

## **Arquitectura para una red de sensores web basada en SWE (Sensor Web Enablement): Caso de estudio para la implementación en sensores hidrometeorológicos**

*Lisette Muñoz Guillén<sup>1</sup>, José Medina Cartuche<sup>1</sup>, Juan Guillermo Aungüisaca<sup>1</sup>, Jaime Veintimilla-Reyes<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad de Cuenca, Av. 12 de Abril y Agustín Cueva, Cuenca, Ecuador, 010150.

<sup>2</sup> Department of Earth and Environmental Sciences, KU Leuven, Celestijnenlaan, 200e - box 2411, 3001 Leuven, Belgium.

Autores para correspondencia: {lisette.munozg, jose.medina, juan.guillermo, jaime.veintimilla}@ucuenca.edu.ec, jaime.veintimilla@kuleuven.be

Fecha de recepción: 19 de junio del 2016 - Fecha de aceptación: 24 de julio del 2016

### **ABSTRACT**

The growth of information and communication technologies associated with the needs to access immediately information generated by different sensors made the implementation and the use of communication protocols to acquire and interchange data necessary. In this sense, Sensor Web Enablement (SWE) developed by OGC (Open Geospatial Consortium) and each of its components constitute the most appropriate tool to achieve this goal. This research project proposes an architecture based in SWE that allows to access in real-time sensors belonging to a hydro-meteorological network. The architecture has been verified and validated through the implementation of a case study, using the hydrometeorological station “Marianza” located in the Azuay province; station run by PROMAS (Programa para el Manejo del Agua y el Suelo).

Keywords: SWE, SOS, SPS, hidro-meteorology, sensors, networks, stations.

### **RESUMEN**

El crecimiento de las tecnologías de información y comunicación asociado a la necesidad de acceso a la información que generan diferentes tipos de sensores de manera inmediata han hecho necesaria la implementación y utilización de protocolos de comunicación e intercambio de información generales. En este contexto, Sensor Web Enablement (SWE) desarrollado por OGC (Open Geospatial Consortium) y cada uno de sus componentes constituyen la herramienta más adecuada para lograr este objetivo. El presente trabajo de investigación propone una arquitectura basada en SWE que permite acceder de manera remota e inmediata a sensores que forman parte de una red hidro-meteorológica. Adicionalmente, la arquitectura propuesta ha sido verificada y validada mediante la implementación de la misma como caso de estudio en el Programa para el Manejo del Agua y el Suelo (PROMAS) y haciendo uso de la estación hidrometeorológica “Marianza” localizada en la provincia del Azuay.

Palabras clave: SWE, SOS, SPS, hidrometeorológica, sensores, redes, estaciones.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El rápido crecimiento de la ciencia y las tecnologías de la información con respecto a la complejidad y el volumen de datos, demandan nuevos retos para la comunidad científica. Distintas fuentes producen datos de forma continua cómo, por ejemplo: las redes de sensores, redes inalámbricas, la identificación por

radiofrecuencia (RFID), registros telefónicos, datos multimedia, datos científicos, etc. (Shrivastava & Buragohain, 2007). Una red de sensores es una red accesible que contiene muchos dispositivos electrónicos que se encuentran distribuidos espacialmente y utilizan sensores para medir diferentes condiciones físicas o ambientales (Foley, 2014). Actualmente todos estos sensores y redes de sensores (hidrometeorológicos, analizadores de gases, gestión de riesgos, etc.), se encuentran montadas con diferentes objetivos como el control de temperatura, sonido, crecimiento de caudal, velocidad de viento entre otros; se estima que para el 2020 existirán cerca de 50 billones de dispositivos censando distintos fenómenos y conectados a la web, cada uno de estos usando diferentes tipos de comunicación: cableada o wireless (Evans, 2011).

Los sensores que componen una red generalmente pertenecen a distintos fabricantes y se encuentran ensamblados con diferente hardware (Mart, 2011). Esta heterogeneidad hace que la información tomada por cada estación sea muy diversa, convirtiéndose en un verdadero reto encontrar una arquitectura común que permita enviar los datos, recibirlos y procesarlos para finalmente ser visualizados. Además, los procesos que se utilizan para la recolección de la información de los sensores en la mayoría de los casos se realizan de forma manual, así como el análisis y el almacenamiento de la información.

El Programa para el Manejo del Agua y el Suelo (PROMAS) de la Universidad de Cuenca, desde hace 20 años realiza un monitoreo de diferentes zonas de la Cuenca del Paute y dispone de alrededor de 130 estaciones hidrometeorológicas, donde la información es recolectada manualmente por técnicos que laboran en el programa, para luego ser almacenada en un computador, procesada y como último paso ser migrada hacia una base de datos centralizada. Sin embargo, no siempre la información que se consigue de cada estación, es almacenada en el servidor central, por lo que en ocasiones se desconoce de la información que el Programa dispone y se debe gestionar la adquisición de datos parecidos a otras organizaciones invirtiendo recursos económicos que se podrían emplear en otras necesidades más urgentes. La gran cantidad de datos que se manejan en el Programa ha incrementado la dificultad de contar con aplicaciones que permitan controlar y consultar la información de los diferentes tipos de sensores. (Capelo, 2007; Promas, 2011; Veintimilla & Capelo, 2014).

