Limpieza de Alcantarillado**

Los sólidos acumulados en los sistemas de alcantarillado constituyen grandes problemas de reducción de la capacidad de alcantarillado y una fuente de contaminación durante los eventos de desbordamiento en los cursos de agua. Por lo que las labores de mantenimiento o limpieza de la red deben hacerse con regularidad.

- **Op-4: Limpieza de Imbornales**

Los imbornales o sumideros son los encargados de recoger principalmente agua pluvial y agua procedente de la limpieza de las calles por lo que suelen llenarse mucho de basura y obstruir el paso del agua hacia la red. La limpieza regular de sumideros evita que las calles se inunden y

permite que el desagüe de la lluvia fluya correctamente. Es importante que al menos más del **50%** de los imbornales existentes sean limpiados, por lo que para evaluar este parámetro vamos a tomar en cuenta la cantidad de sumideros que tiene la red y el número de sumideros que son limpiados al año.

- **Op-5: Inspección estación de Bombeo**

Las estaciones de bombeo son instalaciones construidas y equipadas para transportar el agua residual del nivel de succión o de llegada a las unidades de tratamiento, al nivel superior o de salida de la misma, por lo que es de suma importancia tener controlado el caudal que pasa por ellas, para hacer esto es necesario la inspección continua de las estaciones. La frecuencia con que se deben inspeccionar las estaciones de bombeo se va a determinar sabiendo la cantidad exacta de estaciones que componen la red y las que se han inspeccionado en el periodo de medida.

- **Op-6: Rehabilitación red de alcantarillado**

Con la rehabilitación de tuberías se pretende devolver a las mismas su funcionalidad sin necesidad de construir una nueva red. Un motivo de rehabilitación es el de restaurar la capacidad hidráulica de una tubería que ha sido afectada negativamente por corrosión interior, aumento de la rugosidad, disminución de diámetro, filtraciones, extendiendo así su vida útil. Esta aplicación se hace solo si se ha rehabilitado algún tramo de la red en el periodo que se está auditando y de expresa en función del porcentaje rehabilitado al año.

- **Op-7: Renovación red alcantarillado**

Las redes de saneamiento y alcantarillado alrededor del mundo, fueron creadas hace siglos, por lo que muchas infraestructuras siguen siendo las mismas quizás con algunas pocas modificaciones, siendo esta la razón de los problemas en la mayoría de los casos. La renovación de las redes es una actividad importante dentro de la gestión de los sistemas de saneamiento, es necesario que se haga una inspección constante y renovar al instante los tramos que lo requieran.

- **Op-8: Obstrucciones en la red**

Una de las funciones más importantes en el mantenimiento de un sistema de alcantarillado es la remoción de obstrucciones. Las causas más frecuentes de estas son: grasas, trapos, plásticos, vidrios, raíces, arenas y piedras. Este parámetro analiza el número de obstrucciones en la red producida en el periodo de análisis.

- **Op-9: Puntos de red sin sensorización para avisos de fallo**

Debido a la extensa longitud de muchas redes de saneamiento, se dificulta la inspección de los puntos de difícil acceso, sin embargo debido a los avances tecnológicos, es posible detectar fallos a través de la colocación de sensores en la red, que aparte de los fallos también nos avisan sobre los niveles de aguas máximos, evitando así posibles inundaciones.

- **Op-10: Inspección de Tuberías Mediante Robots y cámaras**

Los avances tecnológicos existentes en la actualidad podrían facilitar la gestión de los sistemas de saneamiento, un ejemplo de esto, es la inspección de las tuberías mediante cámaras y robots. Estos dispositivos son capaces de introducirse en las tuberías y moverse a través de estas para la medición de nivel de aguas, de velocidad de la corriente, la medición de parámetros de calidad, transmisores de datos, diagnóstico posterior, (Hernández, A, 2007), entre otras determinaciones que ayudan a que el ingeniero o técnico encargado de la inspección pueda comprobar con mayor rapidez si hay alguna falla y la ubicación de la misma, facilitando así adoptar acciones rápidas y prevenir situaciones que pudieran crear perturbaciones en el funcionamiento correcto de la misma.

### **Indicadores económicos**

- **EC-1: Inversiones**

En un sistema de saneamiento podemos tener diferentes tipos de inversiones, las que van desde la etapa inicial de construcción, hasta las inversiones hechas para renovación, reparación y mantenimiento de la red. Las inversiones se refieren al capital invertido en mejoras de instalaciones y procesos operativos de la red, específicamente para mantenimiento.

- **Ec-2: Ingresos**

El parámetros de los ingresos nos va a ayudar a hacer una estimación de lo que se recupera al gestionar una red, para ello es necesario relacionar la cantidad de personas que están conectadas a la red y el costo de gestión de agua residual.

### **Medios Humanos y Mecánicos**

- **P-1: Total Empleados trabajando**

La cantidad de personas que se dedicarán a los trabajos de operación y mantenimiento de las redes de alcantarillado debe ser adecuada a la extensión del sistema y al tipo de trabajo que se realizará, es difícil dar cifras adecuadas sobre la necesidad de personal, cada caso deberá ser evaluado particularmente.

- **P-2: Empleados con Formación Universitaria**

Se refiere al total de empleados con formación universitaria relacionados con la gestión del saneamiento. En esta clasificación entran los ingenieros, técnicos, y personal relacionados con tareas de administración, encargados de gestionar la red en su totalidad, incluyendo la gestión de los costes, equipos materiales y el resto del personal.

- **P-3: Empleados no universitario**

Los empleados con formación no universitaria dentro de una empresa que maneje un sistema de saneamiento, son aquellos que a pesar de no poseer algún título universitario juegan un papel muy importante dentro de la gestión de la red, estos son los operadores, capataces y encargados de limpieza y mantenimiento del alcantarillado y vías públicas.

- **P-4: Empleados vacunados**

Todo empleado que entra en contacto de manera directa o indirecta con el agua residual debe estar vacunado, esto para evitar enfermedades sobre todo de tipo infecciosas que podrían estar presentes en el agua transportada por la red. Pertenecen a este grupo principalmente esos empleados que desempeñan su actividad en el interior de la red de alcantarillado, estaciones de bombeo y depuradoras.

- **P-5: Accidentes Laborales**

Este indicador busca medir la frecuencia con que ocurren los accidentes laborales dentro de la gestión de una red de saneamiento. Se mide en función de los accidentes ocurridos anualmente, tomando como partida el periodo que se esté auditando.

- **P-6: Camiones de Limpieza**

Como es de suponer, cualquier empresa que se encargue de gestionar redes de saneamiento y alcantarillado, no solo cuenta con medios humanos para realizar las labores de limpieza y mantenimiento, es necesario también el uso de camiones, principalmente camiones mixtos, estos se encargan de succionar el agua residual y las partículas sólidas presentes, a la vez que impulsan agua limpia para retirar restos de residuos y dejar las tuberías libres de posibles obstrucciones. La cantidad de camiones empleados dependerá de la longitud de la red y claro, del presupuesto de la empresa.

- **P-7: Evaluación de tuberías con GIS**

Los Geographic Information System (GIS) o Sistemas de Información Geográfica (SIG), se han convertido en una herramienta imprescindible para la representación de los sistemas de saneamiento, permitiendo un avance muy significativo en la organización y gestión de los datos disponibles de la red. El uso en conjunto de los GIS y la visualización de los parámetros de operación permite controlar dichos parámetros, así como planear y organizar el sistema de monitoreo e inhibición de corrosión, crear planes preliminares de reemplazo de tuberías según prioridad de riesgos y la elaboración y corrección de planes de contingencia.

## **Indicadores Medioambientales**

- **MA-1: Sedimentos Extraído**

Las bajas velocidades registradas en las redes de saneamiento en determinadas zonas, bien debido a la baja pendiente longitudinal de la misma, bien al bajo caudal circulante en determinados momentos del día, o bien debido al bajo radio hidráulico, favorecen la sedimentación de los sólidos que transportan las aguas residuales.. En orden de hacer más efectivo el mantenimiento de estos sistemas, es necesario la extracción de los sedimentos que son arrastrados por el agua residual.

- **MA-2: Desbordamientos**

Los desbordamientos son uno de los efectos provocados por la falta de capacidad de la red, principalmente cuando ocurren fuertes precipitaciones. Es necesario saber la cantidad de desbordamientos ocurridos al año, para hacer una estimación y poder prevenirlos en los años siguientes. Estos desbordamientos presentan una relación con los episodios de lluvia registrados anualmente así como con la capacidad de la red.

- **MA-3: Control de Vertidos –Empresas**

Los vertidos industriales varían en su composición de acuerdo con la actividad de la industria. Algunas aguas son relativamente limpias; otras se encuentran frecuentemente cargadas de materia orgánica o mineral, o con sustancias corrosivas, tóxicas, inflamables o explosivas. Algunas son tan nocivas que no deberían admitirse en el alcantarillado público. Es por esta razón que es necesario controlar los vertidos de las empresas antes de que estos lleguen al alcantarillado.

- **MA-4: Control de Vertidos –Muestras**

Antes de que estos vertidos sean expuestos al medio receptor es necesario la realización de muestras en el laboratorio para determinar la calidad del agua y asegurar que los contaminantes presentes no van a alterar la composición natural del medio. La toma de muestra deberá tener en cuenta la variación en el tiempo del caudal y carga contaminante en valor absoluto. De igual forma debe garantizarse la no alteración de la muestra desde el momento de la toma hasta su entrada al laboratorio.

Son muchos los índices orgánicos e inorgánicos procedentes de la actividad industrial, a continuación un resumen de algunos índices que deben contemplarse, principalmente los que definan contenido en:

- Ácidos que puedan atacar al material o inhibir en los procesos
- Productos petrolíferos y grasas poco degradables
- Metales pesados: Cu, Cr, As, Cd, Pb, Hg, B, etc., tóxicos para los microorganismos que intervienen en los procesos biológicos.

- Productos radioactivos.

## **Indicadores de gestión de la calidad**

- **CA-1: Reclamaciones**

Las reclamaciones son las quejas que tienen los usuarios de la red de alcantarillado cuando ocurre alguna avería o problema que afecta las viviendas o la vía pública. Estas quejas pueden incluir roturas, malos olores desbordamientos, entre otras. Se refiere específicamente al total de reclamaciones recibidas con respecto al funcionamiento del sistema de saneamiento.

- **CA-2: Respuestas a las reclamaciones (%)**

Este parámetro va directamente relacionado con el anterior, son todas las respuestas a las reclamaciones realizadas respecto al funcionamiento del sistema de saneamiento. Es importante medir el porcentaje de las reclamaciones que reciben respuesta por parte de la empresa que gestiona la red de saneamiento y alcantarillado, esto es parte fundamental de una gestión adecuada.

- **CA-3: Poblacion Conectada a la Red (%)**

Es importante determinar el porcentaje de la población que está conectada a la red y es favorecida por el sistema de saneamiento, saber este dato nos ayudara a determinar mejor el volumen de agua que llegara a la depuradora para ser tratado.

- **CA-4: Reclamaciones Resueltas (%)**

Resolver las reclamaciones realizadas por los usuarios define el compromiso de la empresa a cargo de la gestión del agua residual con la población a la que le sirve. Este parámetro engloba todas las reclamaciones que son respondidas y resueltas en el menor tiempo posible.

## **Indicadores de Planificación**

- **PI-1: Normativa Ordenanza de Vertidos**

La industrialización creciente en España va incrementando el problema de la incorporación de agua residual industrial concentrada, siendo necesario reglamentar el límite de los vertidos, tanto en vertidos director como en su incorporación a la red de aguas residuales urbanas, obligando en su caso a pretratamientos en las industrias (Hernandez, A. 2007). Es fundamental la normativa correspondiente a la calidad de los cauces receptores. Algunas fundamentales quedan incluidas en las siguientes:

-Directiva 76/464/CEE. Contaminación generada por ciertas sustancias peligrosas. Ley de aguas 29/1985 y reglamento 11/4/86.

-Directiva 83/513/CEE. Vertidos de cadmio. Orden Ministerial 31/10/1989.

-Directiva 91/271/CEE. Tratamiento de vertidos urbanos.

-Directiva 91/676/CEE. Protección de las aguas contra la contaminación de nitratos.

- **PI-2: Reglamento/Ordenanza construcción nuevas redes y acometidas**

El diseño e instalación de nuevas redes de alcantarillado en zonas urbanas consolidadas deberá realizarse prestando una especial atención a las características particulares de las edificaciones existentes, las condiciones en que realizan su vertido, etc (EMASESA, 2013).

- **PI-3: Reglamento Fiscal Sancionador**

Basándose en los resultados de la inspección, análisis, controles o cualquier otra prueba que en su caso se hubiera realizado, el Ayuntamiento resolverá lo que proceda. Las resoluciones, que serán comunicadas al interesado, contendrán los resultados obtenidos y las medidas a adoptar si las hubiera.

- **PI-4: Plan de gestión de riesgos e inundaciones**

Los riesgos siempre estarán presentes en todo el periodo de gestión y las inundaciones muchas veces será imposible evitarlas, sin embargo si existe un plan para gestionar los riesgos y las inundaciones de manera fácil y rápida, esto podría evitar que ocurran problemas mayores.

- **PI-5: Plan Renovación de red a medio plazo**

Todo en la vida tiene una vida útil, y los materiales de construcción para redes de saneamiento no son la excepción. Crear un plan de renovación de la red a medio plazo permite alargar la vida y funcionamiento de la misma.

