

# **Análisis de las pérdidas de agua en los sistemas de abastecimiento**

**David Ramírez Cardona**

**daraca01@hotmail.com**

2014

Santiago de Cali - Colombia

## Tabla de contenido

1. Introducción.....	4
2. Estado del Arte .....	4
2.1. Marco teórico .....	5
2.1.1. Balance Hídrico .....	6
2.1.2. Pérdidas Comerciales.....	6
2.1.3. Pérdidas Técnicas.....	7
3. Diagrama de Flujo (Modelo).....	9
4. Conclusiones .....	10
5. Bibliografía.....	10
6. Agradecimientos.....	12

## **Resumen**

Uno de los principales parámetros de eficiencia de los prestadores de servicio de agua potable en Colombia es el índice de agua no contabilizada (IANC); este indicador incluye la pérdida técnica, la pérdida no-técnica, el consumo legal no-facturado y las pérdidas comerciales. Los entes reguladores han establecido el nivel de pérdidas aceptables en un 30% del agua producida, situación que ha llevado a las empresas prestadoras del servicio de abastecimiento a crear estrategias para controlar y disminuir su actual IANC, ya que un elevado índice de pérdidas refleja una ineficiente labor del prestador del servicio, lo cual puede tener repercusiones ambientales, sobre el equilibrio económico de la empresa y por parte de las empresas reguladoras del servicio, que en el territorio nacional son la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento (CRA) y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD). Actualmente, la empresa de acueducto de Cali presenta un índice de pérdidas de agua del 54%, situación que se pretende controlar por medio de acciones tanto técnicas como comerciales y con las que se pretende disminuir el indicador para evitar posibles sanciones.

## **Summary**

One of the main efficiency parameters of providers of drinking water in Colombia is the rate of non-revenue water (NRW); this indicator includes technical losses, non-technical loss, legal non-billed consumption and commercial losses. Agent control have set the level of acceptable losses by 30% of the produced water, this situation has led the companies that provide services of supplying to develop strategies of control and reduce its current NRW, in fact, a high rate of losses reflect inefficient work of the service, which may have environmental implications, the economic balance of the company and regulatory service companies. In the country they are the Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento (CRA) and the Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD). Currently, the water supply company has rate of non-revenue water of 54%; situation to be monitored with technical and commercial activities and which is intended to lower the NRW to avoid possible sanctions.

## **1. Introducción**

La urbanización, junto con su inseparable desarrollo industrial, tiene profundos impactos sobre el ciclo hidrológico tanto cuantitativa como cualitativamente (Zapata, 2009); adicionalmente, se encuentra la evidencia del cambio climático el cual se está produciendo a escala planetaria y que, en términos hidrológicos, significará una disminución del agua disponible.

Aunado a lo anterior, se debe tener en cuenta el ciclo antrópico del agua, en el cual, se produce la intervención humana generando modificaciones al ciclo natural conocido, disminuyendo la calidad del agua apta para consumo y reduciendo, por ende, las fuentes de suministro.

Los recursos hidráulicos disponibles en las cercanías de las ciudades se están degradando a tal punto que aumenta substancialmente el costo marginal de su abastecimiento. Esto aumenta de la necesidad de explotar fuentes nuevas en ocasiones remotas, así como de los mayores requisitos de tratamiento a raíz del deterioro de la calidad del agua. Como ejemplo de lo mencionado, en Colombia 67m<sup>3</sup>/s de agua residual son descargados en fuentes hídricas y solo el 8% es tratado previo a su vertimiento (DNP, 2002 citado por Peña, 2003)

En el caso de las empresas abastecedoras de agua, cada volumen del fluido que se extrae de las fuentes para ser potabilizada y transportada por la red de distribución urbana, que es entregada a un cliente, que se consume y no es registrado, es suministrado por la empresa de forma gratuita (IMTA, 2007). En tales casos, no se recibe ninguna compensación económica por el servicio prestado, lo cual puede generar un impacto importante sobre el equilibrio económico de la compañía (Arregui *et al.*, 2006) y en especial sobre el valor del Índice del Agua No Contabilizada (IANC); el cual es calculado como la diferencia entre el volumen que capta el sistema de acueducto y el volumen de agua que se entrega y factura a los usuarios (Gómez, 2003).