Mediante la utilización de Sensor Web Enablement (SWE) de Open Geospatial Consortium (OGC), es posible estandarizar los datos procedentes de estos sensores heterogéneos y además añadir a cada una de las estaciones la posibilidad de transmitir la información que se está registrando en tiempo real. Con SWE se puede gestionar y disponer de la información desde un ambiente Web utilizando servicios web y una serie de protocolos, estándares e interfaz de programación de aplicaciones (APIs) que permiten controlar de manera instantánea a través de Internet cualquier tipo de sensor que pueda ser detectado, además, mantiene los sensores conectados, controlados remotamente y ordenados con un registro de metadatos (Percivall *et al.*, 2007). La funcionalidad de los servicios de SWE están definidos mediante esquemas XML, que permiten describir el sensor, su ubicación e interfaz, lo que facilita el análisis e interpretación de datos (Mart, 2011). En este trabajo se propone una arquitectura basada en SWE de manera que toda la información que se genere por cada una de las estaciones hidrometeorológicas del PROMAS pueda ser centralizada y accedida automáticamente, para su posterior gestión, también se permitirá al usuario final visualizar la información de las diferentes estaciones, detectar posibles errores en la red y contar con un sistema de alerta temprana con el objetivo de predecir y quizá evitar desastres naturales.

El presente artículo está organizado de la siguiente manera: en la Sección 2, se explican diferentes propuestas que utilizan los servicios SWE en sus arquitecturas que son relevantes a este trabajo. La Sección 3, describe la arquitectura planteada con cada una de sus capas y módulos, desde la recolección de los datos de los sensores hasta la visualización final para los usuarios. La Sección 4, presenta una primera fase de la implementación de la arquitectura con datos reales recogidos de una de las estaciones meteorológicas del PROMAS. Finalmente, se presentan conclusiones y trabajos futuros.

## 2. ESTADO DEL ARTE

Diferentes investigaciones utilizan arquitecturas para red de sensores que tienen como base SWE, estas propuestas han conseguido muy buenos resultados especialmente en la implementación de los servicios de SWE como: Observaciones del Sensor (SOS), Servicio de Planificación del Sensor (SPS), Servicio de

gestión de Alertas de Sensor (SAS) y manejo de Notificación Web (WNS), lo que indica que la arquitectura de SWE ha sido utilizada para tratar diferentes tipos de redes de sensores (OGC,2015).

**OSIRIS** (Open architecture for Smart and Interoperable networks in Risk management based on In-situ Sensors). Utiliza los componentes de SWE dentro de distintos escenarios que van desde la evaluación de incendios forestales, contaminación de agua dulce y de aire en las zonas urbanas, hasta la prevención de incendios y falsas alarmas en los entornos industriales. Dentro de los servicios implementados utiliza SOS para acceder a la información de las estaciones y SPS para la asignación de tareas de control (Reusen *et al.*, 2008).

**Wupperverband.** Este proyecto se refiere a la vigilancia de los riesgos de inundaciones provocadas por los ríos (Jirka *et al.*, 2009). Su arquitectura utiliza los servicios SWE para el seguimiento de la precipitación, así como los niveles de agua y para enviar alertas si se producen situaciones críticas. Es responsable de la gestión de los niveles de agua y protección contra inundaciones dentro de la zona de captación del río Wupper en Alemania (Schäffler *et al.*, 2010). Dentro de la gestión permite visualizar los datos captados por las estaciones meteorológicas en un ambiente Web, en diferentes series de tiempo mediante una instancia de SOS, utiliza notificaciones en tiempo real con criterios especificados por los usuarios para supervisar el almacenamiento de agua por medio de los servicios SAS y SPS (Goethals, 2001).

**Predicción de Inundaciones** (Cabrera Chiriboga, 2012). Este proyecto aborda la importancia del servicio SOS para la transmisión de datos en tiempo real de estaciones hidráulicas e hidrológicas. Su arquitectura involucra en una primera fase la recolección de datos de fuentes heterogéneas, la normalización de los datos y su conversión a un estándar de la especificación SWE. En una segunda fase los datos pasan por un modelo de refinamiento para predecir algún fenómeno y finalmente los resultados se muestran a través de un servicio de mapas web de acceso a los usuarios finales.

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Arquitectura para la gestión de información de estaciones meteorológicas

Esta arquitectura para una red de estaciones hidrometeorológicas se encuentra dividida en capas y cada una consta de diferentes módulos, que permiten obtener los datos de los sensores y gestionar la información de cada una de las estaciones. En la Figura 1, se puede observar la arquitectura planteada y como sus componentes colaboran entre sí.

