

## **DISEÑO DE UNA INTERFAZ PARA LA DETECCIÓN DE FUGAS DE AGUA**

*Luis Antonio Gama Moreno, Marco Antonio Sánchez Rodríguez, Christopher de Jesús Ochoa Franco.  
lgama@ieee.org, marcoantonios257@gmail.com, criswinxp@hotmail.com*

## Diseño de un Interfaz para la detección de fugas de agua<sup>1</sup>

Gama-Moreno Luis A., Sánchez Rodríguez Marco A., Ochoa Franco Christopher de Jesús.  
lgama@ieee.org, marcoantonios257@gmail.com, criswinxp@hotmail.com

Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No. 27

Zacatepec, Morelos, México, C.P. 62780

**Resumen:** Actualmente el desperdicio del agua representa una fuerte problemática para las comunidades, organizaciones y gobiernos; ya que su mal uso, la mala distribución y los eventos naturales como: sequías, calentamiento global, etc.; contribuyen a la escases de este vital líquido. En este artículo se presenta el diseño de una interfaz para la detección de fugas de agua en una casa-hogar denominado **Aplicación para la Detección de fugas de Agua (AIDA)**. AIDA se compone de dos elementos principales: **1) un conjunto de dispositivos electrónicos** instalados en los depósitos de agua, los cuales permitirán medir los flujos y cantidades del líquido; que a su vez envían los datos a **2) las aplicaciones de software** que llevarán el control de los patrones de consumo y así detectar posibles fugas de agua, y en su caso enviar mensajes de texto cortos (SMS) mediante la red GSM. Por lo tanto, el usuario podrá cerrar el suministro de agua a través de un mensaje de respuesta desde su dispositivo móvil indicando por ejemplo "CERRAR VALVULA". Con AIDA, los usuarios de casas-habitación contarán con una herramienta para monitorear la cantidad de agua, y detectar en base a patrones de consumo posibles fugas potenciales, disminuyendo así el desperdicio de este vital líquido.

**Palabras claves:** Agua, fugas, GSM, SMS, *Cómputo Móvil*.

### A design of a water-leakage detection interface

**Abstract:** Nowadays the waste of water represents a real problem to communities, organizations and governments; since its wrong usage, distribution and natural events as: droughts, global warming, etc; that contributes to the lack of this vital liquid. In this paper the design of an interface for water leak detection in a house called **Detection of Water Leaks Application (DWLA)** is presented. DWLA consists of two main elements: **1) a set of electronic devices** installed in the water tanks, which will allow measuring the flows and quantities of the liquid and information as well; **2) the software applications** that will take the control of consumption patterns, and in this way to detect possible water leaks, by sending short text messages (SMS) through GSM network. Therefore, the user will be able to close the water supply through a text message from the mobile device as a response, indicating "TO CLOSE VALVE" for example. With DWLA, the house owners will count with a tool to monitor the levels of water, and detect any possible potential leaks based on consumption patterns, minimizing the waste of this vital liquid.

**Keywords:** Water, leakage, GSM, SMS, *Mobile Computing*.

## Introducción

Con el crecimiento de la población mundial y el aumento en el consumo de agua por persona, la demanda de agua dulce se está elevando enormemente y ha originado serios problemas en tanto al abastecimiento de agua, lo que se ha convertido en un gran problema en la actualidad, tema que cada día ocupa más la atención de científicos, técnicos, políticos y en general, de muchos de los habitantes del planeta, ya que los suministros de agua dulce son limitados y además se encuentra la amenaza de la contaminación.

La escasez de este vital líquido obliga a repetir consecutivamente llamadas a la moderación de consumo por parte de la población a nivel mundial, ya que sin su colaboración los esfuerzos técnicos que llevan a cabo algunas organizaciones

---

<sup>1</sup> Este artículo esta soportado por el proyecto de investigación "Aplicación para la detección de fugas de agua (AIDA)", financiado por la Dirección General de Educación Superior Tecnológica (DGEST) Clave: 2400.09-P en el Instituto Tecnológico de Zacatepec, Morelos.

resultarían insuficientes. Sólo muy poca agua es utilizada para el consumo del hombre, ya que: el 97% es agua de mar, y solo el 3% restante es agua dulce (ver figura 1) encontrándose en ríos, lagos y mantos subterráneos (Alder, et al., 2007). Además el agua tal como se encuentra en la naturaleza, requiere ser tratada para el consumo humano, para eliminar las partículas y organismos que pueden ser dañinos para la salud, y finalmente debe ser distribuida a través de tuberías hasta los hogares para que pueda ser utilizada sin riesgo alguno (Aguilar, 2009).

