

Diseño de una infraestructura de datos espacial, aplicada a la climatología de montaña en Cuba

Design of a spatial data infrastructure, applied to mountain climatology in Cuba



<https://cu-id.com/2377/v28n3e05>

✉ José Ramon Cid Nacer^{1*}, ✉ Ricardo Delgado Tellez²

Centro Meteorológico Provincial Santiago de Cuba, Santiago de Cuba, Cuba
Grupo Empresarial GEOCUBA, Cuba

RESUMEN: El presente resultado propone un diseño de una Infraestructura de Datos Espacial para la climatología de montaña, en donde fueron examinados los marcos regulatorios existentes en lo que se refiere a los estándares y normas nacionales e internacionales. Se realizó una propuesta de metodología de diseño, desarrollo y modelado de datos con sus metadatos. Se detallaron los sistemas de gestión de datos clientes-servidor, recurriendo al Teorema de CAP. Permitted argumentar y proponer una metodología de diseño de infraestructura de Datos Espaciales y las mejores opciones para el contexto de Cuba, potenciando las de programas libres y código abierto. Se expusieron los servicios de datos geoespacial básicos que debe proveer y su relación espacial, se definieron los roles asignados a cada actor en la infraestructura, entre estos el de seleccionar mapas, ejecutar consultas predefinidas, generar y exportar productos espaciales e informes, así como modificar datos. Se establecieron requisitos de seguridad e integridad de todas las informaciones almacenadas y las buenas prácticas a cumplir en aplicaciones públicas en internet, la seguridad de los dominios y certificaciones de los servicios de funciones web, se implantaron requisitos mínimos de disponibilidad y de accesos. Se propuso las mejores soluciones tecnológicas de despliegue, los servidores y clientes de Infraestructuras de Datos Espacial, de escritorio, sistemas de gestión de bases de datos espaciales, aplicaciones de captura de datos y almacenamiento en la nube. Se propusieron indicadores de evaluación que permiten las mejoras constantes.

Palabras Clave: Infraestructura de Datos Espaciales, Metodología, Programas libres, Bases de Datos, Servicios Geoespaciales, Datos Espaciales, Estándar y Normas ISO.

ABSTRACT: The present result proposes a design of a Spatial Data Infrastructure for mountain climatology, where the existing regulatory frameworks were examined in terms of national and international standards and norms. A proposal for a methodology for the design, development and modeling of data with its metadata was made. The client-server data management systems were detailed, using the CAP Theorem. It allowed to argue and propose a Spatial Data infrastructure design methodology and the best options for the Cuban context, promoting those of free programs and open source. The basic geospatial data services that must be provided and their spatial relationship were exposed, the roles assigned to each actor in the infrastructure were defined, including selecting maps, executing predefined queries, generating and exporting spatial products and reports, as well as modifying data. Security and integrity requirements were established for all stored information and good practices to be followed in public applications on the Internet, domain security and certification of web function services, minimum availability and access requirements were implemented. The best technological solutions for deployment, servers and clients for Spatial Data Infrastructures, desktops, spatial database management systems, data capture applications and cloud storage were proposed. Evaluation indicators were proposed that allow constant improvements.

Keywords: Spatial Data Infrastructure, Methodology, Free Software, Databases, Geospatial Services, Spatial Data, ISO Standards and Norms.

INTRODUCCIÓN

El potencial de la información geoespacial, para la ciudadanía, la toma de decisiones y la gestión (Muro

Medrano, 2012), es una vía para potenciar las *smart cities* o ciudades inteligentes (Roche, 2014), así como para el desenvolvimiento profesional, la agricultura de precisión, arqueología y estudios ambientales.

*Autor para correspondencia: José Ramon Cid Nacer. E-mail: jrcidnacer@gmail.com

Recibido: 13/05/2022

Aceptado: 18/08/2022

Las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE), ofrecen un catálogo de datos referenciados en el territorio bajo la normativa y los servicios del Consorcio Geoespacial Abierto (*Open Geospatial Consortium*, OGC), empleando estándares que permiten el acceso a los datos mediante descarga directa o mediante una conexión a un servicio OGC (González & Lázaro, 2011). Estas capas de información transversales en los programas de sociedades de información. (Delgado, 2007), son soluciones tecnológicas que se basan y aprovechan la Red Internet, permitiendo la globalización en la intercomunicación e interoperabilidad entre los sistemas de información geográfica. (Pombo, 2019), ofreciendo un catálogo de datos referenciados en el territorio bajo la normativa.

Una de las principales características de las IDE es que las entidades proveedoras de información son las responsables de la custodia y del mantenimiento de la información, la información es distribuida mediante servicios en Internet basados en una Arquitectura Orientada a Servicios (*Service Oriented Architecture*, SOA), los cuales utilizan estándares propuestos por la OGC y se comunican mediante un Protocolo Simple de Acceso a Objetos (*Simple Object Access Protocol*, SOAP) por medio de intercambio de datos utilizando un Lenguaje de Marcado Extensible (eXtensible Markup Language, XML).

El manejo de los datos adecuados refuerza un conocimiento territorial, fiable y preciso, que permite el desarrollo de las habilidades de explorar y visualizar el mundo real (cambio climático, desastres naturales y su recuperación, así como responder a la conservación de los mismos) (Tsou & Yanow, 2010). Una sólida formación espacial, en la que los Geodatos de las IDE sean un elemento esencial, facilitarán al futuro ciudadano el responder científicamente a cuestiones ambientales y sociales propias del siglo XXI.

Las experiencias de México, Colombia, Perú España, así como la comunidad Latinoamericana de Infraestructuras de Datos Espaciales (LATIN IDE), comunidad virtual sin restricciones de acceso, que agrupa a investigadores de 13 instituciones de 7 países (Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador y Perú) en torno al trabajo investigativo y académico acerca de IDE, resultaron elementos esenciales en la guía y desarrollo del proyecto.

En el país existen Infraestructuras de Datos Espaciales públicas con acceso desde internet algunas con contenidos de capa base desde el punto de vista Geográficos como es el caso de IDE de la República de Cuba (IDERC, www.iderc.cu) y otras IDE temáticas, dentro de las que más se destacan están la del Ministerio de la Agricultura (minag.geocuba.cu), el Grupo Empresarial AZCUBA (azcuba.geocuba.cu) y la del Plan del Estado Cubano para el enfrentamiento al cambio climático la Tarea Vida (idevida.geocuba.cu), la mayoría de estas alojadas en infraestructuras de GEOCUBA, el Instituto de Meteorología de

Cuba (INSMET), no cuenta con una infraestructura de Datos Espacial temática propia que desarrolle y fortalezca una visión espacial de la meteorología y la climatología en el país, máxime cuando la mayoría de los productos que generan en el INSMET, son espaciales como los de la climatología, agrometeorología, de contaminación, física de la atmosfera, modelos, datos de estaciones de superficie, radares, entre otros.