- **PI-6: Plan desbordamientos episodios de lluvia**

Aunque se trabaje con unos cálculos previos y un tiempo de retorno aproximado para las lluvias, debido a los cambios climáticos a los que nos enfrentamos, es común que se presenten episodios de lluvias que no estaban previstos, lo que podría ocasionar desbordamientos en los puntos de la red que no estén preparados para lluvias de “x” magnitud. Es por esta razón que se debe contar con un plan que permita gestionar y tratar de minimizar dichos desbordamientos y evitar daños al medio ambiente.

- **PI-7: Plan mantenimiento preventivo elementos electromecánicos**

Es muy importante tener en cuenta la protección térmica de ciertos elementos de la red, ya que agentes externos tales como ratas, cambio de fase en las centrales eléctricas, atrancos, etc., pueden dar lugar a averías electromecánicas innecesarias (Hernández, A. 2007).

Por ejemplo las bombas, como protección fundamental deben llevar en los motores unas sondas térmicas, en serie con relé de sobre intensidad del cuadro eléctrico exterior, para poder detectar cualquier calentamiento y evitar deterioros y la quemadura del motor.

Otra acción preventiva para las bombas es darle un baño de barniz para evitar infiltración de agua que se puedan producir.

- **PI-8: Modelo hidráulico de la red**

En la actualidad se dispone de técnicas avanzadas de modelación física de fenómenos hidráulicos que, unidas al desarrollo de instrumento de medición y equipos generadores de fenómenos a escala, permiten predecir con alto grado de certidumbre lo que pueda ocurrir en el prototipo y, por tanto, se obtienen óptimos resultados en los aspectos de funcionalidad, estabilidad y economía de las estructuras a construir. Esto justifica ampliamente la utilización de modelos hidráulicos.

El empleo de un modelo hidráulico implica establecer un programa definido de investigación experimental sobre todas las variables que intervienen, en forma particular o en grupo. Como por ejemplo SWMM, que se utiliza para la modelización de redes de saneamiento y redes de aguas pluviales. Fue uno de los primeros modelos numéricos de simulación hidrológico-hidráulica especial para drenaje urbano, y hoy en día se considera software de referencia gracias al cual se diseñan con mayor facilidad sistemas de drenaje urbano.

#### 4. ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE LA INFLUENCIA DE LAS CARACTERISTICAS DE LA RED DE SANEAMIENTO EN LOS INDICADORES

El presente proyecto propone una serie de indicadores, cuya cuantificación permite evaluar la calidad de la gestión de las redes de saneamiento. Esto supone una forma efectiva y ágil de conocer la eficiencia y la eficacia en la gestión de las redes de saneamiento. Esta filosofía de evaluación basada en indicadores se está implementando cada vez más hoy en día, sirva como ejemplo que la Unión Europea propone diversos indicadores para evaluar y asegurar la calidad de la gestión en diversos ámbitos (Benchmark, 2016).

No obstante, es necesario resaltar que existen diferencias importantes entre los diversos sistemas de saneamiento que podemos encontrarnos, atendiendo por ejemplo a la topografía de la ciudad en la que se encuentran. Así, una ciudad con elevada pendiente alcanzará valores en indicadores referentes al grado de limpieza de sus redes así como al número de obstrucciones con una mayor facilidad y con una menor cantidad de medios, si la comparamos con una ciudad situada en un valle aluvial. Lo mismo puede ocurrir si la ciudad dispone de redes separativas donde los indicadores relacionados con la contaminación al medio receptor o el número de desbordamientos son muy inferiores a las de aquellas con redes unitarias. Así, aunque los indicadores se aplican de igual forma a todos los sistemas de saneamiento, es necesario tener en cuenta que ciertos sistemas requieren un esfuerzo mucho mayor para alcanzarlos que otros. De todas formas estas diferencias deberán quedar reflejadas en otros indicadores como por ejemplo los indicadores de tipo económico, o en otros técnicos como la cantidad de toneladas de fango extraídas al año de las redes de saneamiento.

El documento propone, además de una serie de indicadores, un baremo para definir el grado de consecución de cada indicador. Además le da un peso a cada indicador respecto al resto de indicadores. Se propone pues un sistema de auditoría interna de la gestión de las redes de saneamiento. Este ejercicio, que requiere de un gran conocimiento de la gestión de los sistemas de saneamiento, y del concierto de administraciones y empresas dedicadas a dicha gestión, se ha realizado en el presente proyecto y pudiera servir como punto de partida para proponer un sistema que sirviera para dotar a los gestores de una herramienta de auditoría que permita de forma rápida definir los puntos de mejora de la red y poder ayudar así a dirigir las posibles inversiones y esfuerzos técnicos necesarios.

Debido a la explotación continua de la redes de saneamiento es necesario el control y monitoreo de la misma, lo que implica darle seguimiento a todos los indicadores antes mencionados, puesto que estos determinan si la gestión de la red está siendo efectiva o no. El análisis de cada uno de los indicadores va a depender de una serie de características de la red como son el tipo de material

“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”

Autora: Janibel Hurtado Batista

empleado, el diámetro de las tuberías, el caudal que pasa a través de la red, la población y la pendiente del terreno, entre otros.

En primer lugar es necesario considerar algunos aspectos constructivos, como por ejemplo, que las redes de saneamiento deberán instalarse a una separación suficiente de las edificaciones para reducir en la medida de lo posible los daños que pudieran producirse a consecuencia de una rotura de las mismas. A la vez es importante conocer las características de los materiales empleados para la fabricación de los conductos, cuya instalación está normalizada en las redes generales de alcantarillado de empresas suministradoras, los cuales podrían clasificarse en los siguientes:

- Hormigón armado principalmente para redes separativas de pluviales en lámina libre
- Fundición dúctil para impulsiones de gran presión y redes de gravedad aunque hay que estudiar el recubrimiento interior de la tubería para que el agua residual no corroa la fundición.
- Polietileno de alta densidad para impulsiones de aguas residuales.
- Poliéster reforzado con fibra de vidrio PRFV
- Poli cloruro de vinilo rígido (PVC-U) para aguas residuales en lámina libre y para diámetros no superiores a 700 mm.

La relación entre los diámetros empleados y el tipo de material, así como algunos inconvenientes y ventajas que presenta cada uno, se muestran en las siguientes tablas:

**Tabla 1. Redes de saneamiento (V) Diseño, elementos, y materiales, Universidad de Granada**

MATERIAL	DIÁMETROS (mm)	INCONVENIENTES	VENTAJAS
<b>HORMIGÓN</b>	En masa: 300-400 Armado sin camisa: 500-2000 (ovoidal) 500-3000 (circular)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ataques químicos de aguas residuales transportadas.</li><li>• Vertidos a altas temperaturas son perjudiciales.</li><li>• Elevado peso tubos: instalación más difícil y mayor nº de uniones.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se fabrican a medida.</li><li>• Son económicas.</li></ul>
<b>FIBROCEMENTO</b>	Se han usado mucho pero hoy día está prohibida su comercialización y utilización. (Orden 7/12/2001).		
<b>FUNDICIÓN DÚCTIL</b>	80-1200	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sensibles a la corrosión por ácidos y al ataque del <math>\text{SH}_2</math>: proteger mediante revestimientos interiores y exteriores</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Alta resistencia a la presión interior.</li><li>• Buena estanqueidad.</li><li>• Lisas</li></ul>

“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”

Autora: Janibel Hurtado Batista

**Tabla 2. Redes de saneamiento (V) Diseño, elementos, y materiales, Universidad de Granada**

MATERIAL	DIÁMETROS (mm)	INCONVENIENTES	VENTAJAS
<b>PLÁSTICOS</b>	PVC-U: entre 110 y 1000 mm PVC-U estructurado: hasta 1500 mm PE: hasta 2000 mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prestaciones mecánicas menores que las de hormigón y metálicos.</li> <li>• Alto coef. dilatación térmica: sus caract. mecánicas disminuyen con la T° (Resist. a 50° se reduce al 60%).</li> <li>• Envejecimiento (50 años de vida útil): propiedades mecánicas (E y <math>\sigma</math> a tracción) disminuyen con el t°. Dimensionar para valores a 50 años: a corto plazo sobredimensionados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ligeros.</li> <li>• Económicos.</li> <li>• Resist. a ataques químicos.</li> <li>• Baja rugosidad.</li> <li>• Flexibles.</li> <li>• Buen comportamiento bajo heladas.</li> <li>• No favorecen desarrollo hongos y algas.</li> <li>• Para mejorar propiedades mecánicas frente a cargas exteriores: aligeramientos en su pared, tubos de pared estructurada que aumentan la resistencia al aplastamiento con menos material.</li> </ul>
<b>POLIÉSTER REFORZADO DE FIBRA DE VIDRIO</b>	200-2500	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coste económico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se fabrican a medida adaptándose a las necesidades de cada proyecto.</li> <li>• Muy flexibles.</li> <li>• Muy resistentes a la corrosión y la abrasión.</li> <li>• Gran capacidad hidráulica.</li> <li>• Muy impermeables.</li> <li>• Admite una amplia gama de pH.</li> <li>• Garantizados hasta temperaturas de 35° y pH de 1 a 10.</li> </ul>

Por otro lado, Aurelio Muñoz (1997) en su libro Saneamiento y alcantarillado. Vertidos residuales, plantea la siguiente tabla sobre pendientes mínimas recomendadas en función del diámetro de los conductos., siempre con la intención de minimizar la sedimentación y con ello también la necesidad de limpieza.

**Tabla 3. Hernández Muñoz, A. (1997)**

<b>Diámetro de Conductos (mm)</b>	<b>Pendientes mínima Recomendable (m/Km)</b>
200	4
250	2.7
300	2.2
400	1.45
500	1.1
600	0.8
700	0.67
800	0.55
900	0.5

Conocer las características constructivas del sistema de saneamiento y alcantarillado (tipo de material, pendiente, etc.) nos ayuda a evaluar la influencia de los indicadores a la hora de gestionar el buen funcionamiento de la red.

Es importante también, estar al tanto de los costes de mantenimiento de los materiales empleados en la construcción de una red, así como la vida útil de los mismos, puesto que estos datos ayudan a determinar con qué frecuencia será necesario el mantenimiento preventivo de las tuberías y demás elementos, teniendo así una idea del presupuesto necesario a destinar para estos fines, siendo esto parte fundamental para una buena gestión.

*“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”*

*Autora: Janibel Hurtado Batista*

**Tabla 4. Life cycle sustainability assessment (LCSA) for selection of sewer pipe materials**

<b>Parámetros</b>	<b>Concreto (CO)</b>	<b>PVC</b>	<b>Arcilla Verificada (VC)</b>	<b>Hierro Dúctil (DI)</b>
Discount rate, r (%)	4.17	4.17	4.17	4.17
Vida útil, n (años)	114	75	136	100
<b>Coste inicial, Ci</b>				
Coste de material (\$/m longitud)	83.9	172.04	201.25	254.06
Coste de instalación (\$/m longitud)	204	204	204	204
<b>Coste de Mantenimiento, reparación y remplazo</b>				
Raíz (Tratamiento químico, \$/m/año)	0.912	0.912	0.912	0.912
Mantenimiento de Lodos (\$/m/año)	0.59	0.59	0.59	0.59
Grasas (Limpiezas a chorro, \$/m/año)	0.29	0.29	0.29	0.29
Escombros (Lavado, \$/3/año)	0.298	0.298	0.298	0.298
Coste de Reparación (\$)	10% del coste Inicial	10% del coste Inicial	10% del coste Inicial	10% del coste Inicial
Coste de Remplazamiento (\$)	100% del coste inicial	100% del coste inicial	100% del coste inicial	100% del coste inicial
Coste de fin de vida, Ce (\$)	30% del Coste inicial	20% del Coste inicial	15% del Coste inicial	35% del Coste inicial

Sin embargo, la garantía de una buena gestión no solo implica un mantenimiento constante de la red o la inspección de la misma, pues no es mejor quien más limpia, sino quien menos ensucia, es decir, los problemas que muchas veces presentan las redes de saneamiento y alcantarillado, como mal olor, obstrucciones, roturas, entre otros, podrían evitarse al tener un control mejor de los desechos sólidos que son depositados en las calles y que llegan a las tuberías usualmente arrastrados por la lluvia.

*“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”*

*Autora: Janibel Hurtado Batista*

---

Aunque sabemos es difícil tener el control de toda una población para evitar que la basura termine en el alcantarillado en lugar del vertedero, existen otras formas de gestionar los residuos sólidos de las calles y los que son arrojados al inodoro y lavaderos en las viviendas, como por ejemplo, con la construcción de amplios imbornales y la limpieza constante de estos.