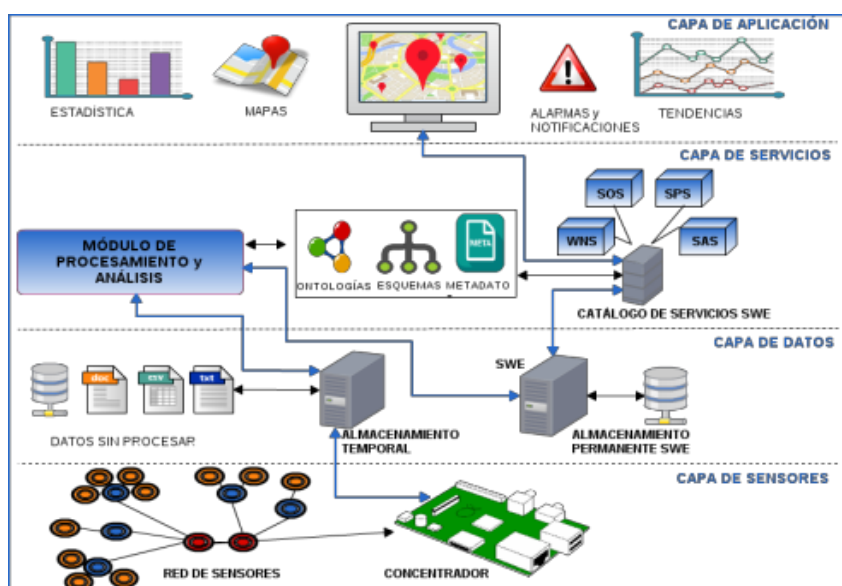


Figura 1. Arquitectura para la gestión de información de estaciones hidrometeorológicas.

Capa de sensores

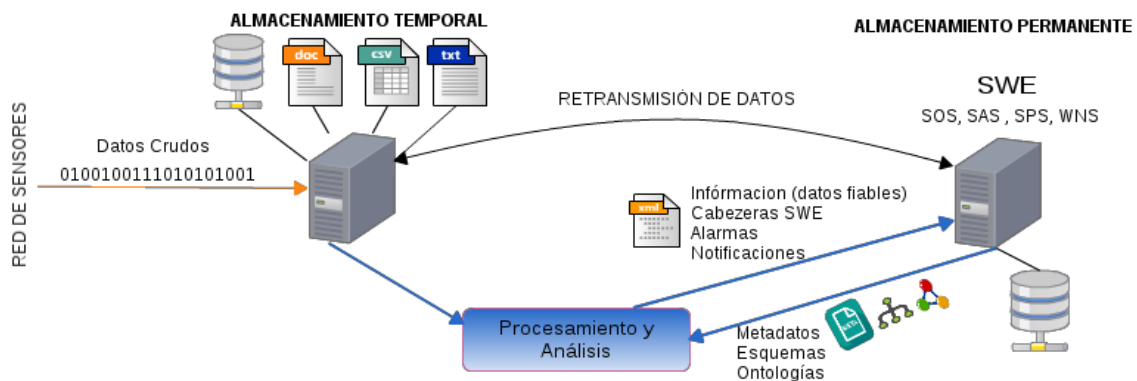
Esta capa permite el manejo de los datos generados por las estaciones y se encuentra formada por dos módulos: el primero es la **red de sensores** cuya función es brindar una conexión física hacia los sensores instalados en el campo y el segundo es un **concentrador** donde llegan los datos recopilados por la red. Actualmente, la implementación de esta capa se está ejecutando en forma paralela por otro proyecto de la Universidad de Cuenca, que pretende implementar un prototipo de red de sensores para las estaciones hidrometeorológicas del PROMAS, y se enfoca en resolver problemas como: modelamiento e implementación electrónica de una estación, sobrecarga de información en la red, y la transmisión inalámbrica de los datos generados.

En este trabajo de investigación se considera a la red de sensores como un módulo ya implementado, y se parte de que los datos generados en las estaciones de alguna forma son transmitidos y recopilados en el concentrador. Como se ve en la Figura 1, el concentrador es el nodo de red donde se envían todos los datos generados por la red para su posterior almacenamiento en la siguiente capa.