El Banco Mundial (2013) estimó que el 45% del agua producida en América Latina es agua no facturada, situación que no es ajena a la actualidad del sistema de acueducto de las Empresas Municipales de Cali EMCALI EICE ESP, el cual enfrenta nuevos retos en materia de reducción de pérdidas pues ha alcanzado niveles superiores al promedio determinado para América Latina, siendo esta una situación dramática para la empresa y con lo cual se estaría aportando negativamente al Objetivo del Desarrollo del Milenio que garantiza la sostenibilidad del medio ambiente y para lo cual se plantearon entre otras, las metas de integrar los principios del Desarrollo Sostenible en las políticas y los programas nacionales y reducir la pérdida de recursos del medio ambiente (PNUD, 2014).

## **2. Estado del Arte**

En los últimos años, al concebir los sistemas de abastecimiento de agua, además de los conceptos de cobertura, calidad, continuidad, cantidad y costos, se ha dado énfasis a los

problemas relacionados con el uso eficiente del agua puesto que, actualmente se gastan y utilizan de manera ineficiente grandes cantidades de la misma y, a menudo, la demanda está creciendo mucho más rápido de lo que la naturaleza puede abastecer (Fernández y du Mortier, 2005). Lo anterior implica el desarrollo de procesos orientados a la reducción de la cantidad del fluido empleado en las diferentes actividades de los sistemas; por lo tanto la pérdida de agua es un tema de relevancia porque ésta es un recurso limitado y no siempre disponible (Sánchez, 1999 citado por Sánchez *et al.*, 2011), por ende, Con el tiempo, será cada vez más difícil equilibrar la demanda con la oferta (Cabrera *et al.*, 2002)

En las Empresas Municipales de Cali EMCALI EICE ESP, el indicador actual para medir la gestión de pérdidas de agua en el sistema de acueducto es el Índice de Agua No Contabilizada y su nivel aceptable se encuentra en el 30% (CRA y MinVivienda, 2013). Actualmente, dicho indicador se encuentra 24 puntos porcentuales sobre el valor máximo establecido por el ente regulador, es decir en 54% (Diario El País, 2014); situación que ha llevado a la empresa a desarrollar una política para la reducción y el control de las mismas, enfocado en tres aspectos fundamentales (CRA, 2007): el medio ambiente, la conservación de recursos y los costos económicos para prestadores y consumidores. A continuación se explican mencionados aspectos:

- Los costos ambientales dependen del impacto de los proyectos de extracción y distribución, así como de las medidas de mitigación que se hayan implementado. Estos costos están, o debieran estar, incluidos en los costos de cada proyecto, por lo que un nivel no eficiente de pérdidas estaría incrementando también los costos ambientales asociados.
- Los costos asociados a la conservación de los recursos corresponden no exactamente al posible agotamiento de las fuentes, ya que estos recursos son renovables, sino más bien al gradual incremento de los costos de fuentes alternativas (i.e., desalinización) y a la pérdida de oportunidades de usos alternativos, como irrigación, recreación, insumo industrial y otros.
- Los costos económicos para la empresa, e indirectamente para los consumidores debido a la transferencia de ineficiencia vía tarifa, son tal vez los más evidentes, ya que se están aplicando recursos financieros a la extracción, transmisión, tratamiento, almacenamiento y bombeo de volúmenes de agua que finalmente no son consumidos por el cliente ni facturados por el prestador del servicio.

Debido a que realizar el control de las pérdidas de agua requiere de una labor constante y en la cual, la mayoría de las acciones ejecutadas no presentan resultados a corto tiempo, con el desarrollo de las propuestas e implementación de las mismas, se espera, para el año 2017, haber logrado estabilizar y reducir el indicador a por lo menos, un 47% de pérdidas, valor acorde y aceptable para un sistema de abastecimiento como el de la ciudad de Cali que cuenta con más de 576.000 suscriptores.

## **2.1. Marco teórico**

Uno de los principales parámetros de eficiencia de los prestadores de servicio de agua potable es el índice de agua no contabilizada (IANC); este indicador incluye la pérdida

técnica, la pérdida no-técnica y el consumo legal no-facturado. La suma de estos dos últimos componentes constituye la llamada pérdida comercial (CRA, 2007).

Para determinar el nivel de eficiencia de los prestadores con relación a las pérdidas de agua es necesario clasificarlas adecuadamente para definir, exactamente, que pérdidas están fuera del control del prestador y cuales son resultado de la gestión de la empresa (CRA, 2007).