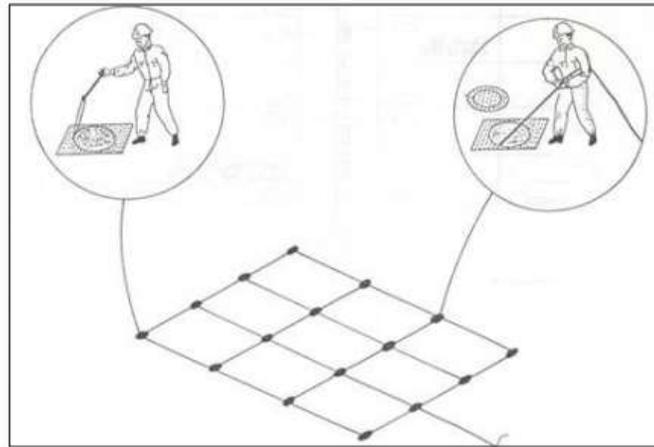


Fig. 1 Limpieza Manual de Alcantarillas

De igual forma, es necesario que el personal encargado de operación y mantenimiento, conozca bien estos problemas a los que la red está expuesta y pueda tomar medidas adecuadas para corregirlos y dar respuesta rápida a la población, evitando así problemas mayores que puedan afectar el medio ambiente y el funcionamiento de la red.

En general son muchos los factores que inciden para que una gestión sea óptima y eficiente, con los indicadores de gestión aplicados en este proyecto, se busca facilitar dicha gestión, aportando los parámetros necesarios para que el personal administrativo pueda tener un mejor control de la red de saneamiento en su totalidad.

## 5. DEFINICION DE LA FORMA DE CÁLCULO DE CADA INDICADOR

Los indicadores de gestión trabajados para la auditoría se desglosan a continuación con sus respectivas fórmulas de aplicación para la obtención de resultados efectivos a partir de un peso asignado.

**Tabla 5. INDICADORES OPERATIVOS**

<b>INDICADOR</b>	<b>FORMULA</b>
<b>Op-1: Inspección de red de Alcantarillado: (%/año)</b>	OP-1= (Longitud de la red inspeccionada /Longitud red total* 100
<b>Op-2: Inspección de Pozos de acceso (%/año)</b>	Op-2= (Núm. de pozos inspeccionados al año/ Total de pozos * 100
<b>Op-3: Limpieza de Alcantarillado (%/año)</b>	Op-3= (Longitud de la Red limpiada al año /Long. Red total *100
<b>Op-4: Limpieza de Imbornales %/año)</b>	Op-4= (No. de Imbornales limpiados / Total de Imbornales *100
<b>Op-5: Inspección estación de Bombeo. Incluye limpieza de cántara y extracción y revisión de bombas (núm./año)</b>	Op-5= (No. inspecciones estaciones de bombeo /total estaciones de bombeo *100
<b>Op-6: Rehabilitación red de alcantarillado (%/año)</b>	Op-6= (Long. Red rehabilitada /Long. Red total *100
<b>Op-7: Renovación red alcantarillado (%/año)</b>	Op-7= (Long. Red renovada / Long. Red total *100
<b>Op-8: Obstrucciones en la red</b>	Op-8= ((No. obstrucciones / Long. Red total*100
<b>Op-9: Puntos de red con sensorización para avisos de fallo</b>	Op-9= Todos los puntos con sensores / longitud de la red *100
<b>Op-10: Inspección de tuberías mediante Robots y Cámaras</b>	Op-10= (Longitud de tuberías inspeccionadas con cámaras o robots/Longitud total de la red)*100

*“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”*

*Autora: Janibel Hurtado Batista*

**Tabla 6. INDICADORES ECONOMICOS**

<b>INDICADOR</b>	<b>FORMULA</b>
<b>Ec-1: Inversiones Mantenimiento (€ / habitantes / año)</b>	Ec-1= Total inversiones para mantenimiento / Poblacion total
<b>Ec-2: Ingresos (€/habitantes conectados a la red / año)</b>	Ec-2= Ingresos de la empresa * Personas Conectadas a la red/año

**Tabla 7. INDICADORES MEDIOS HUMANOS Y MECANICOS**

<b>INDICADOR</b>	<b>FORMULA</b>
<b>P-1: Empleados trabajando por cada 100 km de red</b>	P-1= (Trabajadores en la red/longitud de red) * 100
<b>P-2: Empleados con Formación Universitaria (%)</b>	P-2= (Personal Universitario /Total Personal) * 100
<b>P-3: Empleados no Universitario (%)</b>	P-3= (Personal No Universitario /Total Personal) * 100
<b>P-4: Personal con Vacunación (%)</b>	P-4= (Personal Vacunado / Personal en contacto con medio residual) / 100
<b>P-5: Accidentes laborales (No. / 100 empleados /año)</b>	P-5= ((No. accidentes / Total personal) * 100
<b>P-6: Km de red limpiado por Camión</b>	P-6: (Long. Red limpiada /No. de Camiones disponibles*100
<b>P-7: Evaluacion de tuberías mediante GIS o SIG</b>	P-7= (Longitud de tuberías evaluadas con GIS/Longitud total de la red) *100

**Tabla 8. INDICADORES MEIDOAMBIENTALES**

<b>INDICADOR</b>	<b>FORMULA</b>
<b>MA-1 Sedimentos Extraídos del alcantarillado antes de tratamiento (ton /km red /año)</b>	MA-1: (sedimentos extraídos / Long. Red Limpiada)
<b>MA-2: Desbordamientos al año/Long. de red</b>	MA-2: (No. Desbordamientos al año/longitud red)
<b>MA-3: Control de Vertidos (Empresas)</b>	MA-3= % de empresas auditadas con muestra / año / total empresas
<b>MA-4: Control de vertidos (Muestras)</b>	MA-4= n° de muestras/ año y km de red

**Tabla 9. INDICADORES DE CALIDAD**

<b>INDICADOR</b>	<b>FORMULA</b>
<b>CA-1: Reclamaciones Recibidas (No./Hab./año)</b>	CA-1= (Total Reclamaciones / (Poblacion total *100)
<b>CA-2: Respuestas a la Reclamaciones (%)</b>	CA-2= (No. de respuestas a las reclamaciones / Total reclamaciones) *100
<b>CA-3: Poblacion Conectada a la red (%)</b>	CA-4: (Poblacion conectada al alcantarillado /Poblacion Total) *100
<b>CA-4: Reclamaciones Resueltas</b>	CA-6: (No. de reclamaciones Resueltas / Total reclamaciones) *100

**Tabla 10. INDICADORES DE PLANIFICACION**

Pl-1: Normativa/Ordenanza de Vertidos
Pl-2: Reglamento/Ordenanza construcción nuevas redes y Acometidas
Pl-3: Reglamento Fiscal Sancionador
Pl-4: Plan de gestión de riesgos e inundación
Pl-5: Plan Renovación de red a medio plazo
Pl-6: Plan desbordamientos episodios de lluvia
Pl-7: Plan mantenimiento preventivo elementos electromecánicos
Pl-8: Modelo hidráulico de la red

Para los indicadores de planificación no existe una fórmula en sí, puesto que lo importante es saber si la empresa auditada cuenta con estos reglamentos y normativas y si estos se están ejecutando o no.

## 6. INFORMACIÓN DE PARTIDA NECESARIA PARA DEFINIR LOS INDICADORES

### **A- Datos Generales de la Red**

1. Poblacion
2. Longitud de la red de alcantarillado (Km)
3. Diámetro Tuberías (mm)
4. Longitud red No visitable (Km)
5. Longitud red visitable (Km)
6. Longitud red renovada (km)
7. Longitud red rehabilitada (km)
8. Personas conectadas a la red

### **B- Problemas principales**

1. No. de Obstrucciones/año (Ud. /año)
2. No. Desbordamientos en la red (Ud. /año)
3. No. Inundaciones Imbornales (Ud. /año)

### **C- Elementos de la Red**

1. No. de Pozos de registro (Ud.)
2. No. Imbornales (Ud.)
3. No. Acometidas Domiciliarias (Ud.)
4. No. Estaciones de Bombeo (Ud.)
5. No. Aliviaderos (Ud.)

### **D- Control de Vertidos**

1. Empresas Auditadas (Ud.)
2. Empresas con muestras (Ud.)
3. No. de muestras totales (Ud.)

### **E- Limpieza**

1. Longitud de red Limpiada (km)
2. No. de imbornales limpiados (Ud.)

3. Residuos extraídos de la red (ton.)
4. No. de Equipos de limpieza (Ud.)
5. No. horas de limpieza (horas.)
6. No. de Sumideros Limpiados (Ud.)

### **F-Inspección**

1. Longitud de red Inspeccionada (km/año)
2. No. de Cámaras de Inspección Disponibles (Ud.)
3. No. de horas de inspección con Cámara (horas.)
4. No. de Pozos inspeccionados (Ud.)
5. Inspección Estaciones de Bombeo (Ud.)
6. Long. Inspeccionada con GIS (Km)
7. Tuberías evaluadas con Cámara o robots (Km)

### **G-Planificación**

1. Reglamento de vertidos
2. Reglamento/ordenanza construcción nuevas redes y acometidas
3. Reglamento fiscal/sancionador
4. Plan de gestión riesgos inundación
5. Plan de gestión vertido industriales
6. Plan renovación red
7. Plan desbordamientos episodios de lluvia
8. Modelo Hidráulico de la Red

### **H- Costes**

1. Inversión Mantenimiento de la red (€)
2. Precio Gestión agua residual (€)
3. Ingresos (€)

### **I- Medios Humanos y Mecánicos**

1. Trabajadores activos en la red
2. Personal Técnico Admr.
3. Operadores/Camión
4. Capataces
5. Total personal
6. No. Accidentes / año

*“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”*

*Autora: Janibel Hurtado Batista*

---

7. No. de Camiones de Limpieza

8. Personal Vacunado

**J- Calidad**

1. Reclamaciones Recibidas (Ud.)

2. Respuestas a las Reclamaciones (Ud.)

3. Reclamaciones Resueltas (Ud.)

Con estos datos es suficiente para poder realizar la auditoria propuesta y determinar si la red de saneamiento auditada está siendo gestionada de manera óptima y eficiente.

## 7. ALGUNOS EJEMPLOS DE USO DE INDICADORES EN REDES DE ALCANTARILLADO. CASO DEL BENCHMARKING EUROPEO 2016

El Benchmarking Europeo 2016 es la décima edición de esta cooperación entre países de Europa Occidental, en él se recoge los temas más importantes respecto a la preservación y cuidado del agua y medio ambiente.

En esta edición se ha realizado un ejercicio donde han participado 45 representantes de 20 países de Europa Occidental, con el fin de hacer el programa accesible a todo tipo de usos de agua, sin importar si utilizan sistemas avanzados de gestión o no. Para ello el programa se desarrolló a partir de la evaluación de una serie de indicadores tanto para el agua potable como para el agua residual, donde se compararon los datos proporcionados por las empresas de los países participantes.

En la sección sobre agua residual se exponen los indicadores sobre calidad del agua, confiabilidad, calidad del servicio, sostenibilidad, economía, y eficiencia. Para poder evaluar estos indicadores, cada grupo tuvo que aportar una serie de datos claves para la posterior comparación y resolución. Entre los datos proporcionados destacan: la población conectada a la red, datos sobre alcantarillado y bloqueos de conexión, número de inundaciones en las alcantarillas combinadas, quejas y resolución de las mismas, consumo de energía de las plantas de tratamiento de agua residual, entre muchos otros.

Para cada indicador han realizado un gráfico comparativo, donde se expresan tanto el valor máximo y mínimo existente entre el grupo evaluado, así como el valor medio obtenido respecto al total de países que ha participado en el ejercicio.

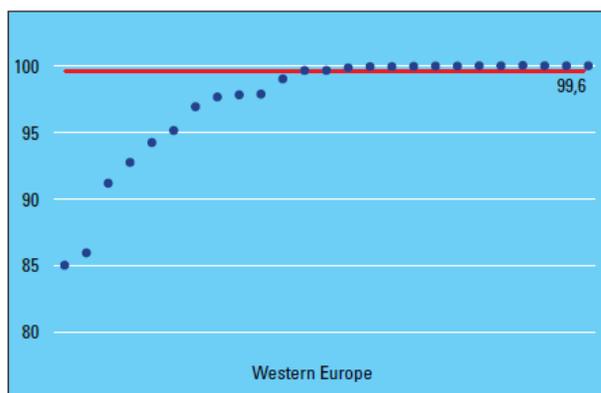


Figure 13:  
Resident population connected to sewer system (%)

Fig. 2. Ejemplo de gráfico sobre población conectada a la red. (Benchmarking, 2016)

Estos gráficos ayudaron a explicar de manera más precisa los resultados de los 20 países participantes y a la vez facilitaron la comparación con reportes de años anteriores. Seguir el

modelo implementado por el Benchmarking 2016, asegura resultados mejores y de fácil interpretación, por lo que en este proyecto se ha utilizado dicho modelo como guía para los ejemplos propuestos que se detallan más adelante.

## 8. ASIGNACION JUSTIFICADA DE PORCENTAJE DE CONSECUCION DE CADA INDICADOR DENTRO DE LA GESTION DE UN SISTEMA DE SANEAMIENTO

Para la asignación del porcentaje de consecución o cumplimiento de cada uno de los indicadores se estudiaron los datos expuestos en las memorias o informes de responsabilidad corporativa de diversas empresas de gestión de agua de España, como son: Emuasa (2013-2014), Emasesa (2015), Emalcsa (2013), así como el informe del Canal de Gestión Isabel II (2015) y el Benchmark Europeo del año 2016, entre otros.

Al tratarse de ciudades y redes de diferentes longitud es notable que exista variedad en los valores, por lo que se ha optado por aplicar un Baremo con cuatro posibles soluciones para cada indicador. El resultado del indicador debe estar entre estos porcentos, a cada uno se le asignara un valor (0.4, 0.6, 0.8, 1) que luego se multiplicara por el peso asignado al indicador en función de la importancia que tenga en la gestión de la red.