Capa de datos

Permite organizar de mejor manera el flujo de la información antes de su almacenamiento permanente. Como se observa en la Figura 2, existen dos tipos de almacenamiento para los datos: Almacenamiento temporal y Almacenamiento permanente. El **módulo de almacenamiento temporal** permite guardar los datos de las estaciones en un formato igual a como son generados en la fuente, no se preocupa por el tipo de almacenamiento que puede ser una base de datos, archivos de texto, hojas de cálculo, etc. La función de este módulo es lograr que todos los datos captados por un sensor estén disponibles en el servidor por algún periodo de tiempo, en iguales condiciones de resolución, tasas de muestreo y tamaño de variable, además, facilita a la red el transporte de los datos desde la fuente hacia un servidor de almacenamiento considerando aspectos como: enlaces de poca fiabilidad, datos que presentan errores de medición, ausencia de datos por avería de sensores, etc. En este punto no se necesita que los datos estén organizados ya que luego serán reconocidos por un servidor SWE de más alto nivel que contiene información adicional de cada variable almacenada en cada tabla, esto usando los esquemas de Observation and Measurement (O&M) y SensorML (Botts *et al.*, 2008) que poseen una descripción de cada sensor y sus mediciones.

Este módulo no solo se fija en el almacenamiento, sino también lograr recibir los datos desde el concentrador de la capa de sensores. Se debe tener en cuenta que la red genera grandes volúmenes de mediciones en periodos pequeños de tiempo, y que, además por falta de acceso a energía el servidor de almacenamiento podría estar instalado en lugares distantes al campo de estudio, teniendo enlaces de baja tasa de transmisión. Así, debido a estos antecedentes se debe implementar un protocolo que permita el envío de los datos únicamente con la información necesaria para corregir errores de transmisión.



**Figura 2.** Capa de datos.

El **módulo de almacenamiento permanente** mantiene una estructura y guarda la información en esquemas de bases de datos según el estándar SWE (Botts *et al.*, 2008). Con esta estructura se puede

enlazar los datos hacia otros esquemas jerárquicos y ontológicos<sup>1</sup>, permitiendo deducir procesamientos y análisis sobre los datos. Para lograr estos objetivos cada estación debe tener una arquitectura bien definida y reflejada en el SWE, como se explica en la siguiente sección con sensores descritos semánticamente a través de URNs, se podrá gestionar el ingreso, mantenimiento y eliminación de los nodos de la red en forma automática.

En este módulo no todos los datos medidos en la fuente se guardan, sino que mediante procesos de tendencias o promedios solo se toman una parte de los datos, según como el administrador de la red considere necesario. Es importante recalcar que los dos módulos de almacenamiento están unidos entre sí por un módulo de análisis y proceso, el cual se encarga de garantizar la veracidad de los datos y de hacer la reducción de carga en los mismos. Como se observa en la Figura 2, estos módulos se encuentran instalados en la misma localidad, logrando así una mayor capacidad en la transmisión y retransmisión sin saturar la red de sensores cuya capacidad es limitada, debido a que las estaciones se encuentran instaladas a grandes distancias de separación entre sí y no todas tienen acceso a energía. Además, con el primer servidor de almacenamiento se soluciona el problema descrito en (Rouached *et al.*, 2012) que hace referencia a que SWE necesita de múltiples cabeceras para los archivos XML lo que implica una sobrecarga de información en la red si la transmisión fuera directa desde las estaciones.

### Capa de servicios

Contiene los servicios de procesamiento y acceso a la información para el usuario. Está formada por dos módulos: uno de procesamiento y análisis, y el otro que dispone de los de servicios SWE propiamente dichos, como se observa en la Figura 1.

El **módulo de procesamiento y análisis** combina los datos crudos (datos no procesados) con los meta-datos organizados dentro del SWE para las estaciones. A través de esta combinación de información se puede inferir algún procesamiento necesario sobre los datos como: eliminar datos erróneos, completar datos en caso de avería de sensores, generar tendencias a partir de datos de estaciones cercanas, etc. El módulo aprovecha que el SWE mantiene organizados los metadatos y esquemas para cada sensor y estación, permitiendo enlazar los datos hacia otros esquemas más completos u ontologías, que dan la capacidad de tomar criterios razonables para el análisis sobre los datos crudos. En la Figura 2 se muestra como el módulo de procesamiento y análisis es alimentado por los esquemas y los datos crudos para luego devolver esquemas XML que se almacenan permanentemente dentro del servidor SWE.

Al implementar este módulo se disminuye la carga de trabajo para el experto que realiza el análisis de los datos en forma manual, dejando el procedimiento automático o semiautomático. Además, se aprovecha la implementación del servidor SWE enriquecido con metadatos para desarrollar un sistema de detección de errores inteligente y generar alarmas o notificaciones hacia los administradores de la red. Al lograr todo este procesamiento los datos guardados se podrán integrar fácilmente con otros sistemas desarrollados por entidades externas.

El **módulo de servicios SWE** como se observa en la Figura 3, incorpora dos modelos: modelo de información y modelo de servicios SWE, los cuales interactúan directamente con el módulo de procesamiento y análisis. El primer modelo envía la información espacio temporal de los sensores en un esquema O&M para describir una observación y sus medidas, SensorML para describir un sensor, SWE Common para enviar datos comunes de los servicios SWE y TML para enviar datos temporales de las medidas. El segundo modelo extrae los datos, los almacena permanentemente y gestiona su acceso de manera fácil y rápida, contiene el servicio SOS que permite gestionar las observaciones generadas por la red de sensores. Dentro de este módulo también se integran otros servicios como son: SPS para el manejo de tareas dentro de los sensores y el servidor, SAS para la gestión de alertas dentro del servidor, y WNS para la notificación a los usuarios desde el servidor (Botts *et al.*, 2008; Cabrera Chiriboga, 2012).