### 2.1.1. Balance Hídrico

El balance hídrico es una herramienta que permite realizar un diagnóstico integral sobre la situación de las pérdidas de agua en la gestión operacional y comercial de la prestación del servicio (MMAyA, 2013). A través de este balance de la Asociación Internacional del Agua (IWA – por sus siglas en inglés), los diversos tipos de pérdidas de agua son categorizados tal como se presenta en la Figura 1. Esta herramienta es la base elemental para una gestión de pérdidas de agua estratégica orientada al objetivo (VAG, 2014). A continuación se presenta el esquema propuesto por la IWA para realizar el balance de agua.

VOLUMEN DISTRIBUIDO AL SISTEMA	CONSUMOS AUTORIZADOS	CONSUMOS AUTORIZADOS FACTURADOS	CONSUMOS FACTURADOS MEDIDOS	CONSUMOS MEDIDOS O ESTIMADOS	
			CONSUMOS FACTURADOS NO MEDIDOS		
		CONSUMOS AUTORIZADOS NO FACTURADOS	CONSUMOS NO FACTURADOS MEDIDOS	AGUA NO CONTABILIZADA	
			CONSUMOS NO FACTURADOS NO MEDIDOS		
	PÉRDIDAS DE AGUA	PÉRDIDAS APARENTES	CONSUMOS NO AUTORIZADOS		AGUA NO CONTABILIZADA
			ERRORES DE MEDICIÓN EN MICRO MEDIDORES		
		PÉRDIDAS REALES	FUGAS EN LINEAS DE TRANSMISIÓN O LINEAS PRINCIPALES		
			FUGAS Y DESBORDE EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO		
	PÉRDIDAS EN CONEXIONES ANTES DEL MICRO MEDIDOR				

Figura 1. Balance de Agua propuesto por la IWA (Manosalvas, 2011).

### 2.1.2. Pérdidas Comerciales

Las pérdidas comerciales son aquellas relacionadas con el funcionamiento comercial y técnico de la empresa prestadora del servicio (UNAD, 2014). Se presentan por usos no autorizados (robo, conexiones clandestinas), por errores de lectura debido a la imprecisión de los medidores que registran los consumos de los clientes produciéndose un “subcontaje”

o del procesamiento de datos del sistema de información comercial de la empresa (cálculo de consumos, catastro de redes, sistemas informáticos, etc.) (MMAyA, 2013).

### 2.1.3. Pérdidas Técnicas

Las pérdidas físicas corresponden a los volúmenes de agua que se pierden como consecuencia de fallas en la infraestructura física instalada: fisuras, roturas y filtraciones. Las causas de estas fallas pueden ser: (i) factores sobre los cuales se pueden ejercer acciones de control, tales como presiones máximas, calidad de los materiales, procesos constructivos y estado de conservación de los materiales y elementos estructurales, y (ii) factores externos no controlables, tales como características del agua y de los suelos, siniestros provocados por terceros, efectos de las raíces de los árboles sobre las tuberías y presiones externas, entre otras (MIDEPLAN y PUCC, 1997)

## 2.2. Métodos

Como metodología para disminuir las pérdidas comerciales, el equipo de trabajo ha enfocado sus esfuerzos a realizar gestión del parque de medición, el cual corresponde a la sustitución de medidores que se han identificados con problemas (parados, dañados, rotos o con algún indicio de alteración del mecanismo de lectura) con lo cual se estaría presentando submedición.

Adicionalmente, se identificaron e instalaron equipos de medición en las zonas a las que se les está suministrando agua, pero que por su condición de Asentamientos Humanos de Desarrollo Incompleto (AHD) no pueden ser facturados. Lo anterior para obtener registros del agua suministrada no facturada.

En lo referente a las pérdidas técnicas, se está implementando la estrategia planteada por la IWA y en la cual el trabajo se enfoca en mejorar la gestión de la infraestructura física (contratos de sustitución de redes), control activo de las fugas (rastreo sistemático en zonas identificadas con grandes pérdidas de agua en tubería), aumentar la velocidad y la calidad de las reparaciones efectuadas y el control activo de presiones (sectorización hidráulica), tal como se aprecia en la Figura 2.