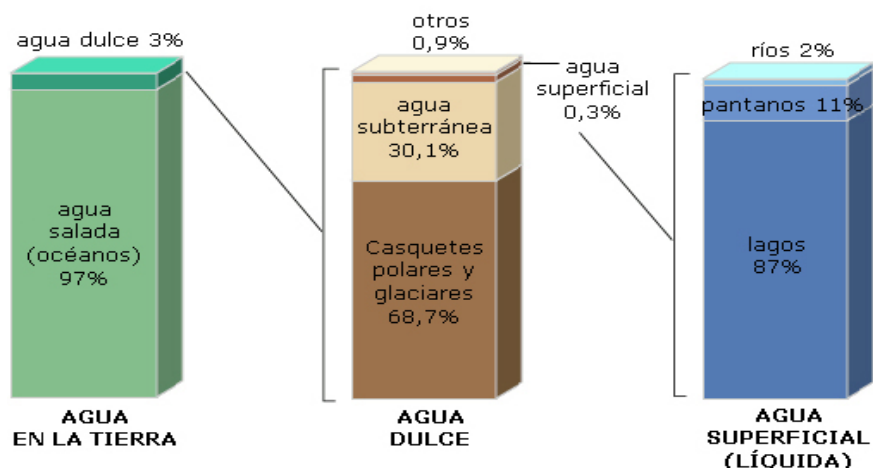


Figura 1. Distribución del agua en el planeta

Este trabajo enfoca su atención particularmente en el tema de “*fugas de agua*”, ya que las malas instalaciones y el mal uso de este vital líquido en nuestra vida cotidiana, ocasionan serios problemas en el abastecimiento y distribución del mismo. Las principales ciudades del país como Monterrey (acueductos de Linares y El Cuchillo), Tijuana (acueducto de Río Colorado-Tijuana), Guadalajara (acueducto de Chapala-Guadalajara) y la Ciudad de México (sistema Cutzamala), más del 40% del suministro de agua potable se pierde por fugas en la red de distribución, ya que la mayoría de las que fueron beneficiadas con grandes acueductos en los 80’s y 90’s, presentan o presentarán un déficit en el abastecimiento, debido a que su diseño fue realizado para satisfacer las necesidades de sus poblaciones en un lapso de 20 a 25 años (Carmona, 2009). Por lo tanto, es urgente la necesidad de mejorar radicalmente los suministros actuales de agua para convertirlos en sustentables (Tortajada, 2003).

## Problemática del agua

El volumen de agua que se gasta en los hogares crece año con año, por lo tanto algunas medidas que se pueden emprender para disminuir la cantidad de esta, son por ejemplo la instalación de dispositivos economizadores o un cambio de hábitos. Las fugas de agua en los suministros de las casas-hogar normalmente son causadas por deterioros de la misma red de tuberías, lugares donde se da muy poco o nulo mantenimiento, y donde la tubería es susceptible a fracturas que pueden iniciar un gran desperdicio, **el problema principal no es el tamaño de la fuga en sí, sino el tiempo que el usuario de la toma tarda en detectar esta fuga**, en la figura 2 se ilustran los tipos de fugas más frecuentes que suceden dentro de una casa-hogar y la cantidad de litros desperdiciados al día y en un mes.