Si en este módulo se cuenta con más de un servicio es necesario crear un catálogo de servicios para que el usuario pueda gestionar las capacidades y restricciones del servidor SWE.

---

<sup>1</sup> Ontología: En computación una ontología es usada para definir tipos, propiedades, e relaciones entre entidades que existen en un dominio de discusión.



**Figura 3.** Modelos de la arquitectura SWE (Percivall *et al.*, 2007).

### Capa de aplicación

Contiene aplicaciones clientes que son herramientas de software para los distintos servicios (SOS, SPS, WNS y SAS), actualmente existen algunas aplicaciones de libre distribución (clientes SOS y SPS) brindadas por 52North (52°North, 2015), además de librerías en java script desarrolladas para la adquisición de datos del SWE, debido a la estandarización de los servicios se pueden usar otras aplicaciones desarrolladas por otras entidades en el futuro. De acuerdo a las capacidades de los servicios SWE las aplicaciones se pueden enfocar en manipular la información de los sensores por parte de un cliente, facilitar el análisis de la información a través de herramientas como: manejo de tendencias gráficas, manejo estadístico, manejo de notificaciones o alarmas y visualización de mapas.

### **3.2. Implementación de la arquitectura**

Una vez planteada la arquitectura para las redes hidrometeorológicas, su implementación se centra sobre la estación meteorológica del PROMAS de Marianza, ubicada en la zona del Cajas perteneciente a la Provincia del Azuay, la cual está conformada por diferentes tipos de sensores que miden: temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento, presión, radiación y precipitación como se observa en la Figura 4. Actualmente el proyecto de investigación se encuentra en una primera etapa de implementación, misma que se detalla a continuación.

Como se puede observar en la Figura 1, en la capa de sensores los datos de la estación para este caso de Marianza, son recolectados y guardados en primera instancia en un servidor de almacenamiento temporal, posterior a ello se pasa a una capa de datos que permite al personal experto en tratamiento hidrometeorológico que laboran en el PROMAS, analizar esos datos de forma manual y obtener un archivo o ficha con datos confiables, para luego ser entregados a los técnicos del proyecto con el fin de migrar esos datos al servidor SOS de SWE instalado en un servidor de pruebas ubicado en el Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de Cuenca.

Para esta fase de implementación se utilizó el servicio SOS de 52North (52°North, 2016) que permite gestionar la información de la estación de Marianza, este servicio fue desplegado en un servidor web Apache Tomcat y el almacenamiento permanente se lo realizó sobre una base de datos PostgreSQL. Los esquemas del modelo de información del SWE y los servicios de SWE mencionados en la sección anterior (O&M, SensorML y SOS) son generados automáticamente en la base de datos cuando se instala el servicio SOS.

En el cliente SOS se registraron los sensores con sus respectivas observaciones mediante el programa SOS Importer, este programa desarrollado por 52North se encarga de estructurar los datos en el formato XML y almacena la información en la base de datos permanente todo este proceso de manera transparente para el usuario. Además, se utilizó la librería SOS.js que permite la comunicación y visualización de las observaciones de cada sensor.

En la Figura 4, se muestra como se estructura una observación para la estación de Marianza, denominada “est\_Marianza” esta registra datos de temperatura promedio en una resolución de tiempo determinado, a través de un método, procedimiento y esquemas que se detallan a continuación.

- Observed property: Obtiene el valor de las propiedades de un sensor, en este caso se mide el valor de Temperatura media (*T\_Media*), Temperatura Máxima (*T\_Mínima*) y Temperatura máxima (*T\_Máxima*) cada 10 minutos.

- **Feature of interest (FoI):** Indican la ubicación (-2.855097,-79.122977) donde se encuentra instalada la *est\_Marianza*.
- **Procedure:** Permite determina el valor de una observación a través de un procedimiento, simulación, método, algoritmo, instrumento o sistema. Para la temperatura promedio, mínima y máxima se utilizaron los métodos: *proc:T\_Media*, *proc:T\_Minima*, *proc:T\_Maxima*, respectivamente.
- **Offereing:** Permite agrupar los sensores de la *est\_Marianza* con sus respectivos componentes procedure, observable properties y FoI. En la Figura 4 se agrupó únicamente a los sensores de Temperatura, pero se podría agrupar por humedad, precipitación, radiación, etc.
- **Result:** Son los valores de una medición en un determinado tiempo (15-05-2015T11:17, 10.9).