La climatología de montaña de la zona oriental aporta un gran volumen de productos espaciales e informes técnicos, que carecían de una sostenibilidad que permitiera potenciar la accesibilidad, la visualización, la actualización y la estandarización, estas insuficiencias primero por el INSMET al no contar con una IDE y luego por el Proyecto de Climatología de Montaña de la región Oriental no lograba exponer a los distintos actores de la sociedad la información de forma espacial, que contribuyera a fomentar la gestión integral en la toma de decisiones en regiones específica de interés socioeconómico, en la que la información climatológica y meteorológica es crucial, además de potenciar el pensamiento de forma espacial y el descubrimiento de nuevas relaciones en la gestión de esta zona montañosa, despejando el camino para el acceso a los servicios de información espacial, universal y gratuitos, así como la interoperabilidad de los mismos.

Conociendo esta problemática se asume que el objetivo principal es **Diseñar una Infraestructura de Datos Espacial, que estandarice y provea los servicios geoespaciales de la climatología de montaña en la región oriental de Cuba**, para alcanzar este objetivo se definieron objetivos específicos.

1. Diseñar la Infraestructura de Datos Espaciales, en el marco de la climatología de Montaña, amparado por las normas ISO, la OMM y las legislaciones cubanas.
2. Diseñar un modelo que defina la estructura de los datos, metadatos y los servicios espaciales, en referencia a la OMM, (*Open Geospatial Consortium*, OGC), (*eXtensible Markup Language*, XML), y (*Geography Markup Language*, GML).
3. Exponer soluciones tecnológicas para el despliegue de la Infraestructura de Datos Espacial, bajo normas y estándares internacionales de la (*World Wide Web Consortium*, W3C).

MATERIALES Y MÉTODOS

Teniendo como referencias las definiciones sobre que es una Infraestructura de Datos Espaciales de estos autores y organizaciones que plantean que:

Los componentes de una Infraestructura de Datos Espaciales deben incluir fuentes de datos espaciales, bases de datos y metadatos, redes de datos, la tecnología (relacionada con la colecta, administración y representación de datos), los arreglos institucionales, las políticas y las normas y los usuarios finales. (McLaughlin y Nichols, 1992).

Una infraestructura nacional de datos espaciales comprende cuatro componentes principales, el marco institucional, las normas técnicas, los conjuntos de datos fundamentales y las redes de intercambio de información. (Consejo de Información de la Tierra de Australia y Nueva Zelanda, ANZLIC, 1996)

La definición de trabajo dada por Coleman y McLaughlin (Coleman & McLaughlin, 1997) para la Infraestructura Global de Datos Geoespaciales (GGDI) expresa lo siguiente: “Una GGDI abarca las políticas, tecnologías, estándares y recursos humanos necesarios para la efectiva recolección, administración, acceso, entrega y utilización de los datos geoespaciales en una comunidad global”. (Delgado & Cruz, 2009), según Delgado y Cruz, pueden tener un alcance de tres dominios de información, los datos geoespaciales fundamentales, los datos geoespaciales temáticos y los servicios de asociados a estos.

En el transcurso del proyecto fueron utilizados varios métodos de investigación conformados por una serie de pasos lógicamente estructurados y relacionados, en el cual es importante contar con un soporte metodológico partiendo de las definiciones anteriores, que sea capaz de integrar de manera efectiva cada uno de los componentes que estructuran una IDE, el enfoque mixto o metodología mixta (cualitativa, cuantitativa) (Hernández-Sampieri et al., 2018), permitió contribuir al conocimiento exhaustivo de nuestro objetivo, alcanzando un mayor entendimiento sobre los Geodatos y las IDE, es por ello que se realiza un análisis de información, de investigación práctica, datos, metadatos y desarrollo sobre Infraestructuras de Datos Espaciales en todas sus instancias, lo que permitió alcanzar los objetivos específicos y proponer un diseño metodológico de desarrollo de IDE de productos espaciales de la climatología, así como proponer indicadores de evaluación para el caso de esta IDE que contribuyan a su mejora continua.

Se crearon comisiones de trabajos para el intercambio y entrevistas con los grupos de meteorología aplicada, de instrumento y métodos de observación, estaciones meteorológicas, especialistas en Sistemas de Información Geográfica de distintos organismos en la provincia y el Centro Meteorológico Provincial (CMP) de Granma, fueron realizadas varias entrevistas con la especialista provincial de los estudios de Peligro Vulnerabilidad y Riego en Santiago de Cuba y la Defensa Civil, de igual forma se procedió con clientes para conocer sus expectativas en el uso de información espacial, resultado de gran aporte todas las entrevistas, talleres y secciones de intercambio realizadas con el Jefe del Proyecto de Clima de Montaña de la Región Montañosa del Oriente Cubano.

Se realizó un taller de capacitación extenso en Santiago de Cuba en donde fueron impartidas por especialista de GEOCUBA tanto de La Habana y Santiago de

Cuba, metodologías, estructuras y desarrollo de IDE en Cuba y el mundo, se expusieron experiencias de Sismología, la Defensa Civil de Cuba, se realizaron intercambios virtuales, utilizando videoconferencias con especialistas nacionales y foráneos de Colombia.

Se organizaron talleres de intercambios con el grupo de informática y comunicación del Centro Meteorológico Provincial y GEOCUBA ambos Santiago de Cuba, con vista a dar respuesta a tecnologías para el despliegue e implementación de IDE y GeoDatos temáticos, tecnologías de soporte y buenas prácticas, sistemas de seguridad integrados en las IDE, intercambio con especialistas de Holguín sobre sistema de Gestión de Datos Climáticos implementado en este CMP, se realizaron intercambios permanentes con expertos de GEOCUBA.

En Cuba, no existe una metodología predefinida para el diseño de una IDE relacionada con la climatología, ni en el campo de la Meteorología, al igual que en la región, debido a la heterogeneidad y las estructuras propias que conforman una IDE desde el punto de vista de las definiciones de varios autores, las combinaciones e interacciones entre todos los elementos que intervienen en su diseño, resultan complejo de expresar como pasos lógicos, pero si se conocen algunos elementos que resultan comunes y deben ser considerados en el momento del diseño de esta, como suelen ser las normas, los estándares, los datos, las políticas y las redes de información con el uso de las tecnologías, complementado con los servicios, partiendo de esto se propone una metodología específica para el diseño de una IDE de climatología (Figura 1) diseñada por etapas que permite alcanzar el primero de los objetivos específicos propuesto.