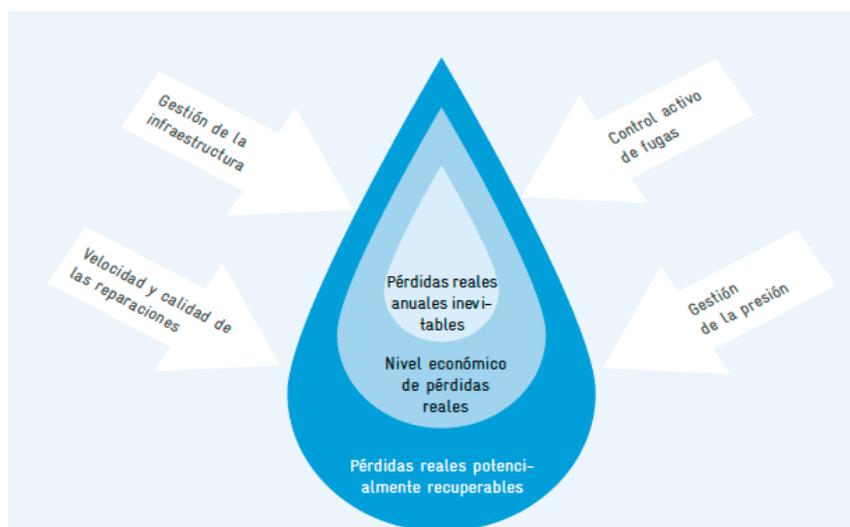
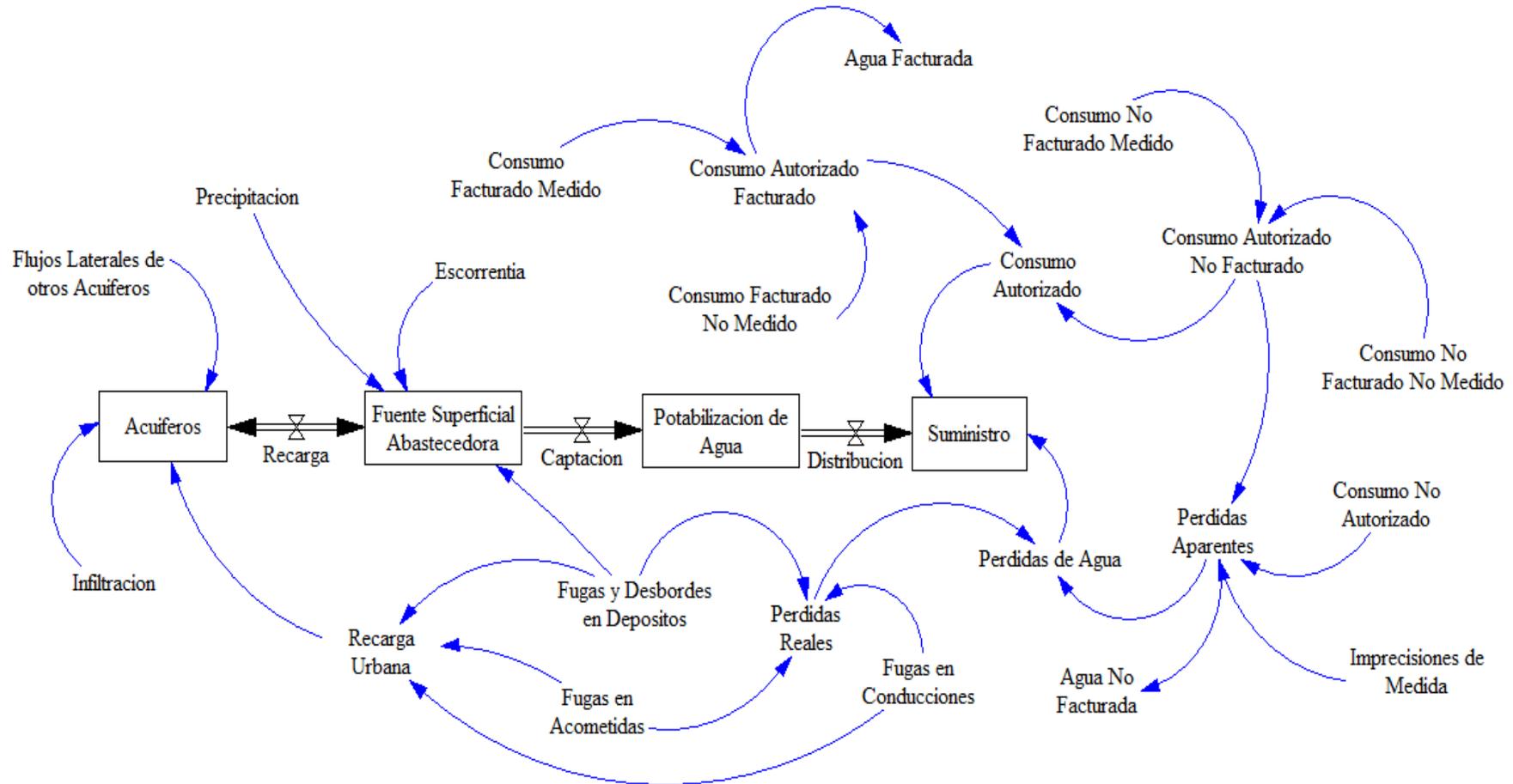