Una vez calculados los grados de consecución de cada indicador se sumará los resultados y se aplicará un peso a cada indicador que servirá para definir de forma global el grado de gestión de la red.

### Indicadores operativos

- **Inspección de la red**

Según los datos tomados de la memoria de responsabilidad social corporativa del año 2015 de la empresa EMASESA, se había inspeccionado el 30.20 % de la red de saneamiento de Sevilla en ese año. A partir de estos valores se ha optado por asignar el siguiente baremo:

<b>BAREMO-Inspección de la Red</b>				
<b>0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>
0	0.1-7%	7-20%	20-70%	>70%

Haciendo una comparación con los datos de diferentes redes de saneamiento se han encontrado resultados que oscilan entre estos valores, donde calculando luego un promedio se ha estimado como valor correcto o aceptable la tercera columna. Es decir, lo recomendable es que una red sea inspeccionada al menos por encima de un 7% al año. Esto ayudaría reducir gastos de

mantenimiento innecesario y a prevenir futuros problemas en la red. Importante cuestión es si se distingue entre limpieza preventiva y correctiva en cuyo caso la longitud de limpieza se puede circunscribir a las zonas reconocidas como más conflictivas.

- **Inspección Pozo de Acceso**

Al igual que la inspección de la red, inspección de los pozos dependerá de la longitud de la red de saneamiento y del número de pozos de acceso que existan en el sistema. Por lo que los valores del baremo serán los mismos, al igual que el peso del objetivo, siendo este valor de 2.85. El valor medio obtenido es de 25%.

<b>BAREMO-Inspección de pozos de acceso</b>				
<b>0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>
0	1-5%	5-15%	15-25%	>25%

- **Limpieza de Alcantarillado**

Se ha encontrado en la bibliografía (UNATSABAR, C. ,2005) recomendaciones de limpieza anual de la red valores a partir del 50%, es decir cada 2 años se limpia toda la red. Lo habitual es alcanzar valores menores, si bien tenemos en cuenta que se planea la limpieza preventiva de puntos conflictivos varias veces al día. La limpieza general de la red debería estar siempre por encima del 7% al año del total de la red, este valor se ha determinado con el promedio de los datos reales plasmados en los informes de responsabilidad corporativa de Emasesa (2015), Emuasa (2013) y Emalcsa (2013). El promedio da un total de 45% de red limpiada al año, lo que se podría considerar dentro de valores aceptables, tomando en cuenta siempre que esto va a depender igual que los parámetros anteriores, de la longitud de la red que se esté auditando.

<b>BAREMO-Limpieza de la Red</b>				
<b>0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>
0	0.1-7%	7-20%	20-70%	>70%

- **Limpieza de imbornales**

La cantidad de imbornales existentes en un sistema de saneamiento suele ser elevada, debido a la importancia de estos para evitar inundaciones y obstrucciones en la red. El promedio de limpieza de estos elementos de la red debe superar el 50% para considerarse dentro de parámetros

*“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”*

*Autora: Janibel Hurtado Batista*

aceptables, según los informes consultados. Los valores para el Baremo propuesto son los siguientes:

<b>BAREMO-Limpieza Imbornales</b>				
<b>0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>
0	10-25%	25-40%	45-70%	>70%

- **Inspección estación de Bombeo. Incluye limpieza de Cántara y extracción y revisión de bombas.**

Las estaciones de bombeo deben ser inspeccionadas de manera continua, según los informes, la bibliografía consultada y la comparación entre varias redes de saneamiento, se ha determinado al menos el 75% de la totalidad de estaciones de bombeo existentes en la red deben ser inspeccionadas de manera constante.

Debido a que el promedio obtenido es muy elevado, de igual forma es necesario aumentar también los valores del Baremo para mejores resultados en la auditoría.

<b>BAREMO-Inspección estaciones de bombeo</b>				
<b>0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>
0	0.1-50%	50-100%	100-150%	>150%

- **Rehabilitación de la red**

El porcentaje de rehabilitación de alcantarillado es la parte de la red que ha sido reemplazada debido a que la condición de las alcantarillas se deteriora, por lo que es necesario reemplazar las alcantarillas para mantener la red en condiciones óptimas para uso futuro. Los porcentajes más altos de rehabilitación de alcantarillado pueden ser causados por la edad promedio de la red (Benchmarking Europeo, 2016). El valor medio para la rehabilitación de alcantarillado para el grupo evaluado en el Benchmarking es de 0,33% / año.

Debido a la gran diferencia entre los grupos evaluados es necesario que el Baremo incluya rangos que puedan ser útiles para auditar cualquier tipo de red. Es por esto que se han delimitado los siguientes valores para este parámetro.

<b>BAREMO-Rehabilitación de la Red</b>				
<b>0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>
0	0.05-0.1%	0.1-0.15%	0.15-0.25%	>0.25%

- **Renovación de la red**

La renovación de la red se mide cuando aun habiendo rehabilitado o corregido algún punto de la red, esta sigue en deterioro, afectando entonces el funcionamiento de la misma, por lo que es necesario renovar alguna tubería o elemento de la red y evitar problemas mayores. El porcentaje de renovación se mide prácticamente igual que el de rehabilitación. El promedio obtenido de la evaluación de varias redes españolas es de 1%/año, sin embargo el grupo evaluado en Benchmarking Europeo (2016), tienen un promedio de renovación de 0.57%/año.

<b>BAREMO-Renovación de la Red</b>				
<b>0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>
0	0.05-0.1%	0.1-0.15%	0.15-0.25%	>0.25%

- **Obstrucciones en la red**

Los resultados sobre los bloqueos u obstrucciones de las aguas residuales varían ampliamente dentro del grupo actual entre 0 y 349 bloqueos por 100 km de alcantarillado, por año, con un valor medio de 27 obstrucciones por km de red al año propuesto por el Benchmarking Europeo (2016). De igual forma los sistemas de saneamiento evaluados en este proyecto varían en gran escala puesto a que son redes de longitudes y con poblaciones diferentes, dando un valor medio de 19% de obstrucciones /año por km de red.

<b>BAREMO-Obstrucciones en la red</b>				
<b>0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>
>5/km de red	3-5/km de red	1-3/km de red-	0.5-1/km de red	<0.5/km de red

En el caso de las obstrucciones lo recomendable y más aceptable es que no existan, pero como sabemos que esto es imposible, evaluamos la unidad mínima de posibles obstrucciones en la red.

*“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”*

*Autora: Janibel Hurtado Batista*

- **Puntos de red con sensorización para avisos de fallo**

El promedio de puntos con sensores para avisos de fallo de las redes evaluadas en este trabajo es de 14%/100 km de red.

<b>BAREMO-Puntos con sensorización</b>				
<b>0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>
0	1-5/100 km de red	5-10/100 km de red	10-15/100 km de red	>15/100 km de red

- **Inspección mediante cámaras y robots**

Estos sistemas cuya composición básica se ha definido, pueden tener diferentes tipos de configuración, en función de las necesidades de aplicación que puedan existir. Desde equipos portátiles instalados en una maleta para aplicaciones de visualización en pequeñas tuberías, hasta furgones con un elevado nivel de equipamiento, para utilizarse en cualquier tipo de instalación y en los que se pueden realizar informes completos del estado de una canalización (grabación en video, obtención de fotografías, informes por ordenador con las características de la instalación, etc.)

<b>BAREMO- Inspección mediante cámaras y robots</b>				
<b>0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>
0	0.1-7%	7-20%	20-70%	>70%

### **Indicadores Económicos**

- **Inversiones**

Las inversiones para el mantenimiento evaluadas en los sistemas de saneamiento de este proyecto tienen como valor medio 0.8 € /hab./año. Este valor dependerá de la población y longitud de la red.

<b>BAREMO-Inversiones</b>				
<b>0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>
0	0.01-0.1 €	0.1 a 1 €	de 1 a 5 €	>5 €

*“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”*

*Autora: Janibel Hurtado Batista*

- **Ingresos**

Según el Benchmark Europeo, las tarifas promedio de las aguas residuales se calculan dividiendo los ingresos de una empresa (tasas de recolección, transporte y tratamiento de las aguas residuales), por el número de propiedades conectadas al sistema de alcantarillado administrado por la empresa. El promedio calculado con las redes de saneamiento de España evaluadas en el proyecto nos da un valor promedio de 9.05 € /hab./año.

<b>BAREMO-Ingresos</b>				
<b>0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>
0	1-5€	5-10€	10-15€	>15€

### **Medios humanos y mecánicos**

- **Total Empleados trabajando**

Según la bibliografía consultada para la realización de este trabajo, la cantidad de empleados en campo, existentes en una compañía encargada de gestionar redes de saneamiento, está directamente relacionada con la longitud de la misma, por lo que este dato es muy cambiante. El valor medio de las redes comparadas en este proyecto es de al menos 1%/100km, es decir, al menos 1 empleado por cada 100 km. Sin embargo, Aurelio H. en su 7ª edición sobre saneamiento y alcantarillado. Vertidos de aguas residuales (2007) plantea que en el alcantarillado puede establecerse como suficiente la dedicación de 2 poceros, constituyendo un equipo por cada 10 km de conducción.

<b>BAREMO- Empleados por c/100 km</b>				
<b>0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>
<1%	1-10%	10-20%	20-50%	>50%

- **Empleados con formación universitaria**

El total de empleados con formación universitaria en una empresa que gestiona agua residual varía en función de la magnitud de la misma. Sin embargo, el valor medio calculado es de 20% de los empleados, es decir al menos este porcentaje debe poseer alguna formación universitaria para un mejor rendimiento en la gestión.

*“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”*

*Autora: Janibel Hurtado Batista*

<b>BAREMO- Empleados con formación universitaria</b>				
<b>0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>
<1%	5-10%	10-20%	20-50%	>50%

- **Empleados no universitarios**

La mayor parte del personal que labora en las redes de saneamiento no tiene formación universitaria, siendo el promedio de 51%, es decir que un poco más de la mitad de los empleados se encuentran en esta categoría.

<b>BAREMO- Empleados no universitarios</b>				
<b>0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>
<10%	10-20%	20-50%	50-80%	>80%

- **Personal con Vacunación**

Como ya se ha explicado en el apartado 2.1 el personal vacunado es todo aquel que está en contacto directo con el agua residual, por lo que este parámetro busca medir el porcentaje de esos empleados que posee vacuna ante cualquier enfermedad o infección que pueda surgir a causa de pasar tanto tiempo en el interior de la red. El valor medio estimado para el grupo evaluado en este trabajo es de 67%.

<b>BAREMO- Empleados Vacunados</b>				
<b>0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>
<10%	10-20%	20-50%	50-80%	>80%

- **Accidentes Laborales**

Este indicador se utiliza para medir el número de accidentes de trabajo que requieren atención médica, especialmente los empleados que desempeñan su actividad dentro de la red de alcantarillado, estaciones de bombeo y depuradoras. Mientras menor sea el valor de este parámetro más puntos se obtendrán en la auditoria, siendo el valor medio de 36% de accidentes laborales por año.

<b>BAREMO- Accidentes Laborales</b>				
<b>0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>
>50%	40-50%	20-40%	10-20%	<10%

- **Km de red limpiados con Camión**

Para la explotación de una red de saneamiento parece ser que lo mejor es emplear, en general un vehículo de peso total en carga de 19 Tn., soportando una cuba de 8 m<sup>3</sup> compuesta de una cuba de agua de 2 a 3 m<sup>3</sup> y de una cuba de fangos de 5 a 6 m<sup>3</sup>. A partir de la capacidad de los camiones,

*“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”*

*Autora: Janibel Hurtado Batista*

la cantidad disponible para limpieza y la longitud de la red, se puede determinar cuántos km limpiarían en un año. Según la comparación de los datos, al menos un 60% del total de una red puede deber ser limpiada por los camiones, esto comparando redes que van desde los 1000 hasta los 4500 km de longitud.

<b>BAREMO- km/Camión</b>				
<b>0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>
<5km/Camion	5- 15km/camion	15- 30km/camion	30-50 km/camion	>50km/camion

- **Evaluación de tuberías mediante GIS**

Los avances tecnológicos actuales en la rama de ingeniería contribuyen a la mejora de muchas tareas, como es el caso de los GIS, que nos permite evaluar ciertos puntos de la red, en especial los puntos críticos, pudiendo así planear y corregir a tiempo cualquier falla presente en la red.

<b>BAREMO- Evaluación mediante GIS</b>				
<b>0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>
0	<b>0.1-7%</b>	<b>7-20%</b>	<b>20-70%</b>	<b>&gt;70%</b>

### **Indicadores Medioambientales**

- **Sedimentos Extraídos del alcantarillado antes de tratamiento**

Los sedimentos extraídos los vamos a expresar en función de las toneladas de sedimentos con relación a la longitud limpiada de la red. Según la comparación hecha entre los informes de responsabilidad social corporativa de las empresas Emuasa y Emalcsa, el valor medio de sedimentos extraídos en una red de alcantarillado oscila en condiciones medias, entre 1.5 y 1.90 ton/km de red limpiada.