FUGAS MAS FRECUENTES		PÉRDIDAS
	GOTEO	100 Lts. Al día 3m <sup>3</sup> al mes.
	CHORRO DE 1/16 DE PULGADA	400 Lts. Al día 12m <sup>3</sup> al mes.
	CHORRO DE 1/8 DE PULGADA	1,600 Lts. Al día 48m <sup>3</sup> al mes.
	INODOROS	5,000 Lts. Al día 150m <sup>3</sup> al mes.
	CISTERNA	12,000 Lts. Al día 360m <sup>3</sup> al mes.
	TANQUES ELEVADOS	10,000 Lts. Al día 300m <sup>3</sup> al mes.

Figura 2. Medición en litros de fugas comunes

El uso que se hace del agua va en aumento en relación con la cantidad de agua disponible. Los seis mil millones de habitantes del planeta ya se han adueñado del 54 por ciento del agua dulce disponible en ríos, lagos y mantos acuíferos subterráneos. En el 2025, el hombre consumirá el 70 por ciento del agua disponible. Esta estimación se ha realizado considerando únicamente el crecimiento demográfico. Sin embargo, si el consumo de recursos hídricos per cápita sigue creciendo al ritmo actual, dentro de 25 años el hombre podría llegar a utilizar más del 90 por ciento del agua dulce disponible, dejando sólo un 10 por ciento para el resto de especies que habitan el planeta. Como menciona la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2007), el crecimiento de la población y de la actividad económica ocasionarán que, en sólo dos décadas, la disponibilidad del agua en México alcance niveles graves de escasez, advierte la edición 2007 del documento "Estadísticas del Agua en México" producido por la CONAGUA.

En la radiografía nacional plasmada en el informe se hace patente cómo el desperdicio de agua y la mala administración del recurso confirman el pronóstico señalado en el documento de la CONAGUA. Actualmente, a cada mexicano le "corresponden" 4,416 metros cúbicos de agua potable al año. Se prevé que para el año 2030, esta cantidad disminuirá a 3,841 metros cúbicos por habitante. Estados como Coahuila y Durango estarán muy por debajo de la media nacional, con una disponibilidad de 1,838 metros cúbicos por habitante. En algunas regiones, la disponibilidad bajará más, situándose en mil metros cúbicos por habitante, cifra considerada como condición grave de escasez.

Por lo anterior, es importante el desarrollo de nuevos programas y tecnologías para ayudar en la conservación del agua. En este artículo se describe una interfaz constituida por componentes electrónicos y de software en conjunto con la tecnología GSM (Global System for Mobile Communications) para permitir a los usuarios detectar fugas de agua oportunamente.

## Diseño de la interfaz

AIDA es una interfaz que ayudará a que los consumos de agua potable sean más racionados, y también mostrará estadísticas de estos, permitiendo la detección de fugas en base a los patrones de consumo almacenados. Esto permitirá reducir el desgaste de agua innecesario. En la figura 3 se muestra un esquema general del sistema AIDA, dividido en cinco módulos principales para su implementación en una casa-habitación.