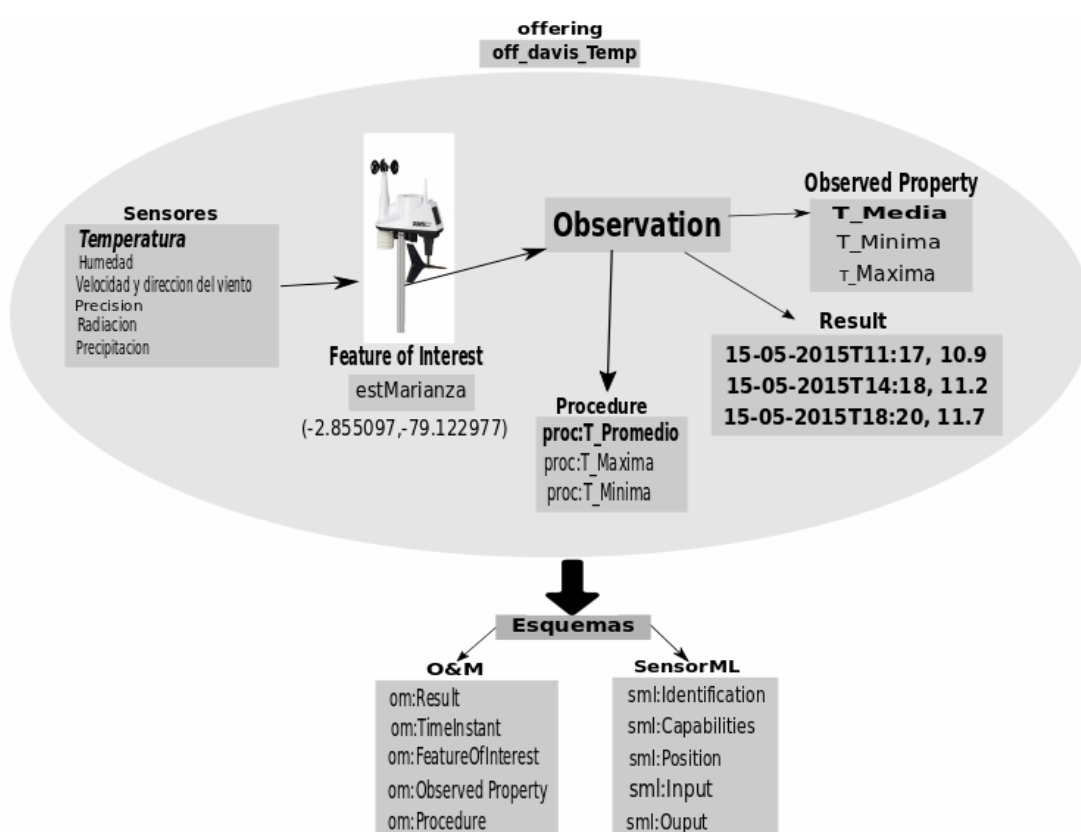


Figura 4. Componentes de una observación en el servidor para la estación Marianza.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

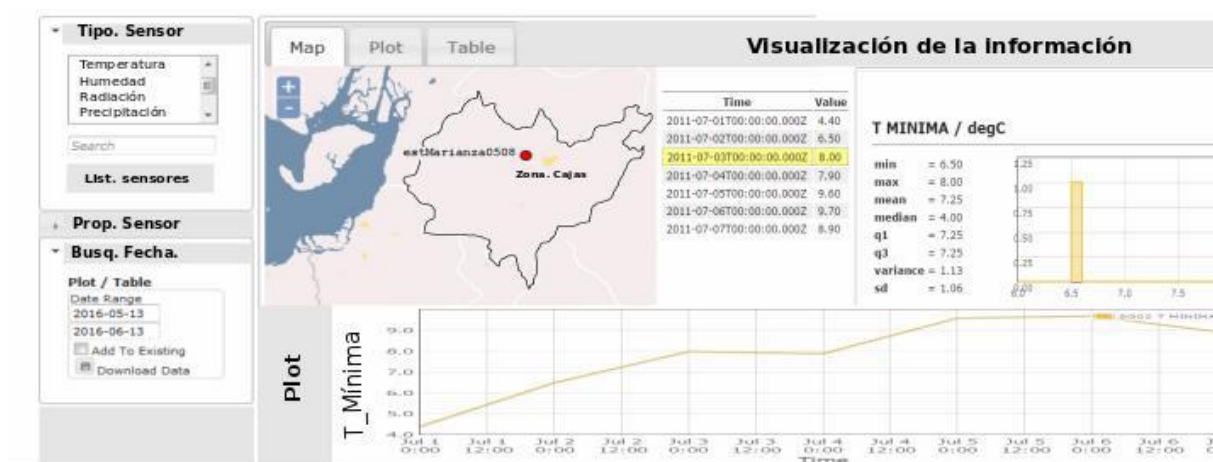
Se ha implementado un cliente SOS para visualizar la información en tiempo real de la estación hidrometeorológica de Marianza, los usuarios pueden consultar mediante las consultas a la aplicación Web la información de cada sensor a través de tablas y gráficos. Además, se puede acceder a las observaciones actuales e históricas con filtros de tiempo para una búsqueda más exacta y descargarlas en formato que sea entendible por un computador (html/xml) para luego mediante la utilización de software transformarlos en gráficos y/o tablas resúmenes.

