



**HAL**  
open science

## Sistema geoespacial para la presentación de datos hidrometeorológicos en distintas perspectivas: mapas, gráficos, tablas y estándares de interoperabilidad

Kevin Gaitan, Cristhian Mendieta, Federico-Vladimir Gutierrez-Corea

### ► To cite this version:

Kevin Gaitan, Cristhian Mendieta, Federico-Vladimir Gutierrez-Corea. Sistema geoespacial para la presentación de datos hidrometeorológicos en distintas perspectivas: mapas, gráficos, tablas y estándares de interoperabilidad. XXXIV CONESCAPAN, Sep 2015, San Salvador, El Salvador. hal-01312625

**HAL Id: hal-01312625**

**<https://hal.science/hal-01312625>**

Submitted on 9 May 2016

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

# Sistema geoespacial para la presentación de datos hidrometeorológicos en distintas perspectivas: mapas, gráficos, tablas y estándares de interoperabilidad

Kevin Gaitan, Cristhian Mendieta, Vladimir Gutierrez

*Dirección General de Sistemas*

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)

Managua, Nicaragua

kevin.gaitan, cristhian.mendieta, vladimir.gutierrez[@sb.ineter.gob.ni]

**Resumen**— Para todo país es de suma importancia tener conocimiento de los eventos meteorológicos que pueden afectarlos, por eso la generación e integración de las herramientas para la recolección de los datos hidrometeorológicos es primordial. Como caso de estudio se utilizaron herramientas geoespaciales para desarrollar un sistema que automatice la recolección de los datos de las distintas estaciones meteorológicas convencionales y su integración con las estaciones automáticas con el fin de agilizar el flujo del trabajo, reduciendo la cantidad de pasos para el registro e intercambio de las observaciones meteorológicas. Para el desarrollo del sistema se utilizaron técnicas ágiles de ingeniería de software. Una vez integrado todos los datos de forma geoespacial, se presentan desde distintas perspectivas (geográficas, gráficos y tablas y estándares) lo que facilita la generación de conocimientos para trasladar a la toma de decisiones y simplificar la visión de los datos para su análisis. Actualmente la fiabilidad de los datos se asegura de manera manual por el grupo de trabajo de control de calidad, considerando el aumento del volumen de datos generados por las estaciones, se está iniciando el proceso de implementación de la norma UNE: 500540 para la validación automática de los datos, como una herramienta para el grupo de trabajo de control de calidad.

**Palabras claves**— *Estaciones automáticas, hidrometeorología, correlaciones espaciales, interoperabilidad, UNE500540, SOLID.*

## I. INTRODUCCIÓN

Para todo país es de suma importancia tener conocimiento de los eventos meteorológicos que pueden afectarlos. En el caso de Nicaragua, por ley [1] el organismo encargado del monitoreo de este tipo de fenómenos naturales es el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales y en particular la Dirección General de Meteorología.

Con anterioridad Nicaragua se ha visto afectado por distintos fenómenos hidrometeorológicos como huracanes, tormentas, fuertes lluvias, inundaciones, sequías y etc. [2], por ello la Red de estaciones hidrometeorológicas es un importante instrumento para el monitoreo de estos eventos.

La gran cantidad de datos generados por estas redes y principalmente por las estaciones automáticas, han implicado un gran esfuerzo humano para su análisis. En este trabajo se propone auxiliar en el pre-procesamiento y obtención de datos e información a los técnicos, mediante el desarrollo de un sistema que ayude a agilizar el flujo de los datos, automatizando de forma digital la recolección, pre-validación e integración de disposición de los datos desde distintas perspectivas (geográficas, gráficos y tablas). La perspectiva geográfica se implementó tomando en consideración la familia de estándares ISO/OGC 19100 [3].

Los materiales y métodos utilizados involucraron el acceso a base de datos de las observaciones recolectadas por estaciones telemétricas hidrometeorológicas y estaciones convencionales de meteorología del INETER, se realizaron distintos pasos para incursionar en la validación automática de los datos de las estaciones telemétricas según la norma UNE: 500540 [4] y algunos aplicables a estaciones convencionales. Estos pasos incluyen técnicas de geoposicionamiento para la visualización geoespacial de la información, así como la presentación gráfica y tabular de los datos. Las etapas del desarrollo metodológico implicaron su automatización, con lo cual se utilizaron técnicas de ingeniería de software ágil de tipo SOLID [5] y el Patrón de Repositorio [6]. El artículo está compuesto por las siguientes secciones, antecedentes, datos y sitio de estudio, metodología, resultados, conclusiones y trabajos futuros.