<b>BAREMO- Sedimentos extraídos</b>				
<b>0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>
0	0.3-0.5 Ton/km	0.5-1 Ton/km	1-1.5 ton/km	>1.5 ton/km

- **Desbordamientos ocurridos en un año (%)**

Si se mantiene una buena gestión de la red, se controla el tiempo de retorno y futuros episodios de lluvia y se realiza el mantenimiento constante de los elementos del sistema de saneamiento, se puede reducir de manera significativa el número de desbordamientos que puedan ocurrir en un año. Las redes de las ciudades de España analizadas en este proyecto tienen un valor medio de un 0.119 desbordamientos por km.

*“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”*

*Autora: Janibel Hurtado Batista*

<b>BAREMO- Desbordamientos</b>				
<b>0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>
>0.40	0.30-0.40	0.15-0.30	0.10-0.15	<0.10

- **Control de Vertidos (Empresas)**

Este indicador es propio de la auditoria y sirve para comparar las empresas auditadas anteriormente respecto a la que se esté auditando en el momento, respecto al control de vertidos.

<b>BAREMO- Control de Vertidos-Empresas</b>				
<b>0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>
0	0.1-7%	7-20%	20-70%	>70%

- **Control de Vertidos (Muestras)**

Antes de realizar cualquier vertido en el medio receptor es importante la realización de muestras del laboratorio que midan la calidad del agua, este parámetro busca medir la cantidad de muestras realizadas a los vertidos por km de red auditado.

<b>BAREMO- Control de Vertidos-Muestras</b>				
<b>0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>
0	0.1-7%	7-20%	20-70%	>70%

## **Indicadores de Calidad**

- **Reclamaciones recibidas**

Según los informes y memorias de responsabilidad social corporativa revisados, el porcentaje de reclamaciones por año es el siguiente:

EMUASA (2014): 0.141% de reclamaciones /año  
AGUAS ANDINAS (2015): 0.138% de reclamaciones /año  
EMASESA (2015): 0.116% de reclamaciones /año  
EMALCSA (2013): 0.108% de reclamaciones /año

*“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”*

*Autora: Janibel Hurtado Batista*

El valor medio obtenido luego de comparar estos resultados es de 0.126% de reclamaciones /año, aunque este dato varía en función de la calidad del servicio de la empresa encargada de la gestión, lo que significa que a mejor servicio menos reclamaciones.

<b>BAREMO- Reclamaciones</b>				
<b>0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>
>1%	1-0.50%	0.50-0.20%	0.20-0.10%	<0.10%

- **Respuestas a las reclamaciones**

Lo ideal sería que no existieran reclamaciones por parte de la Poblacion, esto implicaría que se está realizando una gestión perfecta, sin embargo ya que siempre va a existir una que otra queja, es necesario darles respuesta en la mayor brevedad posible. El porcentaje de respuestas a las reclamaciones de las empresas antes mencionadas oscila entre el 80-95%.

<b>BAREMO- Respuestas a las reclamaciones</b>				
<b>0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>
<20%	20-60%	60-80%	80-99%	100%

- **Población conectada a la red**

El número total de personas conectadas a la red de alcantarillado en principio debería ser toda la población existente en la ciudad donde se encuentre dicha red, sin embargo no todas las personas tienen acceso al sistema de saneamiento, por lo que para poder saber el caudal que pasa por nuestras tuberías y enviar datos a la depuradora necesitamos saber qué porcentaje de la población está conectada a la red. El valor medio obtenido en la comparación de las compañías evaluadas en el proyecto es de 75%.

<b>BAREMO- Poblacion Conectada a la red</b>				
<b>0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>
<20%	20-60%	60-80%	80-99%	100%

“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”

Autora: Janibel Hurtado Batista

- **Reclamaciones resueltas**

El valor medio para la reclamaciones resueltas es de 77.25% según los datos de los informes de responsabilidad corporativa de EMUASA, AGUAS ANDINAS, EMASESA y EMALCSA.

<b>BAREMO- Reclamaciones Resueltas</b>				
<b>0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>
<20%	20-60%	60-80%	80-99%	100%

### **Indicadores de planificación**

Como ya se ha comentado, para que exista una adecuada gestión es necesario la presencia de planes, reglamentos y leyes que permitan actuar ante cualquier situación y que de igual forma sirvan de guía para el control total de la red.

- **Normativa Ordenanza de Vertidos**
- **Reglamento/Ordenanza construcción nuevas redes y Acometidas**
- **Reglamento Fiscal Sancionador**
- **Plan de gestión de riesgos e inundación**
- **Plan Renovación de red a medio plazo**
- **Plan desbordamientos episodios de lluvia**
- **Plan mantenimiento preventivo elementos electromecánicos**
- **Modelo hidráulico de la red**

Estos indicadores se evaluarán en función de las siguientes opciones a seleccionar por la empresa auditada, donde cada una tiene un valor asignado, que luego se multiplica por un peso de 2.85 dando así una nota:

<b>Posibles Respuestas</b>	<b>Valor asignado</b>
Existe y se está Aplicando	1
No existe pero está planificado	0.8
Existe y no se está Aplicando	0.6
No Aplica	0.4
No existe y No está planificado	0

*“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”*

*Autora: Janibel Hurtado Batista*

---

## 9. EJEMPLOS DE AUDITORIA A DOS SISTEMAS DE SANEAMIENTO. CASO DE DOS SISTEMAS DE SANEAMIENTO TIPO

Siguiendo el modelo de evaluación y comparación del Benchmarking Europeo 2016, hemos realizado la auditoria de 2 redes de saneamiento a las que llamaremos Ejemplo 1 y Ejemplo 2.

Para la asignación del peso asociado a cada indicador en los presentes ejemplos se ha optado por asignar un valor igual a cada uno de ellos por lo que, al tratarse de un total de 35 indicadores les corresponde un total de un 2.85% en total para alcanzar el 100% en la auditoría.

“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”

Autora: Janibel Hurtado Batista

**EJEMPLO 1:**

<b>Auditoria de la red de saneamiento a partir de indicadores de gestion optimizada</b>		
<b>Ciudad Auditada</b>	<b>Ejemplo 1</b>	
<b>Fecha</b>	<b>25/7/17</b>	
<b>A Datos Generales de la Red</b>		
1 Poblacion	356218	<b>Unidad</b> Hab.
2 Longitud de la red de alcantarillado (Km)	1275	km
3 Diametro Tuberias (mm)	300	mm
4 Longitud red No visitable (Km)	994	km
5 Longitud red visitable (Km)	31	km
6 Longitud red renovada	50	km
7 Longitud red rehabilitada	215	km
8 Personas conectadas a la red	194672	Hab.
<b>B Problemas principales</b>		
1 No. de Obstrucciones/año	130	Uds/año
2 No. Desbordamientos en la red	23	Uds/año
3 No. Inundaciones Imbornales	58	Uds/año
<b>C Elementos de la Red</b>		
1 No. de Pozos de registro	23795	uds
2 No. Imbornales	10123	uds
3 No. Acometidas Domiciliarias	1560	uds
4 No. Estaciones de Bombeo	63	uds
5 No. Aliviaderos	74	uds
<b>D Control de Vertidos</b>		
1 Empresas Auditadas	10	uds
2 Empresas con muestras	8	uds
3 No. de muestras totales	215	uds

“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”

Autora: Janibel Hurtado Batista

<b>E Limpieza</b>		<b>Unidad</b>
1 Longitud de red Limpiada (km)	139.06	km
2 No. de imbornales limpiados	4579	uds
3 Residuos extraídos de la red	152	ton
4 No. de Equipos de limpieza	7	uds
5 No. horas de limpieza	630	horas
6 No. de Sumideros Limpiados	110	uds
<b>F Inspeccion</b>		
1 Longitud de red Inspeccionada (km/año)	9.48	km/año
2 No. de Camaras de Inspeccion Disponibles	2	uds
3 No. de horas de inspeccion con Camara	189	uds
4 No. de Pozos inspeccionados	1235	uds
5 Inspeccion Estaciones de Bombeo	46	uds
6 Long. Inspeccionada con GIS	643	km
7 Tuberias evaluadas con Camara o robots	430	km
<b>G Planificacion</b>		
1 Reglamento de vertidos	Existe y se esta Aplicando	
2 Reglamento/ordenanza construccion nuevas redes y acometidas	No existe pero esta planificado	
3 Reglamento fiscal/sancionador	Existe y no se esta Aplicando	
4 Plan de gestion riesgos inundacion	No existe y No esta planificado	
5 Plan de gestion vertido industriales	No Aplica	
6 Plan renovacion red	Existe y no se esta Aplicando	
7 Plan desbordamientos episodios de lluvia	Existe y se esta Aplicando	
8 Modelo Hidraulico de la Red	Existe y no se esta Aplicando	

*“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”*

*Autora: Janibel Hurtado Batista*

---

<b>H Costes</b>		<b>Unidad</b>
1 Inversion Mantenimiento de la red	37981.68	Euros
2 Precio Gestion agua residual	15.576	Euros/hab/año
3 Ingresos	4176284	Euros
<b>I Medios Humanos y Mecánicos</b>		
1 Trabajadores activos en la red	8	
2 Personal Tecnico-Adm.	4	
3 Operadores/Camion	8	
4 Capataces	4	
5 Total personal	24	
6 No. Accidentes / año	6	
7 No. de Camiones de Limpieza	3	
8 Personal Vacunado	8	
<b>J Calidad</b>		
1 Reclamaciones	525	Uds/año
2 Respuestas a las Reclamaciones	415	Uds/año
3 Reclamaciones Resueltas	400	Uds/año

*“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”*

*Autora: Janibel Hurtado Batista*

**Indicadores Operativos:**

- Op-1: Inspeccion de red de Alcantarillado
- Op-2: Inspeccion de Pozos de acceso
- Op-3: Limpieza de Alcantarillado
- Op-4: Limpieza de Sumideros
- Op-5: Inspeccion estacion de Bombeo
- Op-6: Rehabilitacion red de alcantarillado
- Op-7: Renovacion red alcantarillado
- Op-8: Obstrucciones en red y Acometida
- Op-9: Puntos de red sin sensorizacion para avisos de fallo
- Op-10: Inspección de tuberías mediante Robots y Camaras

INDICADOR	FORMULA	Calculo	Unidad
Op-1: Inspeccion de red de Alcantarillado: (%/año)	$Op-1 = (Longitud\ de\ la\ red\ inspeccionada / Longitud\ red\ total) * 100$	0.74	%/año
Op-2: Inspeccion de Pozos de acceso (%/año)	$Op-2 = (Num.\ de\ pozos\ inspeccionados\ al\ año / Total\ de\ pozos) * 100$	5.19	% / año
Op-3: Limpieza de Alcantarillado (%/año)	$Op-3 = (Longitud\ de\ la\ Red\ limpiada\ al\ año / Long.\ Red\ total) * 100$	10.91	%/año
Op-4: Limpieza de Imbornales: (%/año)	$Op-4 = (No.\ de\ Imbornales\ limpiados / Total\ de\ Imbornales) * 100$	45.23	%/año
Op-5: Inspeccion estacion de Bombeo. Incluye limpieza de cántara y extracción y revisión de bombas: (num./año)	$Op-5 = (No.\ inspecciones\ estaciones\ de\ bombeo / total\ estaciones\ de\ bombeo) * 100$	73.02	%/año
Op-6: Rehabilitacion red de alcantarillado (%/año)	$Op-6 = (Long.\ Red\ rehabilitada / Long.\ Red\ total) * 100$	0.17	%/año
Op-7: Renovacion red alcantarillado (%/año)	$Op-7 = (Long.\ Red\ renovada / Long.\ Red\ total) * 100$	0.04	%/año
Op-8: Obstrucciones en la red	$Op-8 = (No.\ obstrucciones / Long.\ Red\ total) * 100$	10.20	% / año /km de red
Op-9: Puntos de red con sensorizacion para avisos de fallo	$Op-9 = Todos\ los\ puntos\ con\ sensores / longitud\ de\ la\ red * 100$	10.75	%/km de red
Op-10: Inspección de tuberías mediante Robots y Camaras	$Op-10 = (Longitud\ de\ tuberías\ inspeccionadas\ con\ camaras\ o\ robots / Longitud\ total\ de\ la\ red) * 100$	33.73	%

“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”

Autora: Janibel Hurtado Batista

---

**Indicadores Economicos**

Ec-1: Inversiones para mantenimiento (€ / habitantes / año)

Ec-2: Ingresos (€ /habitantes conectados a la red / año)

INDICADOR	FORMULA	Cálculo	Unidad
<b>Ec-1: Inversiones Mantenimiento (€ / habitantes / año)</b>	Ec-1= Total inversiones para mantenimiento / Poblacion total	0.11 €	(€ /hab./año)
<b>Ec-2: Ingresos (€ /habitantes conectados a la red / año)</b>	Ec-2= Ingresos de la empresa * Personas Conectadas a la red/año	21.45 €	€ /hab./año

*“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”*

*Autora: Janibel Hurtado Batista*

**Medios Humanos y Mecanicos**

P-1: Empleados trabajando por Longitud de alcantarilla

P-2: Empleados con Formacion Universitaria

P-3: Empleados no Universitario

P-4: Personal con Vacunacion

P-5: Accidentes Laborales

P-6: Camiones de Limpieza (Km limpiados por Camion)