En esta primera fase de implementación, la aplicación ofrece la posibilidad de localizar y visualizar la estación hidrometeorológica de Marianza con sus respectivos tipos de sensores a través de un mapa, el cual se obtiene directamente de Web Map Service<sup>2</sup> (WMS) (Veintimilla & Capelo, 2015). Cabe indicar que la información que dispone WMS es alimentada de forma automática mediante la utilización de SOS.

<sup>2</sup> WMS: Un servicio de interfaz estándar que produce mapas de datos referenciados espacialmente, de forma dinámica a partir de información geográfica (OGC, 2015).

Luego de la implementación de los servicios se dispone de una aplicación informática que toma información directamente de los sensores de la estación. Cuando el usuario accede a la misma, lo primero que se observa en la pantalla principal del cliente SOS es la localización de la estación; en este caso Marianza, en el mapa, al seleccionar la estación se procede a visualizar todos y cada uno de los tipos de sensores que dispone dicha estación y una vez seleccionado el tipo de sensor se muestran las propiedades observables (temperatura máxima, mínima y promedio), en el siguiente paso se debe escoger el rango de fechas de las observaciones como se muestra a la izquierda de la Figura 5. Finalmente, el usuario puede visualizar las observaciones en un resumen estadístico con gráficas y tablas de acuerdo a los parámetros seleccionados (ver sección *Visualización de la Información* de la Figura 5).

Para poder entender los datos adquiridos mediante SOS por la aplicación, se han empleado gráficos. En este punto, los expertos en hidrometeorología pueden ver la variación de los datos recolectados por el sensor en un rango de tiempo determinado, además, permite ver el detalle de los valores recogidos cada hora o de acuerdo a la configuración del tiempo de muestreo del sensor.



**Figura 5.** Vista en el mapa de la estación Marianza por medio del cliente SOS.

La implementación del cliente SOS resultó muy útil ya que la información de la red de sensores visualizada en tablas o gráficos permite al usuario poder gestionar la información lo que facilita y agiliza los procesos de interpretación y análisis. También permite detectar posibles errores en la red, tomar decisiones en base a la información presentada para así poder prevenir catástrofes. Todo esto se ha hecho posible ya que se han seguido los estándares propuestos por la SWE que permiten integrar y visualizar información de cualquier tipo de sensor. Con el fin de facilitar la interacción con el servidor SOS se ha desarrollado una sencilla interfaz gráfica de usuario (GUI) donde los sensores se pueden configurar fácilmente.

Al contar con SOS, se tiene el primer paso para la configuración e implementación de los demás servicios que ofrece SWE como son: SAS y SPS, de manera que se pueda controlar los errores detectados como por ejemplo la pérdida de datos y enviar mensajes de alerta a los usuarios a través de correo electrónico o sms. Cabe indicar que los datos que se adquieren directamente de los sensores requieren de un procesamiento y validación como proceso previo al almacenamiento definitivo en una base de datos.

## 5. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Al realizar la implementación del servidor SOS se pudo evidenciar la facilidad que presenta SWE para extraer la información almacenada, ya que permite gestionar las observaciones con pocos criterios de búsqueda como FoI, Offering o tiempo, sin importar como este estructurada la base de datos. Otra conclusión importante obtenida al instalar una aplicación cliente para el servidor, es que debido a la estandarización del SWE acaulemente existen aplicaciones desarrolladas por terceros que se integran fácilmente al modelo de datos con solo proporcionar características como url del servidor y su contraseña.



Por otro lado, también se llegaron a evidenciar conflictos como la no automatización al ingreso de observaciones nuevas al servidor que en conclusión se dan debido a que SWE por sí solo no tiene la capacidad de deducir la confiabilidad de los datos antes de almacenarlos.

Dentro de los retos que se deben asumir para trabajos futuros está el de acoplar dentro de la arquitectura una red de sensores con transmisiones de datos en tiempo real, ya que para el presente trabajo los datos se extrajeron de forma manual de la estación. Este trabajo es indispensable debido que sin una conexión real a la red los servicios SPS, SAS y WNS no tendrían una aplicabilidad dentro de la arquitectura actual. También queda pendiente la implementación del módulo de procesamiento y análisis, ya que con este se puede utilizar la organización esquemática del SWE para cada sensor, pudiendo identificar errores de mediciones, generar alertas sobre mediciones críticas y gestionar los datos de forma automática con una intervención mínima de un experto en el área. Finalmente, el reto más grande que se debe asumir posteriormente es el de utilizar la semántica descrita en los esquemas SWE para el anexo de ontologías como la SSN<sup>3</sup>, esto permitirá a la red poder agregar desde nodos de sensores hasta estaciones completas de forma automática y permitir el análisis de sus observaciones desde aplicaciones externas, buscando la integración de datos de diferentes fuentes.