Figura 2. Los cuatro métodos principales contra las pérdidas reales de agua según el Grupo de Trabajo sobre Pérdidas de Agua de la IWA (GIZ, 2011).

### 3. Diagrama de Flujo (Modelo)

A continuación se presenta la relacionan cada uno de los componentes del balance hídrico con el entorno natural.



Nota: Debido a que existe información que aun esta en recopilación y análisis, no fue posible presentar la información de las salidas del modelo y el comportamiento del mismo al aplicar modificaciones sobre él debido a acciones correctivas.

#### **4. Conclusiones**

Si bien Colombia no registra un índice de estrés hídrico alto, ocupando el séptimo puesto en el ranking mundial de los países con mayor disponibilidad de recursos hídricos renovables (WWF, 2012), se deben impulsar estrategias específicas dirigidas a minimizar la demanda de agua para uso humano y atenuar la contaminación de los cauces receptores.

Si bien en todos los sistemas de abastecimiento presentan pérdidas, éstas presentan características diferentes en cuanto a volumen y naturaleza, debido a factores como el número de suscriptores y longitud de redes, las características de las tuberías, los procedimientos operacionales de cada prestador, así como el nivel de tecnología y conocimiento que se tenga para ejercer el control y reducción de dichas pérdidas.

Aunque el nivel de pérdidas de las Empresas Municipales de Cali EMCALI EICE ESP se encuentre 24 puntos porcentuales por encima de lo establecido regulador, se debe reconocer que con la implementación de las estrategias planteadas y con la consolidación del grupo de trabajo, la tendencia de las misma es la de llegar a la estabilidad para posteriormente enfocar los esfuerzos en la reducción hasta un nivel deseable.

Al igual que en cualquier empresa, es de vital importancia darle constancia al equipo de trabajo que viene desarrollando el tema de las pérdidas de agua, lo anterior para garantizar que la curva de aprendizaje siempre sea en ascenso y no se desperdicien las inversiones realizadas en capacitación y manejo de la información.

#### **5. Bibliografía**

Arregui, F., Cabrera, E., Cobacho, R., García, J. (2006). Reducing apparent losses caused by meters inaccuracies.

Banco Mundial. (2013). América Latina: ¿Por qué las empresas de agua y saneamiento intentan ahorrar energía? Disponible en: <http://www.bancomundial.org/es/news/feature/2013/09/03/latin-america-water-loss-energy-efficiency>

Cabrera, M. E., Cobacho, R., Almandoz, J., Cabrera, R. E., Arregui, F. (2002) La gestión del agua en los países de la Unión Europea: paradigmas del Norte y del Sur.

Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento (CRA). (2007). Proyecto de Reducción de Pérdidas de Agua Potable y Reforma del Marco Regulador. Informe Final.

Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento (CRA), Ministerio de Vivienda de Colombia (MinVivienda). (2013). Nivel de Pérdidas Aceptable para el Cálculo de los Costos de Prestación de los Servicios Públicos Domiciliarios de Acueducto Y Alcantarillado. Documento de Trabajo Proyecto General.

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). (2011). Guía para la reducción de las pérdidas de agua – Resumen. Un enfoque en la gestión de la presión.