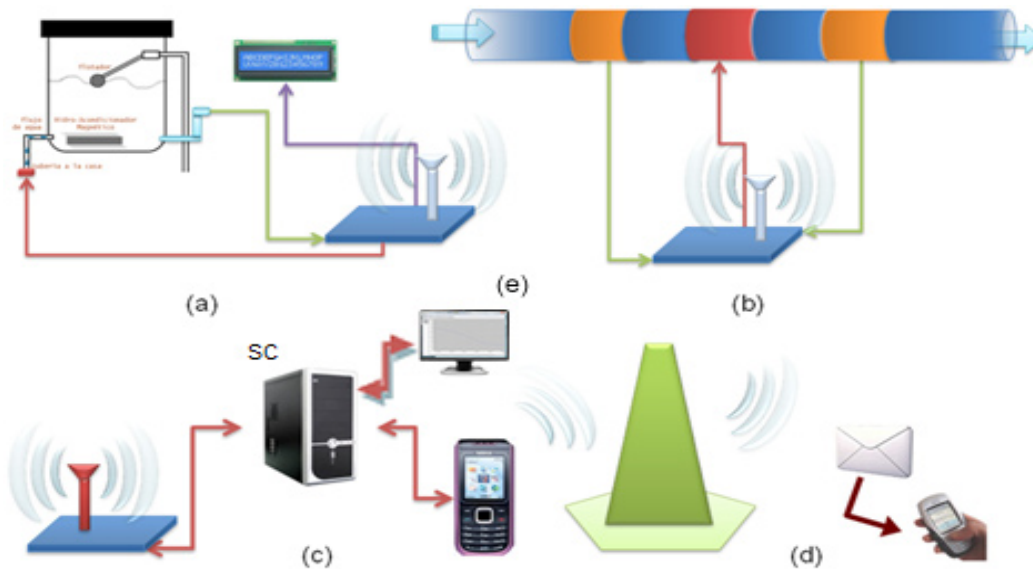


Figura 3. Arquitectura de AIDA

A continuación se describe detalladamente la funcionalidad de cada uno de estos módulos:

a) **Módulo de información de agua disponible (MD):** Este módulo se encarga de obtener el volumen registrado en litros de un contenedor de agua; a través de un sensor de presión, y gracias al principio de Manómetros en U (Mecánica de Fluidos), la presión que ejerce la atmosfera sobre la superficie del agua, conlleva a tener una presión en el fondo del tinaco en proporción a la masa de su contenido, esta presión es encapsulada en un conducto sellado y lleno de aire (cámara de aire), donde el sensor detectará la presión que el aire ejerce con respecto al vacío y el nivel de agua. Un microcontrolador PIC (Controlador de Interfaz Periférico) se encargará de calcular el volumen mediante una ecuación programada, y enviará la información hacia el módulo de registro de información. Este módulo contendrá una llave automática, en caso de que el usuario o el sistema determine que se cierre el suministro de agua de estas fuentes. En la figura 4, se muestra el esquema del

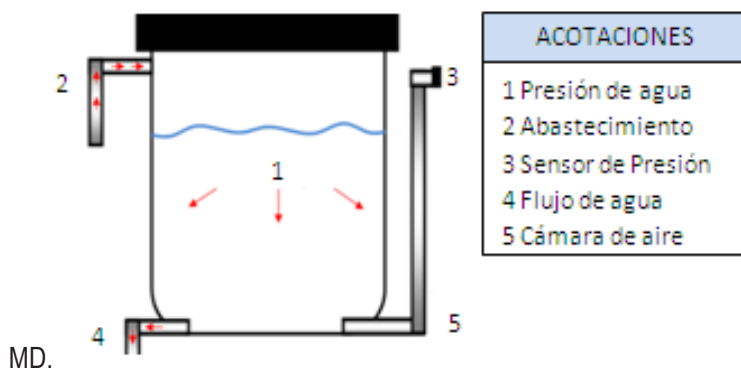


Figura 4. Diagrama esquemático del MD

b) **Módulo medidor de flujo de agua:** Este módulo se encargará de medir la cantidad de agua que pasa a través de un determinado punto de una tubería, con el fin de conocer la cantidad de gasto de agua que fluye en determinado tiempo; con la ayuda de un fluómetro (ver figura 5) ubicado estratégicamente, en la red de tuberías. Este módulo también contará con llaves de paso automáticos, para determinar posibles puntos de fuga en la red

de tuberías.



Figura 5. Fluómetro análogo

- c) **Módulo Maestro (MM):** Este módulo recibirá toda la información proveniente de los módulos medidores de flujo, y detector de nivel de agua para poder ser procesados y respaldados en un Servidor Central (SC). El SC será el encargado de crear las estadísticas de consumo, y parte de la toma de decisiones en casos determinados. En la figura 6, se representa al MM.