## II. ANTECEDENTES

### A. Forma previa del manejo de la información

#### **Estaciones convencionales principales:**

Un conjunto de observadores meteorológicos se encargan de recolectar la información de distintos artefactos análogos meteorológicos y anotarlos en hojas que luego transcriben en documentos de Word y Excel para ser compartidos en una red LAN y por e-mail. A partir de estos datos se generan registros de las observaciones diarias (que son enviadas a distintos grupos de interés al menos 1 vez al día) y a la vez reportes de las observaciones horarias mensuales, reportes codificados, reportes de dirección del viento y reportes de las

nubes por rumbo y por horas. Luego de varias semanas los registros de las observaciones se envían al Banco de Datos [7] para su integración.

### Estaciones automáticas telemétricas:

Estas estaciones colectan automáticamente la información de sus sensores y las envían de forma codificada hacia INETER mediante telemetría. Una vez los datos en INETER, se proceden a decodificar y enviar a una Bases de Datos mediante un software XConnect [8]; este sistema se encarga de proveer una interfaz para la generación de reportes tabulares, sin embargo a él sólo se le puede conectar un cliente a la vez. El sistema es privativo y cerrado, con lo cual sólo se pueden utilizar los reportes tabulares que actualmente trae, y aunque presenta cierto grado de personalización de reportes, estos muestran ciertas limitaciones (p. ej. el formato de exportación sólo en formato .docx).

### B. Intentos previo de automatización digital

**Meteo Tiempo Real:** Fue un sistema que recopilaba la información proveniente de las observaciones de las variables meteorológicas en forma de lista y las mostraba en un sólo reporte, además que era una aplicación monousuario. Dado lo anterior la aplicación perdía dinamismo, esto evitó que se pudiera interactuar con los datos y que los usuarios dejaran de utilizarla al poco tiempo.

**Red hidrométrica nacional (REDHINA):** Esta fue una aplicación web donde se presentaban datos relacionados con alguna de las estaciones automáticas y algunos de sus sensores como son: precipitación, lluvia y nivel de mar o río. Esta aplicación tenía la capacidad de generar gráficos y mostrar los datos arrojados por cada una de las estaciones, los cuales también habilitaban “un control de calidad visual”. Sin embargo carecía de dinamismo por la forma de presentar los datos, con gráficos muy estáticos y sin que se pudieran enlazar y superponer datos de más de una estación en un solo gráfico. La aplicación presentaba un mapa de Google Earth © la ubicación de las estaciones desde donde se podía acceder a sus datos, sin embargo esto no derivó la generación automática de mapas sobre los valores de las distintas variables, ni implicó la implementación de estándares geográficos de interoperabilidad que facilitase el intercambio de datos dentro de la institución.

## III. SITIO DE ESTUDIO Y DATOS

En este trabajo se utilizaron las redes de estaciones convencionales principales y automáticas pertenecientes a la Dirección General de Meteorología de INETER. En la siguiente imagen se presenta un mapa con la distribución geográfica de las estaciones de ambas redes.



Fig. 1. Mapa de las redes de estaciones convencionales principales y automáticas de INETER.

En color rojo con símbolo de estrella se ilustran las estaciones convencionales principales y en color azul con símbolo circular las automáticas. Se puede apreciar que la cantidad de estaciones automáticas sobrepasa a las convencionales y que la mayor parte de las estaciones se encuentran ubicadas en la región de pacífico y centro norte del país. A continuación se describe brevemente cada una de las redes.

### A. Datos desde estaciones automáticas

La base de datos de estaciones automáticas, registra datos desde el año 2001, con el tiempo la cantidad de estaciones activas ha incrementado, actualmente existen 96 estaciones registradas, recibe un aproximado de 20,000 registros diarios por cada variable y posee un historial de estimado en 50 millones de registros correspondientes a los distintos sensores de las estaciones.

### B. Estaciones convencionales principales

La red estaciones convencionales realiza observaciones horarias, sus datos son transferidos por el sistema de observaciones meteorológicas SIMET, se recolectan los datos de 16 (dieciséis) estaciones principales ubicadas en algunos departamento de Nicaragua. Antes del SIMET, se estima una generación de 400 documentos de Word al mes y 500 hojas de Excel.