Los modelos de datos han evolucionado a una clasificación que presenta los diferentes tipos de modelos de datos que la constituyen (Piattini y Marcos, 1999), resultando ser un lenguaje orientado a hablar de base de datos (Olle, 1978), (Ortiz, 2015), para el desarrollo del segundo objetivo específico y que corresponde con el de Diseño y Modelado de los Datos, al no contar con una metodología específica para esta se crea un diseño metodológico (Figura 2) que permite llegar a buen término el desarrollo del mismo.

Para la publicación y tratamiento de los metadatos se establecieron según las normas ISO 19115-19115-2 y 19139 (Organización Internacional de Normalización [ISO], 2019), estas permitieron aplicar un marco homogéneo para este proceso de obligatorio cumplimiento, obteniendo como resultado una propuesta de un perfil de metadato; por la heterogeneidad de los datos no se determinó un perfil único de metadatos para toda la información, que permita la publicación del mismo de forma estandarizada para todos los productos espaciales.

Por otro lado, la *World Meteorological Organization* (WMO) u Organización Meteorológica Mundial (OMM), con una normativa bien extensa y rica en

cuanto ha contenido para todo el universo sobre estos temas, rigiendo los procesos de captación, el almacenamiento, procesamiento y divulgación de la actividad meteorológica a nivel mundial.

Según establece la OMM en la norma sobre metadatos del sistema mundial integrado de sistemas de observación de la OMM (OMM-N° 1192), del año 2019, existe un grupo de características asociadas a un dato que debe tenerse en cuenta para su comprensión dicha norma establece que: Cada elemento se clasifica como obligatorio (O), condicional (C) u opcional (OP). El asterisco (*) significa que el elemento es necesario para el proceso de examen continuo de las necesidades de la (OMM). La almohadilla (#) signifi-

ca que se puede registrar un elemento obligatorio con un valor de indicación NIL (lo cual significa que los metadatos son desconocidos, no se aplican o no se encuentran disponibles) en cualquier circunstancia o de cualquier otro modo con arreglo a las especificaciones establecidas (OMM-N° 1192, 2019), (Figura 3).

Se tuvieron en cuenta otros fundamentos normativos nacionales e internacionales como el acuerdo No.5535 del Comité Ejecutivo del Consejo de Ministro de Cuba, el decreto No. 199, referente a la Información Espacial Oficial Regulada, sobre la Seguridad y Protección de la Información Oficial. Las normativas de la OMM, OMM-N° 100, WMO/TD-No. 1186, WCDMP-No. 50 WMO-TD No. 1130, WMO-No.



Figura 1. Metodología para el Diseño de la Infraestructura de Datos Espacial de Climatología de Montaña, Fuente: Elaborado por el autor

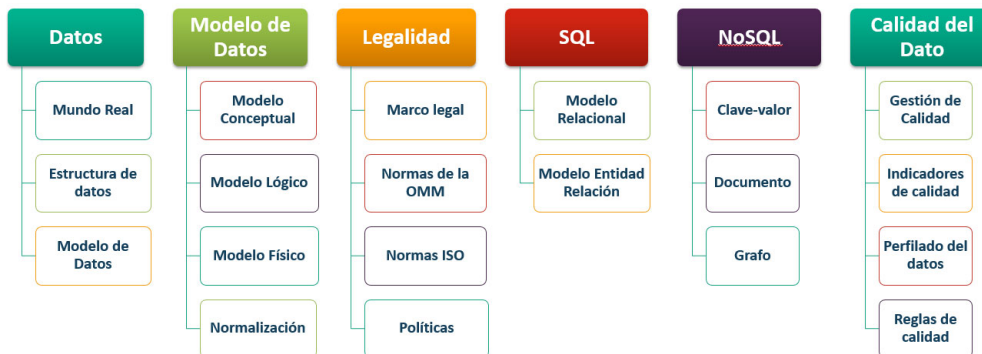


Figura 2. Metodología para el Diseño y Modelado de los Datos de la Climatología de Montaña, Fuente: Elaborado por el autor

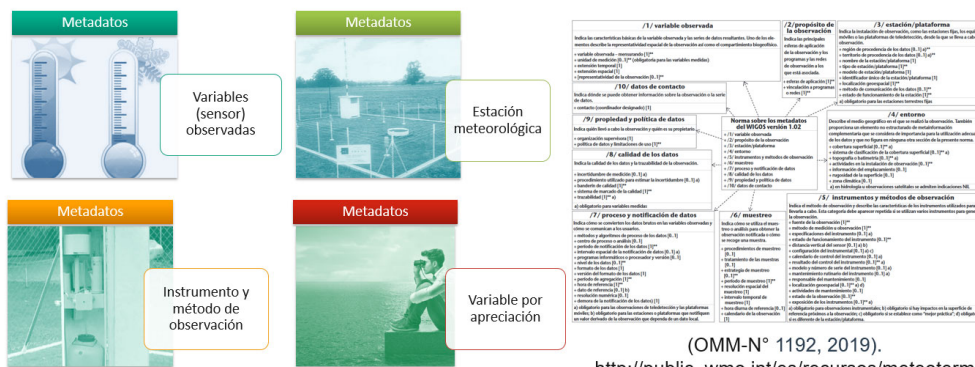


Figura 3. Resumen de los cuatro elementos de Metadatos, Diseño: Elaborado por el autor partiendo de la Norma de la OMM

1131, OMM-N° 8, OMM-N° 1160, OMM-N° 1192, WCDMP-N° 60, WMO-TD N° 1376, WCDMP-N° 61 OMM-TD No. 1377.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Con el fin de responder a estas necesidades actuales y futura, es sumamente importante que tanto la información climática espacial actual como la histórica, sean gestionadas de manera sistemática y exhaustiva. A los datos meteorológicos convencionales se suman hoy los obtenidos por una amplia gama de instrumentos y sistemas, tales como los satélites, radar y otros dispositivos de teledetección, lo que convierten a los sistemas de gestión de datos en un recurso indispensable para los centros climáticos modernos, en donde las IDE, juegan un papel protagónico indiscutible.