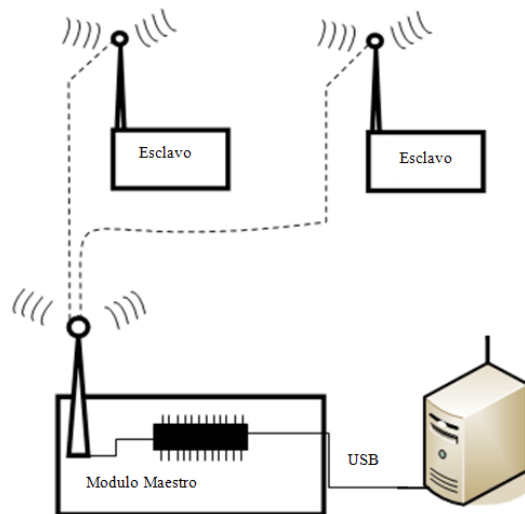


Figura 6. Representación del MM

- d) **Módulo de alertas:** Este módulo se compone de dos elementos, de hardware y software. Por parte del hardware comprende un SC, y un dispositivo móvil, tal como un teléfono celular con acceso a la red GSM llamado servidor móvil, el cual se enlazará con el móvil del usuario vía SMS para el caso de las alertas, y/o peticiones del usuario remotas, este dispositivo estará siempre junto al SC, y se enlazará a él, mediante una conexión Bluetooth, otro elemento de hardware. Por parte del software, se utiliza la API COMM de SUN Microsystems, es la que proporciona el acceso a los dispositivos de conexión serial del equipo. Por otro lado, para establecer la comunicación desde el Servidor Central, hasta el móvil se utiliza la API Gnokii de Nokia (Popik, 2009), la cual es la encargada de realizar la comunicación externa. Para la conexión vía Bluetooth, es necesario el uso de la aplicación BlueSoleil, la cual proporciona el acceso al dispositivo inalámbrico. Para crear las gráficas de

consumo se utiliza la API JFreeChart y una librería de licencia openGL para el lenguaje JAVA.

e) **Módulo de gráficas (MG):** Este módulo es de tipo software y se encuentra instalado dentro del SC, esta construido por medio de una API basada en la plataforma JAVA, esta se integra con la aplicación AIDA monitor, para poder mostrar al usuario, la forma en que se consume o gasta el agua de su casa-hogar. En la figura 6 se observa un ejemplo de gráfica hecha por el MG.