## IV. METODOLOGÍA

La metodología utilizada para la elaboración del sistema constó de 6 etapas que implican desde la generación de una base de datos geoespacial hasta la generación de reportes gráficos y tabulares. Para las etapas metodológicas asociadas al desarrollo de software se utilizó S.O.L.I.D, estos 5 principios aplicados al código permiten que este sea legible y extensible, con esto es posible la creación ágil de futuras versiones de la misma aplicación o crear otras nuevas a partir del código base. Estos principios aplicados con el patrón de repositorio nos permitieron llevar una abstracción de cada uno de sus componentes y así se pudo eliminar la dependencia entre los mismos. En la figura 2 se presenta la

forma en la que interactúa el repositorio con la capa de negocios y la fuente de datos, y su función en transportar los datos entre las capas, el mapeo de datos y la consulta a la fuente de datos.

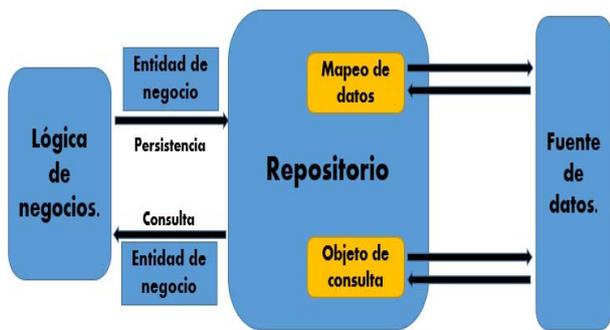


Fig. 2. Patrón de repositorio. Adaptada desde: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ff649690.aspx>

A continuación se enumeran y describen brevemente cada una de las etapas metodológicas:

#### A. Generación de base de datos espacial

Se rediseñó el esquema la BD original hacia una versión normalizada donde se consideró la componente espacial a partir de las coordenadas de las estaciones. De esta forma se incluyeron elementos geográficos nativos en la propia base de datos. Para esto se utilizó el motor de base de datos relacionales Postgresql [9] y su extensión espacial PostGis [10].

#### B. Integración de datos de ambas redes

Para esto se programaron servicios (demonios) para la transferencia de datos provenientes de cada base de datos a medida que se transfieren a la base de datos espacial realizando las respectivas transformaciones (alfanumérico / espacial).

#### C. Implementación de norma para la validación de datos

La norma UNE: 500540 implica la evaluación de los datos en distintos niveles (límites físicos, correlaciones temporales, correlaciones espaciales entre otros.). La implementación de esta norma es un proceso en desarrollo actualmente en la etapa de correlaciones temporales, sin embargo los límites físicos ya han sido implementados.

#### D. Habilitación de la interoperabilidad en los datos

Se elaboró una API de servicios, lo que permitirá la interoperabilidad con otros sistemas. La información es de utilidad para entidades que prestan servicios de alerta a la población, encargadas del sector agrícola o para realizar análisis sobre variables que tienen impacto en energías renovables (radiación solar, velocidad de viento, dirección de

viento, nivel de río), entre otras. Adicionalmente y como prototipo se han implementado las normas ISO 19115 (CSW) [11], la normas ISO 19119 (WFS, WMS, Filter Encoding) [12] y el Lenguaje de Marcado Geográfico (GML) [13], lo cual permite interoperabilidad con todos los programas de sistemas de información geográfica (SIG) [14] mediante el mecanismo que se conoce como Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) [15].

#### E. Creación de mapas automáticos

En esta etapa se crearon imágenes geospaciales periódicas, aplicando método de interpolación espacial se realizaron elaborando programas en bajo el ambiente estadístico y lenguaje de programación R [16]. Las imágenes generadas se almacenaron en bases de datos, para crear una secuencia temporal de mapas.

#### F. Generación de reportes gráficos y tabulares

Esta etapa ha implicado la creación de reportes agregados (sumas, promedios, máximos, mínimos, desviaciones estándares y etc.) que permitan presentar un resumen la información de cada estación para determinada serie de datos así como la visualización de series temporales mediante curvas tabuladas que presenta el comportamiento de las variables. Finalmente se elaboraron vistas geospaciales del comportamiento de las variables.

En la figura 3 se presenta la metodología empleada en cada una de las fases para su ejecución. Desde migrar las bases de datos a una con un modelo geográfico hasta la presentación de los datos en distintas perspectivas.



Fig. 3. Metodología empleada.

## V. RESULTADOS

#### A. Generales

Con el desarrollo de este sistema, los usuarios y/o los tomadores de decisiones disponen de una herramienta para la generación información desde distintas perspectivas, lo cual es un valor agregado a la forma tabular en que anteriormente se observan los datos. El software permite el acceso a los datos y la generación de información en forma de mapas, gráficos y tablas, esto ayuda en el proceso de análisis,



es cierto esta estimación implican cierto nivel de error, con su debido uso e interpretación permiten identificar visualmente zonas de la geografía Nicaragüense donde hay mayor o menor incidencia de una variable meteorológica en un tiempo dado. Eso se muestra en la figura 9, donde se presenta la cantidad de lluvia acumulada para un periodo de tiempo, en esta se puede apreciar que la mayor acumulación de precipitación se presenta en la región sur del lago de Managua y en algunas zonas del centro-norte del país.