Datos Básicos Necesarios

Se definió como primer paso la zona geográfica de influencia de la IDE, abarcando las zonas montañosas de la región oriental de Cuba, que incluye las provincias de Holguín, Granma, Santiago de Cuba y

Guantánamo, los productos espaciales de la IDE, estarán disponibles de forma universal en internet, no así los procesos de actualización, corrección y creación de nuevos productos espaciales que solo será de las provincias involucradas en concordancia con el rol dentro de la IDE.

Para el funcionamiento de la IDE se necesita un grupo de datos espaciales mínimos necesarios que constituyen elementos básicos (Tabla 1).

Resultado del Análisis de los Datos

En la gestión de los datos de la IDE se investigaron distintos modelos proponiendo modelos de datos específicos en cada uno de los productos espaciales, teniendo en cuenta las estructuras de los datos, el tipo de datos, el dominio y la forma en que se relacionan (Figura 6), al igual que las restricciones de integridad y las operaciones de manipulación de estos, muy usadas fundamentalmente durante la etapa de análisis.

En el caso de los datos meteorológicos existen tres modelos de datos predefinidos por la OMM en WCDMP-N° 60, WMO-TD N.º 1376. El primero es el dato por elementos que tiene como desventaja que,

Tabla 1. Resumen de Datos Mínimos Necesarios para la IDE

Descripción	Fuentes	Detalles
Fronteras provinciales, municipales y poblados	IDERC Cuba	nombre provincias, municipios y poblados
Relieve	IDERC Cuba	elevaciones
Asentamientos humanos	IDERC Cuba	nombre población
Hidrografía	IDERC Cuba	ríos, arroyos, cañadas
Vías de comunicación	IDERC Cuba	viales, caminos rurales
Productos espaciales Temáticos de climatología	Proyectó clima de montaña	Temperaturas, humedad relativa media y extrema, dirección y fuerza del viento, régimen histórico mensual de precipitación, (1:250000 y rastre con 25 m de resolución)
Datos meteorológicos convencionales	Meteorología Provinciales	datos cada tres horas
Datos meteorológicos automáticos	Meteorología Provinciales	datos cada 10 minutos
Productos espaciales para imprimir de la Climatología	Meteorología Provinciales	boletines climáticos y agrometeorológicos, mapas decenales
Estudios de PVR	Estudios de PVR provinciales	sequía, lluvias intensas, fuertes vientos, inundaciones costeras, sismos, deslizamiento de tierra (1:25000)

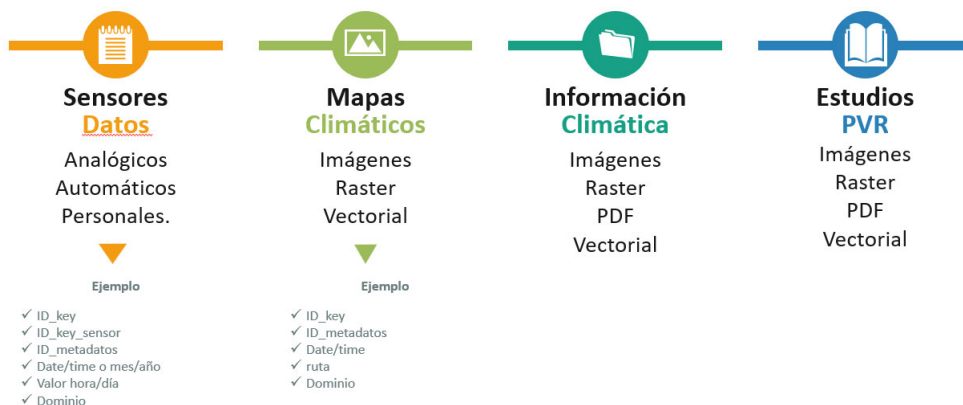


Figura 6. Datos de Formas General que Serán Manejado por la IDE, Fuente: Elaborado por el autor

para aplicaciones en tiempo real, el rendimiento puede ser bajo. El segundo modelo es por observación que presenta la desventaja de ser muy rígido y las modificaciones en las estructuras suelen ser complicadas al no estar incluidas en un diseño inicial. El tercer modelo, él por valor, resulta fácil agregar nuevos elementos y se adapta a muy diversos tipos de datos. Cada modelo de datos presenta atributos que resultan útiles en determinados tipos de aplicaciones, además, debería ser posible incluir, en una misma base de datos, que respondan a diferentes modelos de datos, a fin de dar respuesta a necesidades y limitaciones específicas.

De estos modelos se escogieron para el diseño, el modelo por elementos y por valor, resultando el modelo propuesto en la (Figura 7), ajustados a las necesidades para los datos horarios y diarios, definiéndose y proponiéndose un modelo propio para los datos de las estaciones automáticas (Figura 8).

Para los productos espaciales se definió y se propuso un modelo específico de datos y metadatos (Figura 9) pudiéndose utilizar de forma independiente o unificado a un sistema de gestión de IDE.

El resultado del análisis de los metadatos se debe considerar que los datos geográficos tienen un componente espacial, que mediante la descripción ayuda en la interpretación espacial, acorde con las normas ISO 19115- 2 (*Geographic Information- Metadata for Imagery and Gridded Data*), que es una extensión de la norma ISO 19115 para datos raster e imágenes. En el caso de los datos meteorológicos y productos espaciales, en el informe (*Guidelines on Climate Metadata and Homogenization*, (WMO 2003b) del Programa Mundial de Datos y Vigilancia del Clima, los metadatos referentes que resultaron obligatorio y opcionales y bajo este principio se diseñaron los metadatos meteorológicos con los elementos obligatorios y para los

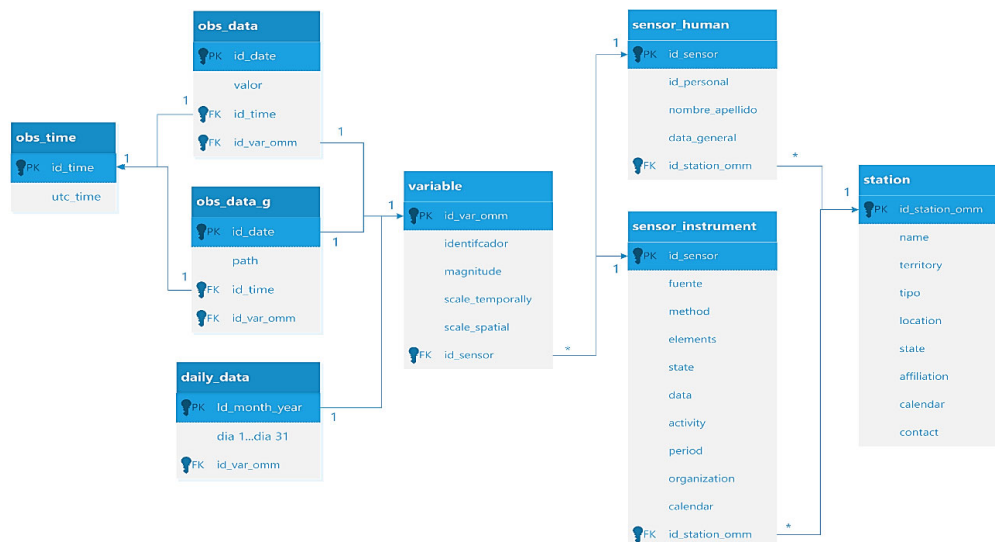


Figura 7. Modelo para Datos Convencional y Conexión a sus Metadatos, Fuente: Elaborado por el Autor