P-7: Evaluacion de Tuberias con GIS

INDICADOR	FORMULA	Calculo	Unidad
<b>P-1: Empleados trabajando por cada 100 km de red</b>	$P-1 = (\text{Trabajadores en la red} / \text{longitud de red}) * 100$	0.63	%
<b>P-2: Empleados con Formacion Universitaria (%)</b>	$P-2 = (\text{Personal Universitario} / \text{Total Personal}) * 100$	16.67	%
<b>P-3: Empleados no Universitario (%)</b>	$P-3 = (\text{Personal No Universitario} / \text{Total Personal}) * 100$	66.67	%
<b>P-4: Personal con Vacunacion (%)</b>	$P-4 = (\text{Personal Vacunado} / \text{Personal en contacto con medio residual}) / 100$	50.00	%
<b>P-5: Accidentes laborales (No. / 100 empleados /año)</b>	$P-5 = ((\text{No. accidentes} / \text{Total personal}) * 100$	25.00	%
<b>P-6: Km de red limpiado por Camion</b>	$P-6 = (\text{Long. Red limpiada} / \text{No. de Camiones disponibles}) * 100$	46.35	Km/camion
<b>P-7: Evaluacion de tuberias mediante GIS o SIG</b>	$P-7 = (\text{Longitud de tuberias evaluadas con GIS} / \text{Longitud total de la red}) * 100$	50.43	%

*“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”*

*Autora: Janibel Hurtado Batista*

**Indicadores Medioambientales**

MA-1: Sedimentos Extraídos

MA-2: Desbordamientos

MA-3: Control de Vertidos (Empresas)

MA-6 Control de Vertidos (muestras)

INDICADOR	FORMULA	Calculo	Unidad
MA-1 Sedimentos Extraídos del alcantarillado antes de tratamiento (ton /km red /año)	MA-1: (sedimentos extraídos / long. Red Limpiada)	1.09	Ton/ km red
MA-2: Desbordamientos	MA-2: (No. desbordamientos/longitud red)	0.02	und/km
MA-3: Control de Vertidos (Empresas)	MA-3= % de empresas auditadas con muestra / año / total empresas	80.00	%
MA-4: Control de vertidos (Muestras)	MA-4= n° de muestras/ año y km de red	16.86	%

**Indicadores de Calidad**

CA-1: Reclamaciones Recibidas

CA-2: Respuestas a la reclamaciones

CA-3: Poblacion Conectada a la Red

CA-4: Reclamaciones Resueltas

INDICADOR	FORMULA	Calculo	Unidad
CA-1: Reclamaciones Recibidas (No./Hab./año)	CA-1= (Total Reclamaciones / (Poblacion total *100)	0.15	%
CA-2: Respuestas a la Reclamaciones (%)	CA-2= (No. de respuestas a las reclamaciones / Total reclamaciones) *100	79.05	%
CA-3: Poblacion Conectada a la red (%)	CA-4: (Poblacion conectada al alcantarillado /Poblacion Total) *100	54.65	%
CA-4: Reclamaciones Resueltas	CA-6: (No. de reclamaciones Resueltas / Total reclamaciones) *100	76.19	%

*“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”*

*Autora: Janibel Hurtado Batista*

---

**Indicadores de Planificación**

**Respuesta**

Indicadores de Planificación	Respuesta
PI-1: Normativa/Ordenanza de Vertidos	Existe y se esta Aplicando
PI-2: Reglamento/Ordenanza construcción nuevas redes y Acometidas	No existe pero esta planificado
PI-3: Reglamento Fiscal Sancionador	Existe y no se esta Aplicando
PI-4: Plan de gestión de riesgos e inundación	No existe y No esta planificado
PI-5: Plan Renovación de red a medio plazo	No Aplica
PI-6: Plan desbordamientos episodios de lluvia	Existe y no se esta Aplicando
PI-7: Plan mantenimiento preventivo elementos electromecánicos	Existe y se esta Aplicando
PI-8: Modelo hidráulico de la red	Existe y no se esta Aplicando

“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”

Autora: Janibel Hurtado Batista

**RESULTADOS NUMERICOS**

INDICADOR	Resultado	Unidad	Valor Medio	Baremo	NOTA	TOTAL
<b>1 Operativos</b>						
Op-1: Inspeccion de red de Alcantarillado: (%/año)	0.74	%/año	1.88 %/año	0.4	1.14	
Op-2: Inspeccion de Pozos de acceso (Número/año)	5.19	% / año	25 %/año	0.6	1.71	
Op-3: Limpieza de Alcantarillado (%/año)	10.91	%/año	45 %/año	0.6	1.71	
Op-4: Limpieza de Imbornales (%/año)	45.23	%/año	50 %/año	0.8	2.28	
Op-5: Inspeccion estacion de Bombeo (num./año)	73.02	%/año	75 %/año	0.6	1.71	
Op-6: Rehabilitacion red de alcantarillado (%/año)	0.17	%/año	12.54 %/año	0.8	2.28	
Op-7: Renovacion red alcantarillado (%/año)	0.04	%/año	20 %/año	0.4	1.54	
Op-8: Obstrucciones en red y Acometida	10.20	% / año /km de re	19 %/año/km	0.4	1.14	
Op-9: Puntos de red sin sensorizacion para avisos de fallo	10.75	%/km de red	14 %/km	0.8	2.28	
Op-10: Inspección de tuberías mediante Robots y Camaras	33.73	%		0.8	2.28	
					<b>Total Op.=</b>	<b>18.07</b>
<b>2 Economicos</b>						
Ec-1: Inversiones Mantenimiento (€ / habitantes / año)	0.11	(€ /hab./año)	0.8 € /hab./año.	0.6	1.71	
Ec-2: Ingresos (€ /habitantes / año)	21.45	€ /hab./año	9.05 € /hab./año	1	2.85	
					<b>Total Ec.=</b>	<b>4.56</b>
<b>3 Medios Humanos y Mecanicos</b>						
P-1: Empleados trabajando por Longitud de Red	0.63	%	1 %/100km	0	0	
P-2: Empleados con Formacion Universitaria	16.67	%	20%	0.6	1.71	
P-3: Empleados con Formacion no Universitaria	66.67	%	51%	0.8	2.28	
P-4: Vacunacion	50.00	%	67%	0.6	1.71	
P-5: Accidentes Laborales	25.00	%	36%	0.6	1.71	
P-6: Km limpiados por Camion	46.35	Km/camion	24 km/camion	0.8	2.28	
P-7: Evaluacion de Tuberías con GIS	50.43	%		0.8	2.28	
					<b>Total P.=</b>	<b>11.97</b>
<b>4 Medioambientales</b>						
MA-1: Sedimentos Extraidos	1.09	Ton/ km red	1.5 y 1.90 ton/km	0.8	2.28	
MA-2: Desbordamientos	0.02	und/km	0.12	1	2.85	
MA-3: Control de Vertidos (Empresas)	80.00	%		1	2.85	
MA-4: Control de Vertidos	16.86	%		0	0	
					<b>Total MA.=</b>	<b>7.98</b>
<b>5 Indicadores de Calidad</b>						
CA-1: Reclamaciones en el periodo de medida	0.15	%	0.13%	0.8	2.28	
CA-2: Respuestas a la reclamaciones (%)	79.05	%	80-95%	0.6	1.71	
CA-3: Poblacion Conectada a la Red (%)	54.65	%	75%	0.4	1.14	
CA-4: Reclamaciones Resueltas (%)	76.19	%	77.25%	0.6	1.71	
					<b>Total CA.=</b>	<b>6.84</b>
<b>6 Planificaci3n</b>						
Pl-1: Normativa/Ordenanza de Vertidos	Existe y se esta Aplicando	N/A	Existe y se esta Aplicando	1	2.85	
Pl-2: Reglamento Ordenanza construccion nuevas redes y Acometidas	No existe pero esta planificado	N/A	Existe y se esta Aplicando	0.8	2.28	
Pl-3: Reglamento Fiscal Sancionador	Existe y no se esta Aplicando	N/A	Existe y se esta Aplicando	0.6	1.71	
Pl-4: Plan de gestion de riesgos e inundacion	No existe y No esta planificado	N/A	Existe y se esta Aplicando	0	0	
Pl-5: Plan Renovacion de red a medio plazo	No Aplica	N/A	Existe y se esta Aplicando	0.4	1.14	
Pl-6: Plan desbordamientos episodios de lluvia	Existe y no se esta Aplicando	N/A	Existe y se esta Aplicando	0.6	1.71	
Pl-7: Plan mantenimiento preventivo elementos electromecánicos	Existe y se esta Aplicando	N/A	Existe y se esta Aplicando	1	2.85	
Pl-8: Modelo hidráulico de la red	Existe y no se esta Aplicando	N/A	Existe y se esta Aplicando	0.6	1.71	
					<b>Total Pl.=</b>	<b>14.25</b>

Nota Total en Base a 100 **63.67**

“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”

Autora: Janibel Hurtado Batista

Informe Final Auditoria a Red de Saneamiento de:

Ejemplo 1
Fecha: 25/7/17

Evaluacion de Resultados por Indicador

INDICADOR	NOTA	Nota Máxima	Recomendaciones
Operativos	18.07	25.65	Revisar Indicadores y Mejorar los Necesarios
Economicos	4.56	5.7	Revisar Indicadores y Mejorar los Necesarios
Medios Humanos y Mecanicos	11.97	22.8	Revisar Indicadores y Mejorar los Necesarios
Medioambiental	7.98	11.4	Revisar Indicadores y Mejorar los Necesarios
Calidad	6.84	11.4	Revisar Indicadores y Mejorar los Necesarios
Planificación	14.25	22.8	Revisar Indicadores y Mejorar los Necesarios
<b>NOTA FINAL</b>	<b>63.67</b>		<b>Auditar cada 2 años</b>

OBSERVACIONES

1. Esta nota esta evaluada en Base a una puntuacion de 100
2. Para obtener 100 en la nota final, el resultado de todos los indicadores deben alcanzar la nota máxima
3. Si almenos el 50% de los indicadores alcanza la nota maxima o aproximada se puede considerar una Gestion Adecuada

Para el informe del ejemplo 1 podemos decir que los indicadores operativos y económicos para este ejemplo alcanzan más de un 70 % de la nota máxima, lo que implica que los datos proporcionados para calcular estos indicadores están dentro de rangos aceptables.

Por otro lado los indicadores que tratan los medios humanos y mecánicos, así como los indicadores medioambientales, indicadores de calidad y de planificación, se encuentran entre un 50 y 60% de sus respectivas notas máximas, esto no quiere decir que estén mal, pues todos sobrepasan el 50%, sin embargo estos indicadores tienen puntos más débiles que los otros, por lo que es necesario evaluar ciertos puntos para encontrar cuales son los que debilitan el resultado final de la auditoría.

Aunque ninguno de los indicadores alcanza la nota máxima, al pasar todos del 50 % y obtener una nota final mayor que 60 puntos, esta gestión es considerada adecuada. Se propone que la auditoria será necesaria hacerla al menos cada 2 años, tomando en cuenta siempre, que se deben evaluar los indicadores cuya nota sea de un valor muy inferior de la nota máxima.

*“Auditoría de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”*

*Autora: Janibel Hurtado Batista*

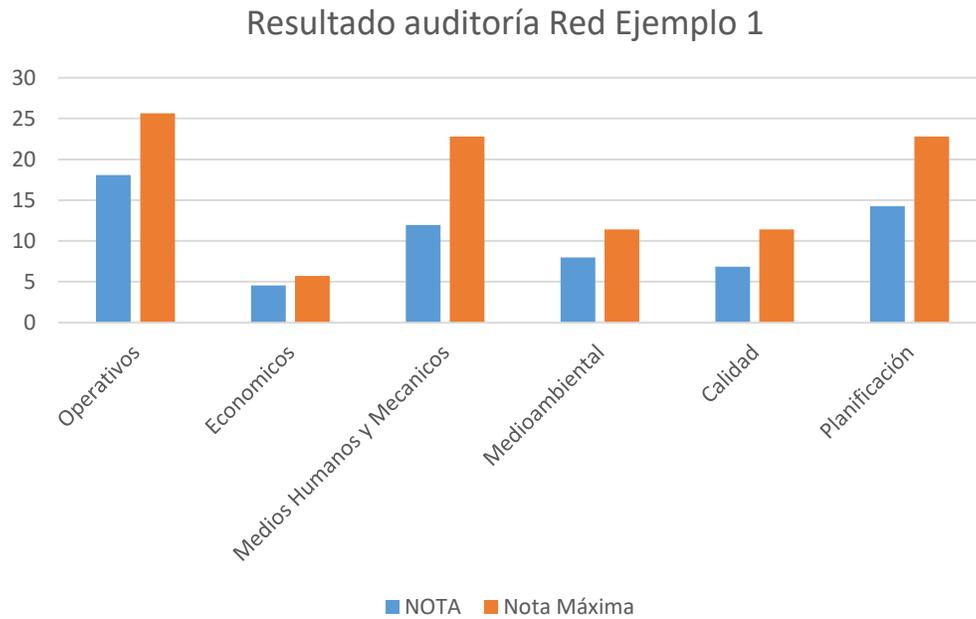


Grafico 1. Informe final ejemplo 1

**EJEMPLO 2:**

**Auditoria de la red de saneamiento a partir de indicadores de gestion optimizada**

**Ciudad Auditada**

**Ejemplo 2**

**Fecha**

**5/9/2017**

<b>A Datos Generales de la Red</b>		<b>Unidad</b>
1 Poblacion	<b>696676</b>	<b>Hab.</b>
2 Longitud de la red de alcantarillado (Km)	<b>2980</b>	<b>km</b>
3 Diametro Tuberias (mm)	<b>300</b>	<b>mm</b>
4 Longitud red No visitable (Km)	<b>20.5</b>	<b>km</b>
5 Longitud red visitable (Km)	<b>395</b>	<b>km</b>
6 Longitud red renovada	<b>0.2</b>	<b>km</b>
7 Longitud red rehabilitada	<b>1.2</b>	<b>km</b>
8 Personas conectadas a la red	<b>418005.6</b>	<b>Hab.</b>
<b>B Problemas principales</b>		
1 No. de Obstrucciones/año	<b>388</b>	<b>Uds/año</b>
2 No. Desbordamientos en la red	<b>84</b>	<b>Uds/año</b>
3 No. Inundaciones Imbornales	<b>73</b>	<b>Uds/año</b>
<b>C Elementos de la Red</b>		
1 No. de Pozos de registro	<b>14026</b>	<b>uds</b>
2 No. Imbornales	<b>12191</b>	<b>uds</b>
3 No. Acometidas Domiciliarias	<b>6150</b>	<b>uds</b>
4 No. Estaciones de Bombeo	<b>20</b>	<b>uds</b>
5 No. Aliviaderos	<b>35</b>	<b>uds</b>
<b>D Control de Vertidos</b>		
1 Empresas Auditadas	<b>15</b>	<b>uds</b>
2 Empresas con muestras	<b>7</b>	<b>uds</b>
3 No. de muestras totales	<b>324</b>	<b>uds</b>