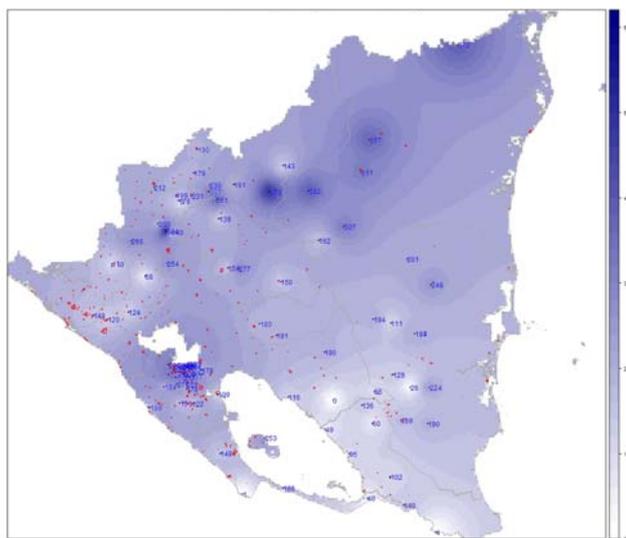


Fig. 9. Lluvia acumulada a través de estimaciones espaciales, datos recolectados de las estaciones automáticas.

#### E. Propuesta de validación automática

Con la programación de los primeros niveles de la norma UNE 500540 (la validación automática) se han podido identificar de manera rápida la posible incidencia de valores atípicos. Se espera que la futura implementación completa de esta norma ayude en la identificación y validación de toda la base de datos de estaciones y que esto permita generar información fiable en un menor tiempo posible, ya que en la actualidad del mecanismo de validación es realizado de forma manual por el personal técnico.

La figura 10 presenta una pequeña muestra de 1440 registros, correspondiente a dos meses, arrojados por el sensor de radiación solar de una estación. Se puede apreciar que el patrón del avance del sol, siendo su máximo valor a medio día y cero en los periodos de noche. El análisis manual de este tipo de datos para la identificación de valores anómalos sería una tarea compleja que por otro lado se facilitaría con la ayuda de la implementación de la norma UNE 500540.

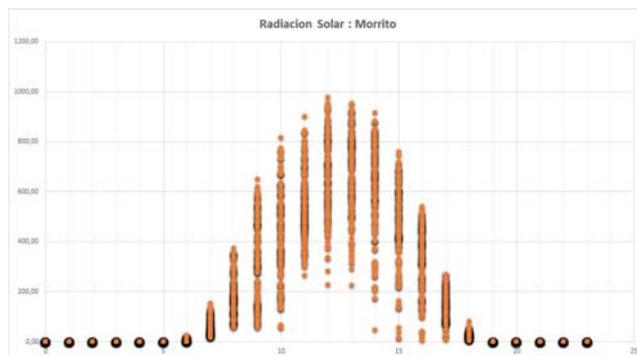


Fig. 10. Datos de radiación solar recolectados en la estación Morrito presentados de manera gráfica.

## VI. CONCLUSIONES

El desarrollo del sistema propuesto en este trabajo permite disponer de datos e información hidrometeorológica desde distintas perspectivas lo cual se pretende ayude a los técnicos en el proceso de análisis y a los tomadores de decisiones en los planes de prevención y respuestas.

La visión gráfica de los datos incluye el aspecto innovador de permitir mezclar datos de más de una estación, esto permite hacer comparaciones rápidas e identificar patrones temporales en los datos.

La implementación de un subsistema de interoperabilidad (propio) y el basado en estándares ISO 19100, habilitan el intercambio de datos. En el caso del último lo hacen para cualquier ambiente de Sistema de Información Geográfico (SIG) generando imágenes georreferenciadas de manera automática y archivos en GML. Igualmente la información basada en mapas permite obtener una visión geográfica de la distribución de las distintas variables meteorológicas.

La implementación de los primeros niveles de la norma UNE 500540, está permitiendo identificar valores atípicos que sobrepasan los límites físicos y por correlaciones temporales. Se espera que al completar la implementación de la misma, esto sirva como una herramienta para el personal de control de calidad Metrológico.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores deseamos agradecer a los revisores de este artículo por ayudar a mejorar la calidad del mismo. También a los compañeros de la Dirección General de Meteorología por la colaboración en transferir los requerimientos de un sistema de este tipo y el diseño de algunos puntos del desarrollo. A los directivos de INETER, la DISUP y del Gobierno de Nicaragua por fomentar el desarrollo de nuevas tecnologías desde la propia institución y el apoyo al personal recién graduado o en proceso de graduación.