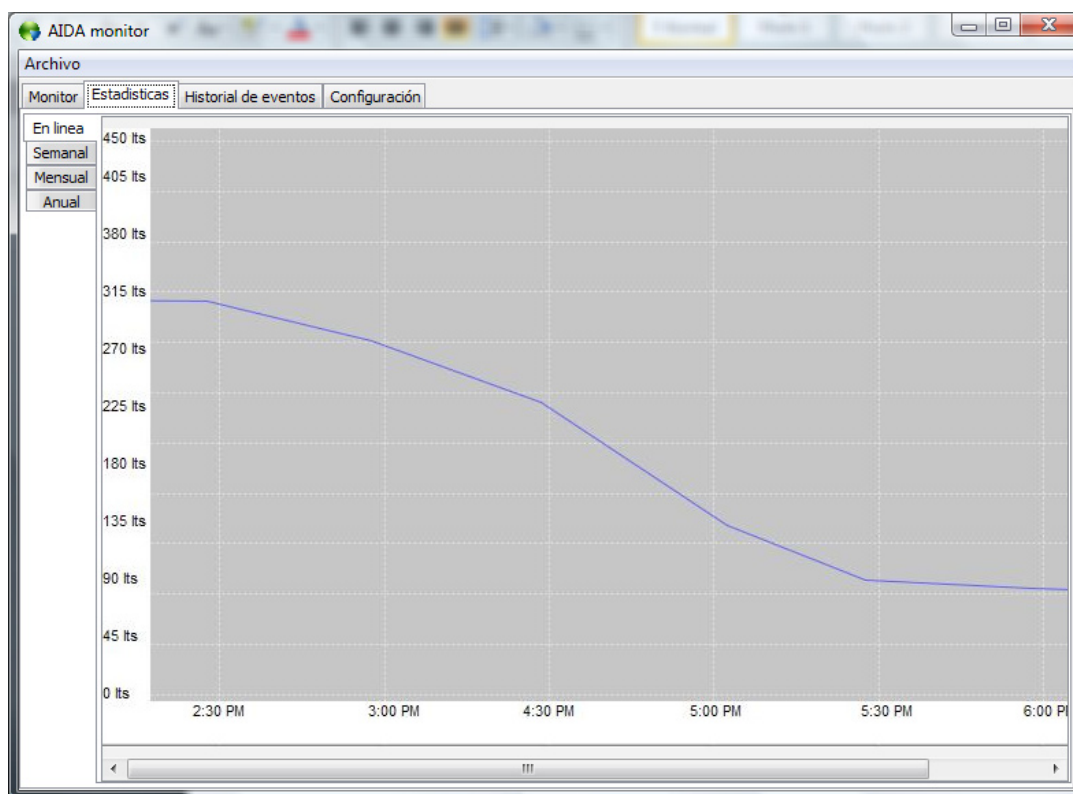


Figura 7. Ejemplo de un gráfico estadístico

## Detectando fugas de agua

La información procedente de cada uno de los módulos, es esencial para lograr el objetivo primordial del sistema “la detección de fugas”. La información obtenida por los sensores es enviada a través de los módulos, el módulo maestro la recibe y posteriormente la recopila y la envía al servidor central, quien es el encargado de procesar los datos provenientes de los módulos.

Para que el sistema pueda detectar óptimamente las fugas, es necesario la recopilación de datos antes de iniciar el servicio, ya que el sistema “necesita saber” cuál es la cantidad habitual de consumo de agua en la casa-hogar y los horarios de consumo, por lo que es necesario tener datos de consumo ya registrados. Esto se logra activando el sistema en modo “aprendizaje”, en el cual se activan las funciones más elementales del sistema, como detección por desbordamiento y aviso de falta de agua; pero los datos de flujo de almacenamiento y uso de agua son guardados en la base de datos del sistema.

Cuando AIDA cuenta con todos estos parámetros, se comparan los resultados obtenidos, desde la cantidad de agua



que corre por el suministro, hasta la forma en la que se almacena el agua en los depósitos, el servidor coteja los horarios para no emitir falsas alarmas. Un ejemplo, podría ser, una ruptura en el tubo que abastece de agua a un tinaco; esto provoca que el tinaco alcance su máxima capacidad más lentamente, o definitivamente no la alcance, en este caso el módulo medidor de flujo de agua determinará si el flujo de agua es el óptimo para llenar el tinaco o que está entrando menos agua de la que debería entrar, es en este punto donde AIDA emite una alerta, para poder resolver este problema.

Otro posible caso, es cuando existe una ruptura en el tinaco, por ende hay un desgaste de agua, ya sea una ruptura pequeña, o grande, el módulo de información de cantidad de agua disponible sensará ese desgaste, y lo comparará con el gasto de agua común, es aquí donde el sistema determina que se pudo haber suscitado una fuga de agua. De los casos anteriores, en ninguno es necesario la recolección de datos, ya que hasta estos puntos, el agua no ha pasado a ser usada por los usuarios, pero en el caso de una llave abierta, una mala instalación dentro de la casa-hogar, o una rotura en una llave, el sistema tiene que decidir si se trata de un desgaste normal, o una fuga. Para ello se utilizan los datos obtenidos por el módulo medidor de flujo de agua, el sistema consulta el flujo normal de agua que abastece a la casa habitación, en caso de que el tubo de abastecimiento tenga un ruptura, existirá un flujo de agua, ya sea ruptura pequeña o grande, el sistema comparará ese flujo, con el flujo óptimo que abastece a la casa habitación, en el caso de que el fluido este por de bajo o por encima del flujo óptimo, el sistema detectará, otra fuga de agua.

Además la interfaz de AIDA, permitirá una interacción con el usuario, mediante el envío de mensajes de texto cortos vía SMS a través de una red GSM, lo cual permitirá que el usuario sea alertado de la posibilidad de una fuga debido a la detección del caudal en las tuberías, así, el usuario podrá decidir entre cerrar la tubería o por alguna otra acción. Además el usuario estará siempre alertado de la cantidad de agua almacenada en el tinaco en cualquier momento y en cualquier lugar. El primer paso es la calibración de un conjunto de circuitos, que encargarán de leer el estado del sensor de presión ubicado en el tinaco. El circuito se encarga de comparar los datos de entrada y graficar el resultado en una barra de 10 focos LED, como se puede apreciar en la figura 8.