*“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”*

*Autora: Janibel Hurtado Batista*

**E Limpieza**

		<b>Unidad</b>
1 Longitud de red Limpiada (km)	305	km
2 No. de imbornales limpiados	4579	uds
3 Residuos extraídos de la red	481	ton
4 No. de Equipos de limpieza	4	uds
5 No. horas de limpieza	2109	horas
6 No. de Sumideros Limpiados	95	uds

**F Inspeccion**

1 Longitud de red Inspeccionada (km/año)	160.8	km/año
2 No. de Camaras de Inspeccion Disponibles	1	uds
3 No. de horas de inspeccion con Camara	210	uds
4 No. de Pozos inspeccionados	1935	uds
5 Inspeccion Estaciones de Bombeo	7	uds
6 Long. Inspeccionada con GIS	321	km
7 Tuberias evaluadas con Camara o robots	175	km

**G Planificacion**

1 Reglamento de vertidos Reglamento/ordenanza construccion nuevas redes y	Existe y no se esta Aplicando
2 acometidas	No existe pero esta planificado
3 Reglamento fiscal/sancionador	No existe y No esta planificado
4 Plan de gestion riesgos inundacion	No existe y No esta planificado
5 Plan de gestion vertido industriales	Existe y no se esta Aplicando
6 Plan renovacion red	No Aplica
7 Plan desbordamientos episodios de lluvia	Existe y se esta Aplicando
8 Modelo Hidraulico de la Red	Existe y no se esta Aplicando

*“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”*

*Autora: Janibel Hurtado Batista*

---

<b>H Costes</b>		<b>Unidad</b>
1 Inversion Mantenimiento de la red	27991.68	Euros
2 Precio Gestion agua residual	15.576	Euros/hab y año
3 Ingresos	3732214	Euros
 <b>I Medios Humanos y Mecanicos</b>		
1 Trabajadores activos en la red	6	
2 Personal Tecnico-Adm.	5	
3 Operadores/Camion	6	
4 Capataces	4	
5 Total personal	21	
6 No. Accidentes / año	7	
7 No. de Camiones de Limpieza	3	
8 Personal Vacunado	6	
 <b>J Calidad</b>		
1 Reclamaciones Recibidas	780	Uds/año
2 Respuestas a las Reclamaciones	367	Uds/año
3 Reclamaciones Resueltas	196	Uds/año

*“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”*

*Autora: Janibel Hurtado Batista*

**Indicadores Operativos:**

- Op-1: Inspeccion de red de Alcantarillado
- Op-2: Inspeccion de Pozos de acceso
- Op-3: Limpieza de Alcantarillado
- Op-4: Limpieza de Sumideros
- Op-5: Inspeccion estacion de Bombeo
- Op-6: Rehabilitacion red de alcantarillado
- Op-7: Renovacion red alcantarillado
- Op-8: Obstrucciones en red y Acometida
- Op-9: Puntos de red sin sensorizacion para avisos de fallo
- Op-10: Inspeccion de tuberias mediante Robots y Camaras

INDICADOR	FORMULA	Calculo	Unidad
Op-1: Inspeccion de red de Alcantarillado: (%/año)	$Op-1 = \frac{\text{Longitud de la red inspeccionada}}{\text{Longitud red total}} * 100$	5.40	%/año
Op-2: Inspeccion de Pozos de acceso (%/año)	$Op-2 = \frac{\text{Num. de pozos inspeccionados al año}}{\text{Total de pozos}} * 100$	13.80	% / año
Op-3: Limpieza de Alcantarillado (%/año)	$Op-3 = \frac{\text{Longitud de la Red limpiada al año}}{\text{Long. Red total}} * 100$	10.23	%/año
Op-4: Limpieza de Imbornales (%/año)	$Op-4 = \frac{\text{No. de Imbornales limpiados}}{\text{Total de Imbornales}} * 100$	37.56	%/año
Op-5: Inspeccion estacion de Bombeo. Incluye limpieza de cantara y extracción y revisión de bombas: (num./año)	$Op-5 = \frac{\text{No. inspecciones estaciones de bombeo}}{\text{total estaciones de bombeo}} * 100$	35.00	%/año
Op-6: Rehabilitacion red de alcantarillado (%/año)	$Op-6 = \frac{\text{Long. Red rehabilitada}}{\text{Long. Red total}} * 100$	0.00	%/año
Op-7: Renovacion red alcantarillado (%/año)	$Op-7 = \frac{\text{Long. Red renovada}}{\text{Long. Red total}} * 100$	0.00	%/año
Op-8: Obstrucciones en la red	$Op-8 = \frac{\text{No. obstrucciones}}{\text{Long. Red total}} * 100$	13.02	% / año /km de red
Op-9: Puntos de red con sensorizacion para avisos de fallo	$Op-9 = \frac{\text{Todos los puntos con sensores}}{\text{longitud de la red}} * 100$	1.85	%/km de red
Op-10: Inspeccion de tuberias mediante Robots y Camaras	$Op-10 = \frac{\text{Longitud de tuberias inspeccionadas con camaras o robots}}{\text{Longitud total de la red}} * 100$	5.87	%

*“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”*

*Autora: Janibel Hurtado Batista*

---

**Indicadores Economicos**

Ec-1: Inversiones para mantenimiento (€ / habitantes / año)

Ec-2: Ingresos (€ /habitantes conectados a la red / año)

<b>INDICADOR</b>	<b>FORMULA</b>	<b>Cálculo</b>	<b>Unidad</b>
<b>Ec-1: Inversiones Mantenimiento (€ / habitantes / año)</b>	Ec-1= Total inversiones para mantenimiento / Poblacion total	<b>0.04 €</b>	<b>(€ /hab./año)</b>
<b>Ec-2: Ingresos (€ /habitantes conectados a la red / año)</b>	Ec-2= Ingresos de la empresa * Personas Conectadas a la red/año	<b>8.93 €</b>	<b>€ /hab./año</b>

*“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”*

*Autora: Janibel Hurtado Batista*

**Medios Humanos y Mecánicos**

- P-1: Empleados trabajando por Longitud de alcantarilla
- P-2: Empleados con Formación Universitaria
- P-3: Empleados no Universitario
- P-4: Personal con Vacunación
- P-5: Accidentes Laborales
- P-6: Camiones de Limpieza (Km limpiados por Camion)
- P-7: Evaluación de Tuberías con GIS

INDICADOR	FORMULA	Calculo	Unidad
P-1: Empleados trabajando por cada 100 km de red	$P-1 = (\text{Trabajadores en la red} / \text{longitud de red}) * 100$	0.20	%
P-2: Empleados con Formación Universitaria (%)	$P-2 = (\text{Personal Universitario} / \text{Total Personal}) * 100$	23.81	%
P-3: Empleados no Universitario (%)	$P-3 = (\text{Personal No Universitario} / \text{Total Personal}) * 100$	57.14	%
P-4: Personal con Vacunación (%)	$P-4 = (\text{Personal Vacunado} / \text{Personal en contacto con medio residual}) / 100$	50.00	%
P-5: Accidentes laborales (No. / 100 empleados /año)	$P-5 = ((\text{No. accidentes} / \text{Total personal}) * 100$	33.33	%
P-6: Km de red limpiado por Camion	$P-6 = (\text{Long. Red limpiada} / \text{No. de Camiones disponibles}) * 100$	101.67	Km/camion
P-7: Evaluación de tuberías mediante GIS o SIG	$P-7 = (\text{Longitud de tuberías evaluadas con GIS} / \text{Longitud total de la red}) * 100$	10.77	%

*“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”*

*Autora: Janibel Hurtado Batista*

**Indicadores Medioambientales**

MA-1: Sedimentos Extraídos

MA-2: Desbordamientos

MA-3: Control de Vertidos (Empresas)

MA-6 Control de Vertidos (muestras)

INDICADOR	FORMULA	Calculo	Unidad
<b>MA-1 Sedimentos Extraídos del alcantarillado antes de tratamiento (ton /km red /año)</b>	MA-1: (sedimentos extraídos / long. Red Limpiada)	<b>1.58</b>	<b>Ton/ km red</b>
<b>MA-2: Desbordamientos</b>	MA-2: (No. desbordamientos al año/longitud red)	<b>0.03</b>	<b>und/km</b>
<b>MA-3: Control de Vertidos (Empresas)</b>	MA-3= % de empresas auditadas con muestra / año / total empresas	<b>46.67</b>	<b>%</b>
<b>MA-4: Control de vertidos (Muestras)</b>	MA-4= n° de muestras/ año y km de red	<b>10.87</b>	<b>%</b>

*“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”*

*Autora: Janibel Hurtado Batista*

**Indicadores de Calidad**

CA-1: Reclamaciones Recibidas

CA-2: Respuestas a la reclamaciones

CA-3: Poblacion Conectada a la Red

CA-4: Reclamaciones Resueltas

INDICADOR	FORMULA	Calculo	Unidad
CA-1: Reclamaciones Recibidas (No./Hab./año)	CA-1= (Total Reclamaciones / (Poblacion total *100))	0.11	%
CA-2: Respuestas a la Reclamaciones (%)	CA-2= (No. de respuestas a las reclamaciones / Total reclamaciones) *100	47.05	%
CA-3: Poblacion Conectada a la red (%)	CA-4: (Poblacion conectada al alcantarillado /Poblacion Total) *100	60.00	%
CA-4: Reclamaciones Resueltas	CA-6: (No. de reclamaciones Resueltas / Total reclamaciones) *100	25.13	%

**Indicadores de Planificación**

	Respuesta
Pl-1:Normativa/Ordenanza de Vertidos	Existe y no se esta Aplicando
Pl-2: Reglamento/Ordenanza construccion nuevas redes y Acometidas	No existe pero esta planificado
Pl-3: Reglamento Fiscal Sancionador	No existe y No esta planificado
Pl-4: Plan de gestion de riesgos e inundacion	No existe y No esta planificado
Pl-5: Plan Renovacion de red a medio plazo	Existe y no se esta Aplicando
Pl-6: Plan desbordamientos episodios de lluvia	No Aplica
Pl-7: Plan mantenimiento preventivo elementos electromecánicos	Existe y se esta Aplicando
Pl-8: Modelo hidráulico de la red	Existe y no se esta Aplicando

“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”