## AGRADECIMIENTOS

Investigación realizada en el marco del proyecto “Diseño de un prototipo de una red de sensores web para la adquisición y visualización de la información de las estaciones meteorológicas, caso de estudio en el PROMAS, Universidad de Cuenca” financiado por la Dirección de Investigación de la Universidad de Cuenca (DIUC) y el apoyo del Departamento de Ciencias de la Computación. Los datos de las estaciones hidrometeorológicas están proporcionadas por el PROMAS.

## REFERENCIAS

- 52°North. (2015). *52N Sensor Web Community - Sensor Observation Service*. Disponible en <http://52north.org/communities/sensorweb/sos/>.
- Botts, M., G. Percivall, C. Reed, J. Davidson, 2008. *OGC® Sensor Web Enablement: Overview and high level architecture*. OpenGIS® White Paper, version 3, 14 pp.
- Cabrera Chiriboga, J., 2012. *Evaluation of the OGC SWE architecture for flood nowcasting*. Master Thesis, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Capelo, P., 2007. *Sistema de telemetría diseñado para PROMAS*. Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Evans, D., 2011. Internet de las cosas. Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo. *Cisco Internet Business Solutions Group - IBSG*, 11(1), 4-11.
- Foley, J.G., 2014. *Sensor networks and their applications: Investigating the role of sensor web enablement*. Doctoral thesis, UCL, University College London. Disponible en <http://discovery.ucl.ac.uk/1448343/>.
- Goethals, P., 2001. Development of a concept for integrated ecological river assessment in Flanders, Belgium. *Journal of Limnology*, 60(1), 7-16.
- Jirka, S., A. Bröring, C. Stasch, 2009. Discovery Mechanisms for the Sensor Web. *Sensors*, 9(4), 2661-2681.
- Mart, P., 2011. *Implementation and documentation of Sensor Web Enablement at KNMI*. Disponible en [http://bibliotheek.knmi.nl/stageverslagen/stageverslag\\_AlvaroPlataMartinez.pdf](http://bibliotheek.knmi.nl/stageverslagen/stageverslag_AlvaroPlataMartinez.pdf), 56 pp.

<sup>3</sup> Semantic Sensor Network Ontology (SSN): Ontología desarrollada por la W3C para modelar sensores, sus capacidades, sistemas y procesos.

- OGC, 2015. *Sensor Web Enablement (SWE)*. Disponible en <http://www.opengeospatial.org/ogc/markets-technologies/swe>.
- Percivall, G., C. Reed, J. Davidson, 2007. *Open Geospatial Consortium Inc. OGC White Paper OGC © Sensor Web Enablement: Overview and High Level Architecture. 2007 IEEE Autotestcon, 4540*(December), 1-14. Disponible en <http://doi.org/10.1109/AUTEST.2007.4374243>.
- PROMAS, 2011. *Historia del Programa para el Manejo del Agua y el Suelo*, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Reusen, I., N. Lewyckj, S. Adriaensen, J. Biesemans, J. Everaerts, S. Kempnaers, 2008. *Near-real-time forest fires monitoring system: case study with a manned aerial vehicle within the OSIRIS project*. First International Conference on Modelling, Monitoring and Management of Forest Fires (FIVA 2008), 119(145-152).
- Rouached, M., S. Baccar, M. Abid, 2012. *RESTful Sensor web enablement services for wireless sensor networks*. 2012 IEEE Eighth World Congress on Services, 65-72.
- Schäffler, U., D. Moraru, C. Heier, 2010. *Interpolation of precipitation sensor measurements using OGC Web Services*. EnviroInfo 2010 (Cologne/Bonn), Integration of Environmental Information in Europe. Disponible en <http://enviroinfo.eu/sites/default/files/pdfs/vol6516/0549.pdf>, 549-555.
- Shrivastava, N., C. Buragohain, 2007. *Aggregation and summarization in sensor networks. Learning from data streams: Processing techniques in sensor networks*. Disponible en [http://doi.org/10.1007/3-540-73679-4\\_7](http://doi.org/10.1007/3-540-73679-4_7)
- Veintimilla-Reyes, J., F. Avila, 2015. Análisis e implementación de una infraestructura de datos espaciales (IDE). Caso de estudio: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del catón Guachapala. *Revista Tecnológica ESPOL - RTE*, 28(2), 79-99.
- Veintimilla, R., P. Capelo, 2014. Diseño e implementación de un datalogger para la transmisión de sensores remotos de lluvia por medio de una red GSM o GPRS. *Revista Tecnológica ESPOL - RTE*, 27(2), 55-66.