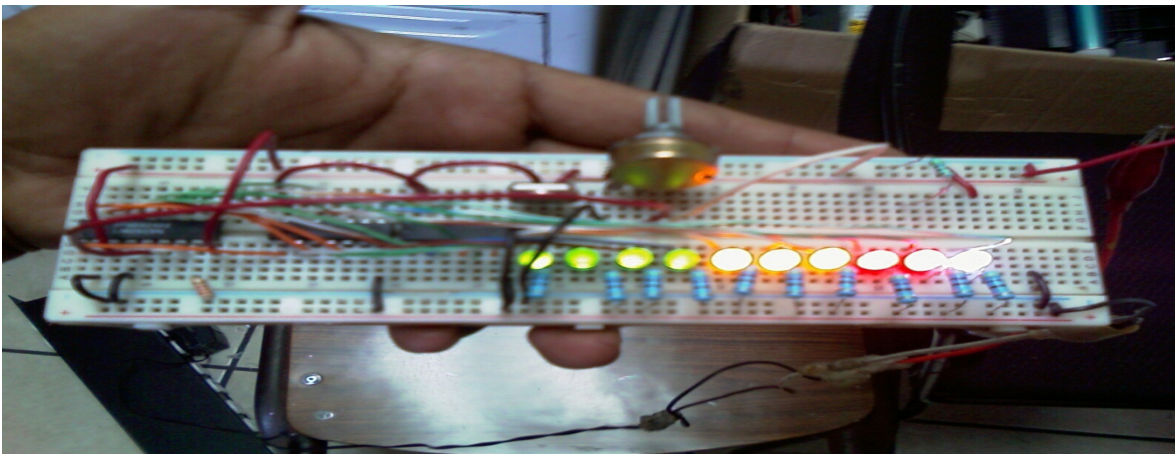


Figura 8. Circuito medidor de agua

## Pruebas y resultados

Los resultados arrojados por el circuito son guardados en el servidor central, para su análisis. Las lecturas obtenidas por los sensores son almacenadas en una base de datos, para posteriormente ser enviados al módulo generador de las gráficas de consumo, como se muestra en la figura 9.



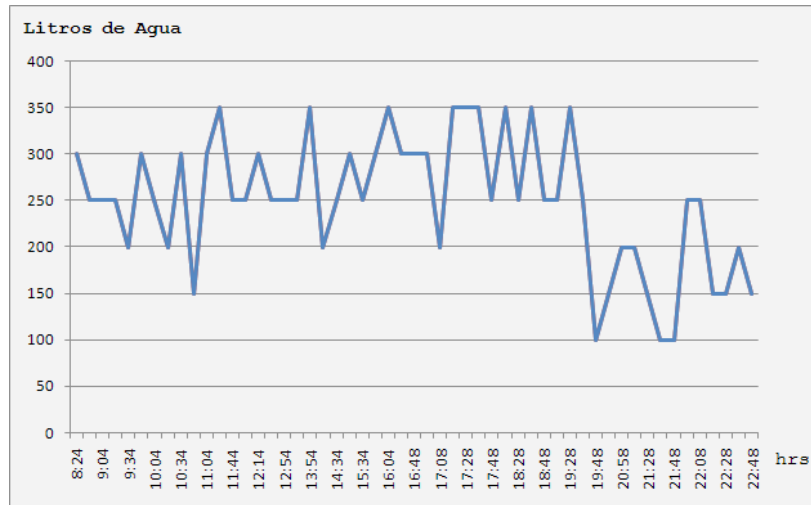


Figura 9. Gráfica de consumo de agua

Para emular una fuga de agua, se abrió una llave de agua dentro de la casa hogar, dejando correr el agua, más de lo que se usaría normalmente, el sistema detecta esta anomalía, e inmediatamente manda una alerta al móvil configurado.