Autora: Janibel Hurtado Batista

**RESULTADOS NUMERICOS  
EJEMPLO 2**

	Resultado	Unidad	Valor Medio	Baremo	NOTA	TOTAL
<b>1 Operativos</b>						
Op-1: Inspeccion de red de Alcantarillado: (%/año)	5.40	%/año	1.88 %/año	0.4	1.14	
Op-2: Inspeccion de Pozos de acceso (Numero/año)	13.80	% / año	25 %/año	0.6	1.71	
Op-3: Limpieza de Alcantarillado (%/año)	10.23	%/año	45 %/año	0.6	1.71	
Op-4: Limpieza de Imbornales (%/año)	37.56	%/año	50 %/año	0.6	1.71	
Op-5: Inspeccion estacion de Bombeo (num/año)	35.00	%/año	75 %/año	0.4	1.14	
Op-6: Rehabilitacion red de alcantarillado (%/año)	0.00	%/año	12.54 %/año	0	0	
Op-7: Renovacion red alcantarillado (%/año)	0.00	%/año	20 %/año	0	0	
Op-8: Obstrucciones en red y Acometida	13.02	% / año /km de re	19 %/año/km	0.4	1.14	
Op-9: Puntos de red sin tensorizacion para avisos de fallo	1.85	%/km de red	14 %/km	0.4	1.14	
Op-10: Inspeccion de tuberias mediante Robots y Camaras	5.87	%		0.4	1.14	
					<b>Total Op.=</b>	<b>10.83</b>
<b>2 Economicos</b>						
Ec-1: Inversiones Mantenimiento (€ / habitantes / año)	0.04	(€ /hab./año)	0.8 € /hab./año.	0.4	1.14	
Ec-2: Ingresos (€ /habitantes / año)	8.93	€ /hab./año	9.05 € /hab./año	0.6	1.71	
					<b>Total Ec.=</b>	<b>2.85</b>
<b>3 Medios Humanos y Mecanicos</b>						
P-1: Empleados trabajando por Longitud de Red	0.20	%	1 %/100km	0	0	
P-2: Empleados con Formacion Universitaria	23.81	%	20%	0.8	2.28	
P-3: Empleados con Formacion no Universitaria	57.14	%	51%	0.8	2.28	
P-4: Vacuacion	50.00	%	67%	0.6	1.71	
P-5: Accidentes Laborales	33.33	%	36%	0.6	1.71	
P-6: Km limpiados por Camion	101.67	Km/camion	24 km/camion	0.8	2.28	
P-7: Evaluacion de Tuberias con GIS	10.77	%		0.6	1.71	
					<b>Total P.=</b>	<b>11.97</b>
<b>4 Medioambientales:</b>						
MA-1: Sedimentos Extraidos	1.58	Ton/ km red	1.5 y 1.90 ton/km	1	2.85	
MA-2: Desbordamientos	0.03	und/km	0.12	1	2.85	
MA-3: Control de Vertidos (Empresas)	46.67	%		0.8	2.28	
MA-4: Control de Vertidos	10.87	%		0	0	
					<b>Total MA.=</b>	<b>7.98</b>
<b>5 Indicadores de Calidad</b>						
CA-1: Reclamaciones en el periodo de medida	0.11	%	0.134%	0.8	2.28	
CA-2: Respuestas a la reclamaciones (%)	47.05	%	80-95%	0.4	1.14	
CA-3: Poblacion Conectada a la Red (%)	60.00	%	75%	0.4	1.14	
CA-4: Reclamaciones Resueltas (%)	25.13	%	77.25%	0.4	1.14	
					<b>Total CA.=</b>	<b>5.7</b>
<b>6 Planificacion</b>						
PI-1: Normativa/Ordenanza de Vertidos	Existe y no se esta Aplicando	N/A	Existe y se esta Aplicando	0.6	1.71	
PI-2: Reglamento/Ordenanza construccion nuevas redes y Acometidas	No existe pero esta planificado	N/A	Existe y se esta Aplicando	0.8	2.28	
PI-3: Reglamento Fiscal Sancionador	No existe y No esta planificado	N/A	Existe y se esta Aplicando	0	0	
PI-4: Plan de gestion de riesgos e inundacion	No existe y No esta planificado	N/A	Existe y se esta Aplicando	0	0	
PI-5: Plan Renovacion de red a medio plazo	Existe y no se esta Aplicando	N/A	Existe y se esta Aplicando	0.6	1.71	
PI-6: Plan desbordamientos episodios de lluvia	No Aplica	N/A	Existe y se esta Aplicando	0.4	1.14	
PI-7: Plan mantenimiento preventivo elementos electromecanicos	Existe y se esta Aplicando	N/A	Existe y se esta Aplicando	1	2.85	
PI-8: Modelo hidraulico de la red	Existe y no se esta Aplicando	N/A	Existe y se esta Aplicando	0.6	1.71	
					<b>Total PI.=</b>	<b>11.4</b>
					<b>Nota Total en Base a 100</b>	<b>50.73</b>

“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”

Autora: Janibel Hurtado Batista

Informe Final Auditoria a Red de Saneamiento de:

Ejemplo 2
Fecha: 5/9/2017

Evaluacion de Resultados por Indicador

INDICADOR	NOTA	Nota Máxima	Recomendaciones
Operativos	10.83	25.65	Revisar Indicadores y Mejorar los Necesarios
EconomicoS	2.85	5.7	Revisar Indicadores y Mejorar los Necesarios
Medios Humanos y Mecanicos	11.97	22.8	Revisar Indicadores y Mejorar los Necesarios
Medioambiental	7.98	11.4	Revisar Indicadores y Mejorar los Necesarios
Calidad	5.7	11.4	Revisar Indicadores y Mejorar los Necesarios
Planificación	11.4	22.8	Revisar Indicadores y Mejorar los Necesarios

NOTA FINAL	50.73	Auditar 1 vez al año
------------	-------	----------------------

OBSERVACIONES

1. Esta nota esta evaluada en Base a una puntuacion de 100
2. Para obtener 100 en la nota final, el resultado de todos los indicadores deben alcanzar la nota máxima
3. Si almenos el 50% de los indicadores alcanza la nota maxima o aproximada se puede considerar una Gestion Adecuada

A diferencia del ejemplo 1, donde casi todos los indicadores sobrepasan el 55% de su nota máxima, el segundo ejemplo se mantiene constante alcanzando el 50% de la nota máxima de cada indicador, lo que significa que esta red presenta más debilidades que la primera. No obstante, se puede decir que tanto los indicadores de planificación y los medios humanos y mecánicos para esta red, destacan de manera positiva ante los demás indicadores, lo que significa que, aunque no se considera una gestión adecuada del todo, tampoco es deficiente en su totalidad, simplemente es necesario auditar, es decir, revisar y comparar los indicadores una vez al año, a diferencia del ejemplo 1, por lo menos hasta que estos aumente la nota final de la auditoría.

Aunque se han utilizados redes de saneamiento con algunas características diferentes, al comparar ambos ejemplos se puede observar que la red del primer ejemplo se gestiona de manera más eficiente que la red del segundo ejemplo, esto se puede determinar con los resultados sobre la nota obtenida en la auditoria y la frecuencia con que será necesario auditar dichas redes.

*“Auditoría de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”*

*Autora: Janibel Hurtado Batista*

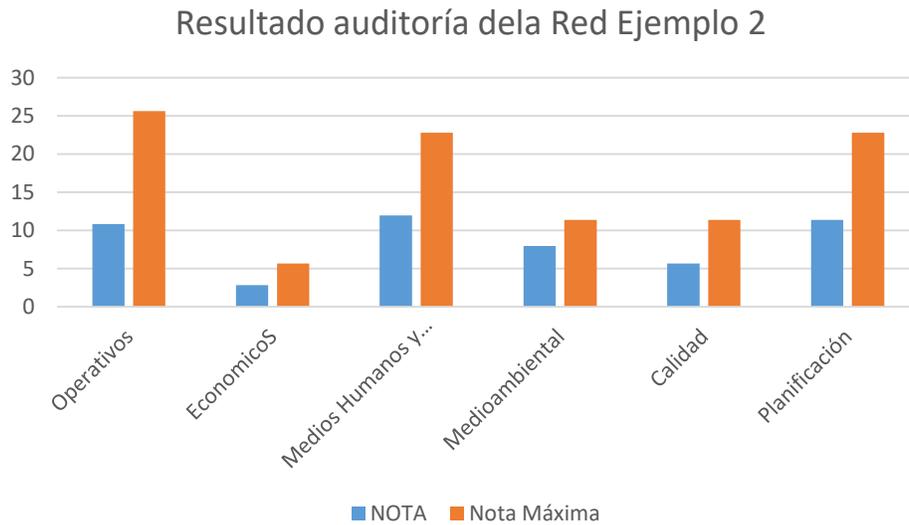


Grafico 2: Informe final ejemplo 2

Estos resultados se han calculado utilizando los indicadores, baremos y pesos detallados en este proyecto, y con los datos de las redes de los ejemplos explicados. Este método está diseñado de manera tal que pueda ser utilizado por cualquier profesional que desee auditar una red de saneamiento y alcantarillado, simplemente facilitando los datos necesarios para dicha auditoría.

## 10. CONCLUSIONES

La gestión adecuada de las redes de saneamiento es una cuestión a la que se le ha dado mucha importancia en las últimas décadas, sobre todo en la Unión Europea. Debido a que el agua que transportan las redes de saneamiento suele tener alto nivel de contaminantes, el objetivo principal de esta gestión es preservar y cuidar el medio receptor, manteniéndolo libre de contaminación, para ello es necesario tener control de las características y parámetros que indiquen en la red para que exista una buena gestión. Con la intención de ayudar en las labores de gestión y mantenimiento de las redes de saneamiento, se plantea el presente proyecto, con el fin de facilitar los indicadores necesarios a tomar en cuenta para una mejor gestión de las redes de saneamiento y alcantarillado, siguiendo el modelo del Benchmarking Europeo 2016.

Tomando como punto de partida los indicadores de operación y siguiendo así mismo con los demás, hasta los indicadores de planificación, es necesario tomar en cuenta los datos que requiere cada uno para su cálculo. Con dicho cálculo lo que se busca es obtener una nota final donde se pueda determinar la calidad de la gestión de la empresa auditada.

Como se muestra en los ejemplos 1 y 2, las redes y empresas auditadas difieren de algunos datos, lo que se nota en el resultado de la auditoria, al obtener el ejemplo 1 una nota más alta que el ejemplo 2, significando esto que la red del ejemplo 2 debe evaluar y corregir más puntos que la red ejemplo 1 para obtener mejores resultados en auditorias futuras.

El uso de estos indicadores ayuda a optimizar y priorizar cualquier trabajo proactivo mediante la predicción de la condición de alcantarillado y el rendimiento. Es importante que el profesional encargado de dicha gestión esté al tanto de todos estos indicadores y se lleve el monitoreo constante de los mismos para garantizar una gestión óptima y eficiente donde se cumplan los servicios de saneamiento en su totalidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agudo, J. P., López, J. S., & Álvarez, J. A. (2008). Gestión de las aguas pluviales: implicaciones en el diseño de los sistemas de saneamiento y drenaje urbano. Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio de Fomento.

Akhtar, S., Reza, B., Hewage, K., Shahriar, A., Zargar, A., & Sadiq, R. (2015). Life cycle sustainability assessment (LCSA) for selection of sewer pipe materials. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 17(4), 973-992

Ashley, R. M., Fraser, A., Burrows, R., & Blanksby, J. (2000). The management of sediment in combined sewers. *Urban Water*, 2(4), 263-275.

ASOCIACIÓN, D. E. R. D. A. POTABLE Y SANEAMIENTO DE LAS AMERICAS-ADERASA.(2007) Manual de indicadores de gestión para agua potable y alcantarillado sanitario. Buenos Aires.

Balairón, L. (2008). Guía Técnica sobre redes de saneamiento y drenaje urbano. CEDEX, Manuales y recomendaciones,

Manual de Alcantarillas de Cartagena, 20 de marzo de 1986.- El presidente, José Linares Mercader. ORDENANZAS MUNICIPALES REGULADORAS DEL SERVICIO DE ALCANTARILLADO

Chen, Y., Cowling, P., Polack, F., Remde, S., & Mourdjis, P. (2017). Dynamic optimisation of preventative and corrective maintenance schedules for a large scale urban drainage system. *European journal of operational research*, 257(2), 494-510.

Correas B. (2016). Concejal por Ciudadanos en el Ayuntamiento de Las Palmas de Gran Canaria. Editora El Diario.

*“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”*

*Autora: Janibel Hurtado Batista*

---

DAPSAN (2012), Dirección de Agua Potable y Saneamiento. Manual de indicadores de Gestión para Agua Potable y Alcantarillado Sanitario. Paraguay.

De Toffol, S. (2009). Sewer system performance assessment: an indicators based methodology. IUP-Innsbruck University Press.

Empresa Editora El Comercio.(2017) Jr. Miró Quesada #300 Lima 1 Perú. Copyright © Elcomercio.pe. Grupo El Comercio - Todos los derechos reservados.

Eggimann, S., Mutzner, L., Wani, O., Schneider, M. Y., Spuhler, D., Moy de Vitry, M., ... & Maurer, M. (2017). The Potential of Knowing More: A Review of Data-Driven Urban Water Management. *Environmental Science & Technology*, 51(5), 2538-2553.

Escobar, F., & Martín, A. *INSTALACIONES 1: Sistemas de Instalaciones de Abastecimiento, Saneamiento y Eléctricas.*

Hernández Muñoz, A. (1997). Saneamiento y alcantarillado. Vertidos residuales. Colección Senior n°7. Ed. CICCIP.

Espín Leal, P. (2016). Estudio de los flujos de contaminación transportados por un sistema de saneamiento y drenaje unitario en tiempo de lluvia para la ciudad de Murcia.

Fenner, R. A. (2000). Approaches to sewer maintenance: a review. *Urban water*, 2(4), 343-356.

Informe de Responsabilidad Social Corporativa, Aguas de Murcia, EMUASA (2013).

Informe de Responsabilidad Social Corporativa, Aguas de Murcia, EMUASAS (2015).

Memoria de Responsabilidad Social Corporativa, EMUASA (2015)

Muñoz, A. H. (2007). Saneamiento y alcantarillado: vertidos de aguas residuales. C. D. I. de Caminos, & C. y Puertos (Eds.). Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

*“Auditoria de una red de saneamiento a partir de indicadores de gestión optimizada, caso de aplicación a dos redes de alcantarillado tipo”*

*Autora: Janibel Hurtado Batista*

---

Reporte de sustentabilidad, Aguas Andinas (Chile, 2015).

Responsabilidad Social Empresarial, EMALCSA (2013)

Tipología de pozos de registro en redes de saneamiento. Cristina Lechuga. CEDEX. Ávila 2005

UNATSABAR, C. (2005). Operación y mantenimiento de sistemas de alcantarillado sanitario en el medio rural. In Operación y mantenimiento de sistemas de alcantarillado sanitario en el medio rural. UNATSABAR.