Diario El País (2014). Cali pierde tanta agua como la que consume en todo un año. Edición Digital. Disponible en: <http://www.elpais.com.co/elpais/cali/noticias/cali-pierde-tanta-agua-como-consume-todo-ano>

Fernández, A., du Mortier, C. (2005). Evaluación de la condición del agua para consumo humano en Latinoamérica. Solar Safe Water, 2005, Iguazú. Solar Safe Water. 2005. v. 1, p. 18.

Gómez, P. (2003). Implicaciones Financieras de los Programas de Reducción del Índice de Agua No Contabilizada. Monografía. Universidad Nacional de Medellín. Facultad de Administración. Medellín - Colombia

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). (2007). Conceptos de reducción y control de pérdidas, y de sectorización de redes de distribución.

Manosalvas, M.A. (2011). Control y reducción del agua no contabilizada “A.N.C”. Disponible en: <http://memorias.utpl.edu.ec/sites/default/files/documentacion/hidricos2011/utpl-hidraulica-2011-control-reduccion-agua-no-contabilizada.pdf>

Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA). Estado Plurinacional de Bolivia. (2013). Plan Maestro Metropolitano de agua Potable y Saneamiento La Paz – El Alto Bolivia. Informe sobre demandas futuras y estrategias de expansión. Volumen III – Escenarios y Estrategias.

Ministerio de Planificación y Cooperación de Chile (Mideplan). Pontificia Universidad Católica de Chile (PUCC). (1997). Programa de adiestramiento en preparación y evaluación de proyectos. Proyecto Reducción de Pérdidas en Sistemas de Agua Potable.

Peña, M.R. (2003). Pequeños sistemas para el tratamiento de aguas residuales en Latinoamérica. Presentado en Seminario Internacional sobre métodos Naturales para el Tratamiento de Aguas Residuales. Cartagena de Indas.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2014). Objetivos de Desarrollo del Milenio. Colombia 2014.

Sánchez, L.D., Flórez, M. E., Mejía, P.A. (2011). Caracterización de Pérdidas de Agua en el Sistema de Distribución del Acueducto “El Retiro”. Conferencia Internacional Usos Múltiples del Agua: Para la Vida y el Desarrollo Sostenible.

Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). (2014). Lección 7. Cálculo de pérdidas en el sistema de acueducto. Disponible en: [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358040/Contenido\\_en\\_linea\\_Disenio\\_de\\_Plantas\\_Potabilizadoras/leccin\\_7\\_\\_clculo\\_de\\_prdidas\\_en\\_el\\_sistema\\_de\\_acueducto.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358040/Contenido_en_linea_Disenio_de_Plantas_Potabilizadoras/leccin_7__clculo_de_prdidas_en_el_sistema_de_acueducto.html)

VAG-Armaturen GmbH. (2014). El Balance de Agua de la IWA. Disponible en: <http://www.vag-armaturen.com/es/campos-de-aplicacion/gestion-de-la-presion/beneficios-para-el-cliente/reduccion-de-perdidas-de-agua.html>

World Wildlife Fund (WWF). (2012). Una mirada a la agricultura de Colombia desde su huella hídrica. Reporte Colombia.

Zapata, P. (2009). Urbanos y rurales en lucha contra la problemática ambiental. Ecología General. Universidad Blas Pascal.

## **6. Agradecimientos**

El autor desea expresar sus agradecimientos a la fundación Fondo Verde, a la Organización de Estados Americanos y al ICETEX por la oportunidad que brindan a los profesionales para continuar con su formación profesional.

Al docente Juan Martín García, por compartirnos su conocimiento y por su siempre disponibilidad y amabilidad para responder cualquier inquietud que se presentara en el camino. Gracias por su guía.

## **Dinámica de Sistemas**

<http://www.dinamica-de-sistemas.com/>



## **Vensim**

<http://www.atc-innova.com/>

## Libros

## Cursos Online



[Ejercicios](#)



[Curso Básico Intensivo en Dinámica de Sistemas](#)



[Avanzado](#)



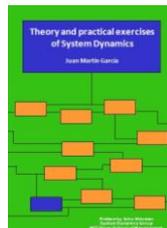
[Curso Superior en creación de modelos de simulación](#)



[Conceptos](#)



[Modelos de simulación en ecología y medioambiente](#)



[English](#)



[Planificación de empresas con modelos de simulación](#)



[Português](#)



[System Thinking aplicado al Project Management](#)