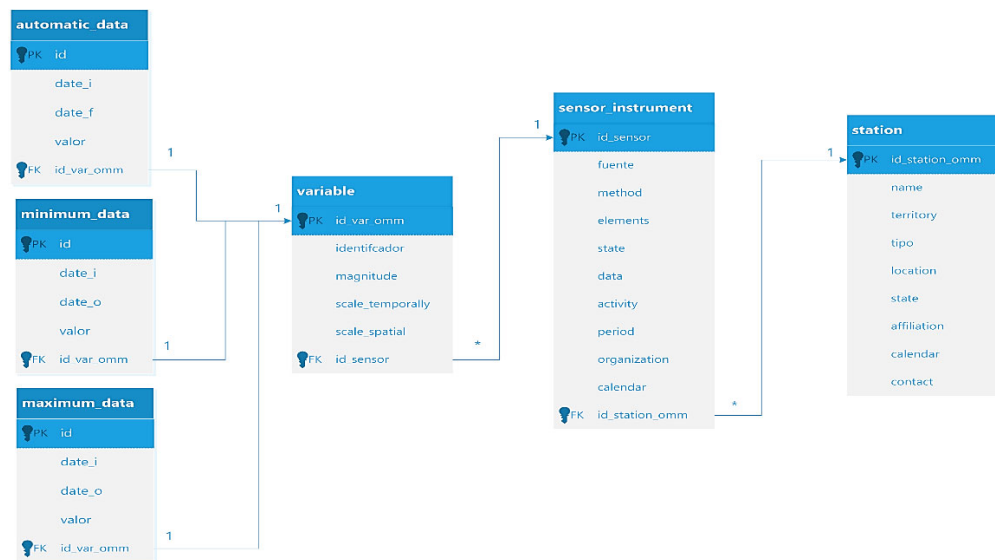


Figura 8. Datos Automáticos, con Conexión a sus Metadatos, Fuente: Elaborado por el Autor

productos espaciales se definió un perfil de metadatos proponiendo en la (Figura 10) un diseño mínimo para su comprensión.

Igualmente, fueron identificados varios procedimientos (Figura 11) necesarios para el buen funcionamiento de la IDE, garantizando su estabilidad y alto nivel de actualización, destacándose dos procedimientos que por su importancia resultan vital, el de clasificación de la información en privada y pública, resultando está una responsabilidad de cada institución proveedora de la información espacial.

Tecnológica de Implementación de IDE, Almacenamiento y Servicios espaciales

Las opciones tecnológicas de implementación y despliegue de IDE, fue el resultado de realizar un análisis de las soluciones tecnológicas existentes, (Tabla 2) que deben dar respuestas y satisfacer los objetivos propuestos en este diseño, así como el crecimiento futuro y ciertas premisas básicas para el desarrollo.

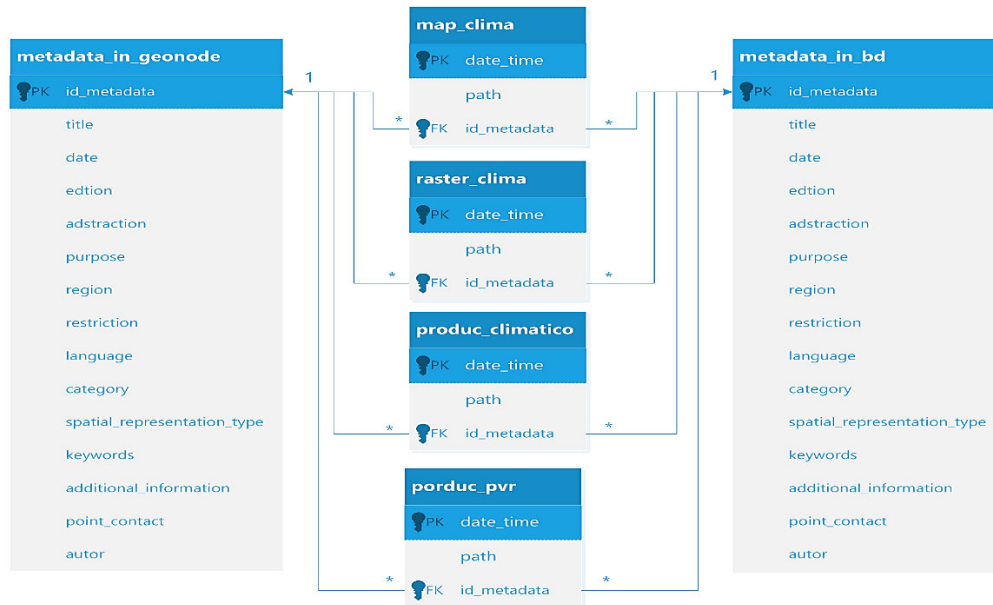


Figura 9. Productos espaciales, con conexión a sus metadatos, Fuente: Elaborado por el Autor



Figura 10. Propuesta de Metadatos para datos espaciales, Fuente: Elaborado por el Autor



Figura 11. Procedimiento identificados en la IDE, Fuente: Elaborado por el Autor

De las variantes analizadas para alojar el sistema IDE se escogió como plataforma para la gestión y publicación a **GeoNode** (Figura 13) que tiene incorporado muchos estándares del *Open Geospatial Consortium* (OGC), incluido el Servicio de mapas web (WMS), el Servicio de características web (WFS), el Servicio de cobertura web (WCS), KML y el Servicio de catálogo para web (CSW), es *software* libre y se puede modificar y redistribuir bajo la Licencia Pública General de GNU, permite la creación de datos,

metadatos y visualización de mapas, la misma puede compartirse de forma pública o ser restringida, permitiendo el acceso a usuarios específicos, cuenta con un sistema de comentarios integrado en la plataforma, facilita la administración de los datos permitiendo realizar control de calidad, contando con un amplio soporte de formatos de archivos. (Tabla 3)