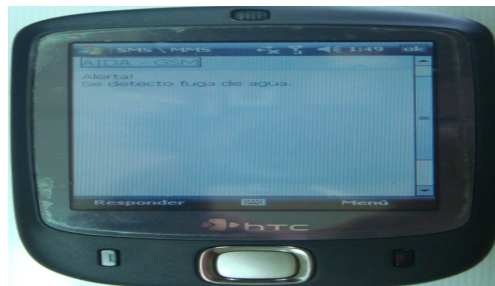


Figura 10. Teléfono con el mensaje de alerta

En la figura 10 se aprecia el mensaje recibido por el sistema AIDA. El mensaje fue recibido en un Smartphone marca HTC basado en Windows Mobile.



**Figura 11. Diversas alertas emitidas por el sistema AIDA**

En la figura 11 se observan una serie de alertas obtenidas desde el sistema AIDA al mismo dispositivo mencionado anteriormente. En la figura 11(A) se muestra una alerta que indica que el tinaco ha sobrepasado su nivel máximo de llenado, en la figura 11(B) la alerta se debe a que AIDA detecta una fuga dentro de la casa-hogar, por ejemplo una llave abierta, en la figura 11(C) se visualiza la alerta de bajo nivel de agua, esta es enviada cuando el tinaco contiene agua insuficiente para abastecer la casa-hogar.

## Conclusiones

En este trabajo se presentó una interfaz para la detección de fugas de agua denominada “**Aplicación para la Detección de fugas de Agua (AIDA)**”. La cual cuenta con un conjunto de herramientas, tanto de software como de hardware, para la detección oportuna de fugas de agua en sistemas de abastecimiento para casa-hogar. El proyecto AIDA se basa en patrones de consumo a través del almacenamiento de estadísticas del uso de agua, y a través de sensores instalados en los depósitos y tuberías, se envían datos a un sistema que los almacena para determinar si se trata de un patrón de consumo normal (por ejemplo, bañarse entre semana a las 7am) o detectar la presencia de una fuga; así mismo, envía mensajes de alerta a los usuarios para que estos puedan llevar a cabo una acción determinada o bien el sistema tome una acción automática.

Se presentó la arquitectura de AIDA así como los cinco módulos que lo conforman: **módulo de información de agua disponible, módulo medidor de flujo de agua, módulo maestro, módulo de gráficos, módulo de alertas**. Se desarrolló un caso de estudio en el que se representa un sistema básico de distribución de agua en una casa-habitación. Fue posible observar el funcionamiento primario del sistema, y poder notar como los módulos interactúan entre sí. Donde el sistema demuestra la capacidad de actuar de manera automática (previa configuración) o tomar la acción definida por el usuario como respuesta a la contingencia, emitida desde su dispositivo móvil.

## Referencias

Aguilar Ibarra, Alonso. “*Gestión de la calidad del agua subterránea con la participación de usuarios*”. Revista Digital Universitaria [en línea]. 10 de agosto de 2009, Vol. 10, No. 8 [Consultada: 11 de agosto de 2009]. Disponible en Internet: <http://www.revista.unam.mx/vol.10/num8/art48/int48.htm> ISSN: 1607-6079.

Alder, Jacquelinee; Chilton, John; Gaddis, Erica; Pietersen, Kevin y Zöckler, Christoph. “*AGUAS*”. En: *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial*, Capítulo 4. Geo – 4. PNUMA – Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. ISBN 978-92-807-2838-5. (2007) pp. 115-156.

Carmona Aránzazu. “*La problemática del agua en México*”, CICEANA (Centro de información y Comunicación Ambiental), 2009. <<http://www.ciceana.org.mx/contenido.php?cont=314>> [Consulta: 14 marzo de 2009]

CONAGUA, “*México: desperdicio y mala administración contribuyen a la escasez de agua, advierte estudio*”, IRC Centro Internacional de Agua Potable y Saneamiento, 7 de septiembre de 2007, <<http://www.es.irc.nl/page/41497>>, [Consulta: 10 marzo de 2009].

Popik, Igor. *gnokii front-end*. [Consultada: 22 de enero de 2009].<<http://www.gnokii.org>>

Tortajada Cecilia, Castelán Enrique. “*Water Management for a Megacity: Mexico City Metropolitan Area*”. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*. Vol. 32 No. 2, (2003) pp. 124–129.