## REFERENCIAS

- [1] Ley N° 290 Ley de organización, competencia y procedimientos del poder ejecutivo. Decreto ejecutivo No 830 . La Gaceta, Diario oficial, No 224. La asamblea nacional de la republica de nicaragua. Managua, Nicaragua, octubre de 1981 Url: <https://www.dga.gob.ni/ley/Ley%20No%20290.pdf>.
- [2] DARA (Febrero 2012), Selección UTR – Nicaragua URL: [http://daraint.org/wp-content/uploads/2012/01/UTR\\_Nicaragua.pdf](http://daraint.org/wp-content/uploads/2012/01/UTR_Nicaragua.pdf) (Accesado Abril 2015)
- [3] Francisco Ariza, Antonio Pascual,(2008), Introduccion a la Normalizacion Geografica: La familia ISO 19100, Grupo de investigacion en ingenieria catografica, PDF:[http://coello.ujaen.es/Asignaturas/pcartografica/Recursos/IntroduccionNormalizacion\\_IG\\_FamiliaISO\\_19100\\_rev1.pdf](http://coello.ujaen.es/Asignaturas/pcartografica/Recursos/IntroduccionNormalizacion_IG_FamiliaISO_19100_rev1.pdf)
- [4] UNE 500540, (2004). Redes de Estaciones Meteorológicas Automáticas. Directrices para la validación de registros meteorológicos procedentes de redes de estaciones automáticas. Validación en tiempo real. AENOR.
- [5] Carlos Blé Jurado (2006), Diseño agil con TDD, 111p – 116p.
- [6] Scott Millett, Nick Tune (Mayo 2015), Patterns, Principles, and Practices of Domain-Drive Design, 479p – 593p, John Wiley & Sons, Inc.
- [7] Sobre Conceptos, (agosto 2014). Concepto de banco de datos URL: <http://www.sobreconceptos.com/banco-de-datos> (Accesado abril 2015)
- [8] XConnect Global Networks Ltd. (2003) XConnect (6) [Software]. URL: <http://www.xconnect.net/>
- [9] PostgreSQL Global Development Group, (Septiembre 2013). PostgreSQL (9.3) [Software]. URL: <http://www.postgresql.org.es/>
- [10] PostGIS Project Steering Committee (PSC) (marzo 2015) PostGIS (2.1) [Software]. URL: <http://www.postgis.net>.
- [11] Diana Ivonne Benavides, Lilia Patricia Arias Duarte, (2012). Fundamentos de las infraestructuras de datos espaciales, Miguel Bernabé, Carlos López (eds), Documentación De La Información Geográfica: Los Metadatos, UPM Press, [www.upmpress.es](http://www.upmpress.es).
- [12] Willington Siabato, Lucio Colaiacomo Mauricio Rincón-Romero, (2012). Fundamentos de las infraestructuras de datos espaciales, Miguel Bernabé, Carlos López (eds), WFS Y WCS: Servicios De Información Geográfica En La Web, UPM Press, [www.upmpress.es](http://www.upmpress.es).
- [13] Linda van den Brink, Clemens Portele, Panagiotis (Peter) A. Vretanos, (Octubre 2010), Geography Markup Language (GML) simple features profile, Open Geospatial Consortium.
- [14] Jesús Celada Pérez, Francisco García Cepeda, Freddy Saavedra, (2012). Fundamentos de las infraestructuras de datos espaciales, Miguel Bernabé, Carlos López (eds). El Tratamiento de los Datos Geograficos, UPM Press, [www.upmpress.es](http://www.upmpress.es).
- [15] Paloma Abad Power, Miguel A. Bernabé, Antonio F. Rodríguez Pascual, (2012). Fundamentos de las infraestructuras de datos espaciales, Miguel Bernabé, Carlos López (eds). Compartir: La Solución Está En Las Infraestructuras De Datos Espaciales, UPM Press, [www.upmpress.es](http://www.upmpress.es).
- [16] R Project (n.d.). "What is R?". (2009), URL: <http://www.r-project.org/about.html>
- [17] Direccion general de proteccion civil y emergencias, ministerio del interior españa . red radio de emergencia REMER. VADEMECUM decodificacion de mensajes metar y speci URL:<http://www.proteccioncivil.org/catalogo/carpeta02/carpeta24/vademecum12/vdm043.htm> (accesado marzo 2015).