Para la realización del proyecto se eligió a Linux como sistema operativo de soporte en su distribución de Ubuntu 20.04, en el cual será desplegado GeoNode

Tabla 2. Servidores para despliegue de IDE

Servidor	Licencia	Sistema Operativo	Bases de datos espaciales	Entorno de desarrollo	Compatibilidad con servicios						Cache local
					WMS	WFS	WCS	WPS	SOAP	REST	
MapServer	GPL Compatible	GNU/Linux, MS-Windows, macOS, POSIX	Postgre	C	●	●	●	○	○	○	●
GeoServer	GPL	NU/Linux, MS-Windows, macOS, POSIX	Postgre, MySql	Java, Python	●	●	●	●	○	○	○
GeoNode	GPL	GNU/Linux Windows	Postgre, MySql	Python (Django)	●	●	●	●	●	●	●

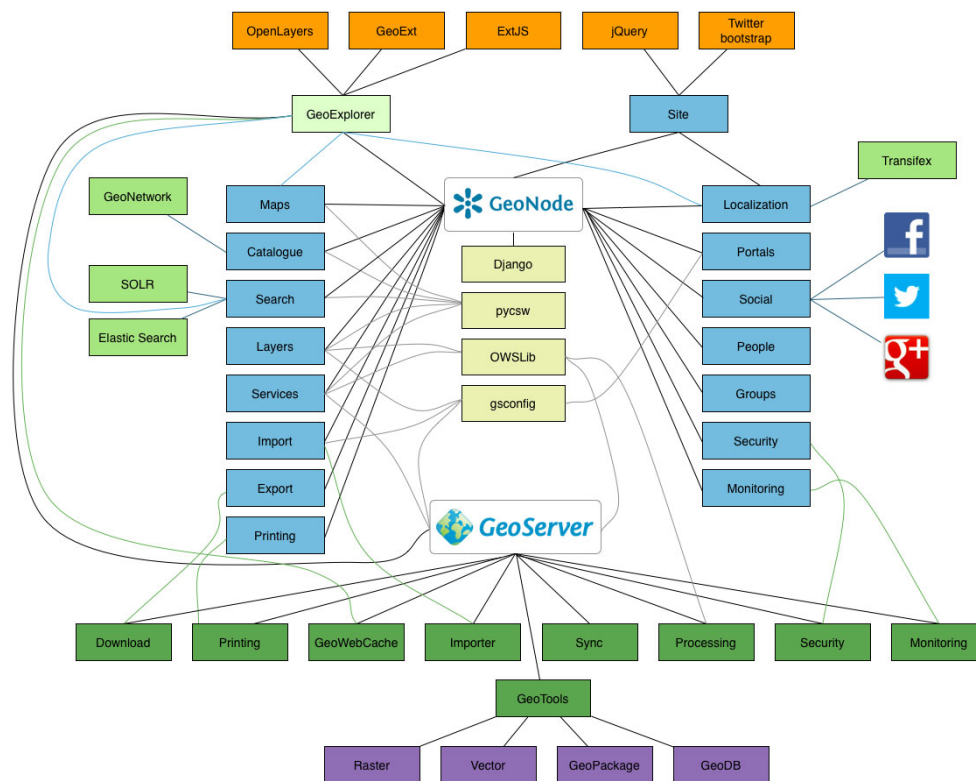


Figura 13. Componentes de la Arquitectura de GeoNode,

Fuente: <http://geonode-docs.readthedocs.io/en/latest/reference/architecture.html>

Tabla 3. Formatos Soportados por GeoNode

Extensión para datos espaciales	Extensión para documentos
shp (Shapefile), csv (comma-separated), kml (Markup Language), kmz (kml comprimido), json (JavaScript Object Notation), geojson, tif-tiff (Tagged Image File Format), geotiff, gml (Geography Markup Language), xml (eXtensible Markup Language)	doc (Word), docx (Word compatibilidad), gif (Graphics Interchange), jpg-jpeg (Photographic Experts Group), ods (OpenDocument Spreadsheet), odt (OpenDocument Text), pdf (Portable Document Format), png (Network Graphics), ppt, pptx, sld (Styled Layer Descriptor), txt (textfile), xls,xlsx, zip, gz (GNU ZIP), qml

que es desarrollado con el framework web Django y escrito en Python, presenta una documentación detallada en forma de bloques para usuarios, administradores y desarrolladores, junto con este se instalan un grupo de componentes necesarios como: Bootstrap, Django, GeoServer, Geospatial Python Libraries, GeoWebCache, jQuery, MapStore, PostgreSQL and PostGIS y Pycsw.

GeoNode aprovecha el marco web Django, ofreciendo un entorno amigable y extensible para desarrolladores con el marco web Modelo Vista Controlador (MVC), Django ofrece un entorno amigable para los desarrolladores en aplicaciones web geoespaciales, cuenta con un ecosistema de aplicaciones conectables y plantillas desplegadas que facilita el desarrollo de sitios web centrados en los usuarios y la colaboración, de la misma manera que Bootstrap y jQuery complementan el front-end de GeoNode, para impulsar una interfaz de usuario enriquecida en temas y personalización, al tiempo que permite múltiples puntos de integración utilizando interfaz de programación de aplicaciones (*Application Programming Interface*, API), como los de Servicios web compatibles con OGC, API REST de GeoServer y Búsqueda de GeoNode y API REST.

Del resultado del análisis del Modelo de Datos y el estudio del Teorema de CAP (*Consistency, Availability, Partition Tolerance*), (Brewer, 2000), (Seth y Lynch, 2002), consistencia, disponibilidad y tolerancia al Particionado a los Sistemas de Gestión de Base de Datos (SGBD), el teorema solo establece limitaciones a ciertos tipos de fallas y no limita las capacidades de un sistema durante su normal operación (Abadí, 2012) de los dos modelos analizados el SQL y los NoSQL, se propone trabajar de forma unida para lograr un objetivo en común, aprovechando las características y potencialidades intrínsecas de cada modelo de datos que lo hacen peculiar para solventar las necesidades de la IDE, de una parte, la base de datos SQL muy

robusta en el trabajo con los datos estructurados y la NoSQL con aquellos datos que no tengan una estructura fija como pueden *The Weather Channel* (González, 2020), en el caso de SQL se propone PostgreSQL y la extensión PostGI, que viene de forma nativa en GeoNode y para los NoSQL a MongoDB, aunque se debe destacar que el hospedaje del soporte para este último está restringido para Cuba.

Se definieron un grupo de requisitos propuestos en el diseño, como es el caso de la accesibilidad, las interfaces de usuario deben adaptarse tanto a dispositivos móviles como a PC, permitir que se generen servicios en formatos JSON o GeoJSON. En el grupo de políticas de seguridad de varias resulta imprescindible, la referente al certificado de la plataforma o interfaz Web, de no cumplirse este pudiera quedar penalizado por los motores de búsqueda, disminuyendo su probabilidad de descubrimiento, considerándose la necesidad de certificar los servicios de WFS con soporte de edición, identificación de usuarios en tareas administrativas en las bases de datos y procesamiento de datos espacial de meteorología y climáticos. En cuanto a la disponibilidad, se debe garantizar un 99% de permanencia en línea, correspondiéndose este valor con tan solo 72 horas fuera de conexión.

De la misma forma se diseñaron un mínimo de servicios espaciales (Figura 15) que estarán disponibles de varias formas, desde documentos de entrada, PDF, archivos shapefile, JSON, además de, servicios de Mapas (WMS), de objetos geográficos (WFS), de coberturas (WCS) y los formatos JPEG, GIF, PNG, SVG, en un entorno de gestión de información espacial estandarizada OGC con bases de datos georreferenciadas.

De forma general, en el diseño se analizaron y propusieron (Figura 16) las mejores soluciones de cada uno de los sistemas asociados a la IDE, que contribuyen a construir un sistema de gestión de contenidos robusto y estandarizado, los formatos de carga compa-

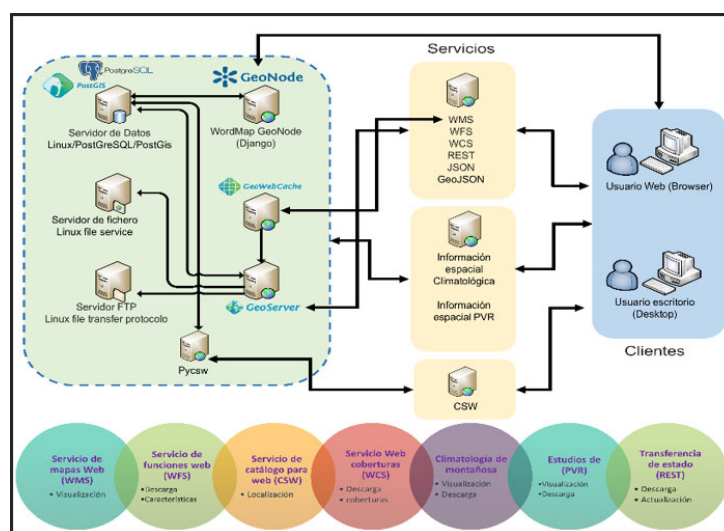


Figura 15. Diseño de forma general de los servicios, Fuente: Elaborado por el Autor

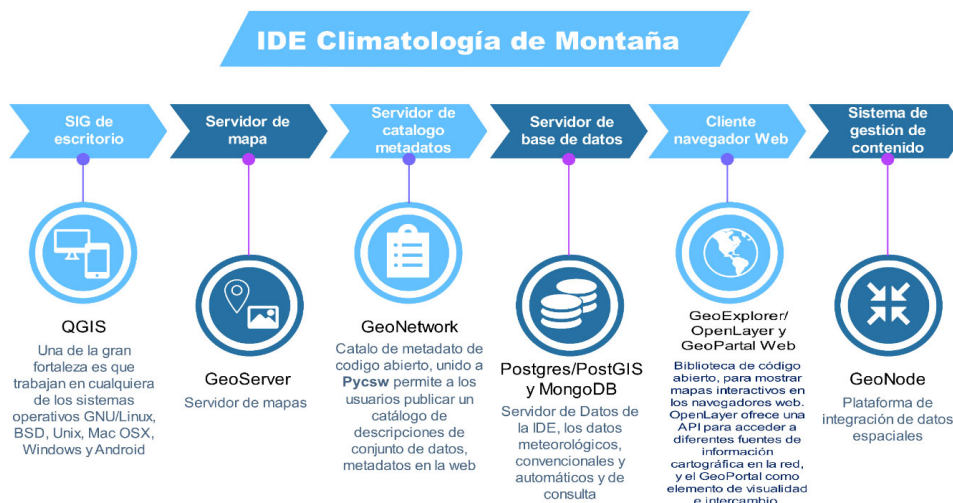


Figura 16. Sistemas asociados a la IDE, Fuente: Elaborado por el Autor

tibles incluyen la mayoría de los estándares internacionales, además, es posible conectarse a bases de datos espaciales existentes y servicios externos.

CONCLUSIONES

- Con el objetivo de satisfacer el acceso a información geoespacial confiable y oportuna, sobre la Climatología de Montaña en la región Oriental de Cuba, se propone un diseño de desarrollo de una IDE, para la distribución de los Geodatos y Geoservicios, basado en una metodología que permitió cumplir los objetivos propuestos, en donde resultaron identificados los tipos datos, seguridad, roles y servicios geoespaciales que contribuyen de forma integral al desarrollo en esta región oriental, ante escenarios climáticos adversos, aportando una visión espacial de la climatología y su influencia en la dinámica de la zona.
- Se ha presentado un marco regulador que permite armonizar lo legislado en el país e internacionalmente, en cuanto al desarrollo de IDE y sistemas meteorológicos, aportando los elementos esenciales para su desarrollo, basado en normas, ISO y estándares internacionales como los servicios WMS, WFS y CSW, aportando información confiable y oportuna enfocada en su usabilidad y de forma universal.
- Se definieron los datos, geodatos y metadatos como componentes indispensables de una IDE, se diseñaron estructuras y modelos de datos meteorológicos climáticos, que constituye uno de los pilares básicos de la IDE, basados en las regulaciones de la OMM y las normas ISO, de igual forma se propone un modelo de representación de los mismos que cumple con los estándares internacionales de la OCG, GML, XML y que respondiera a premisas de versatilidad, escalabilidad e interoperabilidad.

- Del análisis de tecnologías de despliegue empleadas para crear IDE, se pudo corroborar que el paquete de GeoNode, constituye el software idóneo para el diseño e implementación de la IDE destinada a gestionar la información geoespacial relacionada con la climatología de montaña de la región Oriental de Cuba, así como el sistema de gestión de los datos soportado en PostgreSQL y complementado con PostGIS.

AGRADECIMIENTOS

Yoan Torres Zapata	Meteorología Santiago de Cuba
Fabian Sánchez Garcia	Meteorología Santiago de Cuba
Ursinio Montenegro Morasen	Meteorología Santiago de Cuba
Dasnay Martínez López	Meteorología Santiago de Cuba
Mirna Martínez Mustelier	Meteorología Santiago de Cuba
Ricardo Delgado Tellez	GEOCUBA Habana
Marlon Texidor	GEOCUBA Santiago de Cuba
Rafael Cruz	GEOCUBA Manicaragua Villa Clara

REFERENCIAS

- Brewer, Eric. (2000). Toward Robust Distributed Systems. <http://www.cs.berkeley.edu/~brewer/cs262b-2004/PODC-keynote.pdf>
- Coleman, D.J. and McLaughlin, J.D. (1997). Defining Global Geospatial Data Infrastructure (GGDI). <http://www.gsdi.org>
- Delgado Fernández T. (2007). “Proyecto CYTED IDEDES “Evaluación y Potenciación de las IDEs en el desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe”. http://redgeomatica.rediris.es/idedes/IDES_en_Iberoamerica.pdf
- Delgado, T., & Cruz, R. (2009). Construyendo Infraestructuras de Datos Espaciales a nivel local. CUJAE, La Habana, 130pp. <https://www.researchgate.net/profile/Tatiana-Delgado/Construyendo>

- [Infraestructuras-de-datos-espaciales-a-nivel-local.pdf](#)
- GeoNode. (2022). <http://www.osgeo.org/projects/geonode/>
- GeoServer. (2022). <http://geoserver.org/>
- González, M.J., & Lázaro, M.L. (2011). La geoinformación y su importancia para las tecnologías de la información geográfica. 148. <http://www.ub.es/geocrit/ aracne/ aracne-148.htm>
- Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Editorial Mc Graw Hill Educación. Edición: 2018, ISBN: 978-1-4562-6096-5, 714 p. http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf
- J.P. Bruce. (1994). Observando el medio ambiente mundial, Tiempo, clima y agua (OMM-Nº 796). Ginebra. <https://library.wmo.int>
- Maganto, Alejandra & Nogueras-Iso, Javier & Ballari, Daniela. (2008). Normas sobre metadatos (ISO19115, ISO19115-2, ISO19139, ISO15836). Mapping, ISSN 1131-9100, Nº 123, 2008. La familia de normas ISO 19100). pags. 48-57. <https://library.wmo.int>
- McLaughlin & Groot, Richard, J. (2000). Geospatial data infrastructure-concepts, cases and good practice. (pdf)
- Muro-Medrano. P. (2012). Etapas de la popularización de las infraestructuras de información geoespacial. GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica 12, 1-5. http://geofocus.rediris.es/2012/Editorial_2012.pdf
- OGC. (2004). Geospatial Portal Reference Architecture. OpenGIS®. Discussion paper. Version 0.2. Document OGC 04-039. <http://www.opengis.org/>.
- OGC. (2006). Catalogue Services Specification 2.0.1. OpenGIS®. Application profile Version 1.0. Document OGC 04-038r4. <http://www.opengis.org/>.
- Olle. Wiley, T. William. (1978). The Codasyl Approach to Data Base Management. ISBN 0-471-99579-7. (PDF)
- Organización Internacional de Normalización. (2019). Geographic information-Metadata. (ISO 19115-2:2019(en). <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:19115:-2:ed-2:v1:en>
- Organización Meteorológica Mundial. (1983). (1996). (2008). (2014). Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos (OMM-Nº 8). quinta, sexta y séptima ediciones. Ginebra. <https://library.wmo.int>
- Ortiz, Anita. (2015). Lenguaje de base de datos. <http://www.slideshare.net/ralbarracin/lenguajes-de-bases-de-datos>.
- Piattini, M., & Marcos, E., De Miguel, A. (1999). Fundamentos y modelos de bases de datos, ed. Editorial Ra-Ma. (PDF)
- Pombo, D. G. (2019). Conocimiento, acceso, derechos y democratización de los datos: Infraestructura de Datos Espaciales (IDE). Huellas, 23, 71-85. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7043621>
- PostgreSQL. (2022). The world's most advanced open source database. <https://www.postgresql.org/>
- Roche, Stephane. (2014). "Geographic Information Science: Why does a smart city need to be spatially enabled?", en Progress in Human Geography 1-9. (pdf)
- Seth Gilbert, Lynch Nancy. (2002). Brewer's Conjecture and the Feasibility of Consistent, Available, Partition-Tolerant Web Services. <http://lpd.epfl.ch/sgilbert/pubs/BrewersConjecture-SigAct.pdf>
- Tsou, M. H., & Yanow, K. (2010). Enhancing General Education with Geographic Information Science and Spatial Literacy. Journal of the Urban & Regional Information Systems Association. https://www.researchgate.net/profile/MingHsiang_Tsou/publication/236966170_Enhancing_General_Education_with_Geographic_Information_Science_and_Spatial_Literacy/links/0c96051a81cb6d9c34000000.pdf
- WMO. (2000). Technical Conference on Meteorological and Environmental Instruments and Methods of Observation, Lightning Detection Systems (WMO/TD-No. 1028). Ginebra. <https://library.wmo.int>

José Ramon Cid Nacer. Centro Meteorológico Provincial Santiago de Cuba, Santiago de Cuba.

E-mail: jrcidnacer@gmail.com.

Ricardo Delgado Tellez. Centro Meteorológico Provincial Santiago de Cuba, Santiago de Cuba.

E-mail: tellezdel@gmail.com.

Conflicto de intereses: Declaramos, no tener ningún conflicto de interés.

Contribución de Autoría: **Conceptualización:** Dr. Ricardo Delgado Tellez, MSc. José Ramon Cid Nacer. **Curación de datos:** MSc. José Ramon Cid Nacer. **Análisis formal:** MSc. José Ramon Cid Nacer. Dr. Ricardo Delgado Tellez. **Investigación:** MSc. José Ramon Cid Nacer. **Metodología:** MSc. José Ramon Cid Nacer. **Administración del proyecto:** MSc. José Ramon Cid Nacer. **Recursos:** MSc. José Ramon Cid Nacer Dr. Ricardo Delgado Tellez. **Software:** MSc. José Ramon Cid Nacer. **Supervisión:** Dr. Ricardo Delgado Tellez. **Validación:** MSc. José Ramon Cid Nacer. **Visualización:** MSc. José Ramon Cid Nacer. **Redacción - original:** MSc. José Ramon Cid Nacer

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)