

MODELO ESPACIAL DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS DE CIUDAD GUAYANA

Araguache, Miriam

Corporación Venezolana de Guayana, Venezuela, maraguache@cvg.com

Izquierdo Henry

Universidad Nacional Experimental de Guayana, Guayana, Venezuela, hizquier@uneg.edu.ve

Resumen

El presente trabajo de investigación consistió en el diseño del modelo espacial de los contaminantes atmosféricos de Ciudad Guayana, basado en estándares de información geográfica de la International Standard Organization (ISO) y la Open Geospatial Consortium (OGC). El diagnóstico se realizó en la Corporación Venezolana Guayana específicamente en la Vicepresidencia de Adecuación Tecnológica. El tipo de investigación, según su propósito, es de tipo aplicada y según su nivel de conocimiento se considera descriptiva. Se utilizaron como técnicas para la recolección de datos, la entrevista no estructurada y la observación directa. Asimismo, se realizaron revisiones bibliográficas y de documentación electrónica, institucional y legal. El objetivo consistió en realizar un análisis de los diferentes enfoques para modelos de representación de datos geográficos y sintetizar los aspectos significativos vinculados al propósito de la investigación. La información recopilada fue clasificada y ordenada, lo cual permitió diseñar el modelo, donde se describen, clasifican, y se caracterizan los objetos espaciales relacionados con los contaminantes atmosféricos, logrando una representación de la realidad mediante las propiedades geométricas y las relaciones topológicas que caracterizan los datos espaciales. El modelo propuesto se encuentra en disposición de los tomadores de decisión de controlar la gestión ambiental y la calidad del aire.

Palabras claves: Bases de datos espaciales, estándares de representación de datos espaciales, infraestructura de datos espaciales, contaminantes atmosféricos.

Abstract

This research work was to design the spatial pattern of air pollutants in Ciudad Guayana, based on geographic information standards of the International Standard Organization (ISO) and the Open Geospatial Consortium (OGC). The diagnosis was made in Venezuelan Guayana Corporation specifically in the Vice President of Technology Adaptation. The research, by the way, is applied and rate their level of knowledge is considered descriptive. Were used as techniques for data collection, the unstructured interview and direct observation. Were also conducted literature reviews and electronic documentation, institutional and lawful. The objective was to conduct an analysis of different approaches to model representation of geographic data and synthesize significant aspects related to the purpose of research. The information collected was sorted and classified, allowing design the model, which describe, classify, and characterize space objects associated with air pollutants, leading to a representation of reality through the geometric properties and relationships that characterize topological spatial data. The proposed model is available to decision makers in environmental management and control air quality

Keywords: Spatial databases, Standards for representing spatial data, Spatial data infrastructure, Air pollutants.

1. Introducción

Desde el inicio de la sociedad, los entes gubernamentales y privados han requerido de la información de la tierra y la localización, las características de la población y de los recursos naturales que les permitieran resolver problemas y conflictos utilizando información proveniente de un amplio rango de disciplinas, necesario para tomar decisiones a nivel global. Por mucho tiempo, los mapas analógicos sirvieron como componente para manejar y comunicar la información geoespacial de la época.

En este orden de idea, las grandes ciudades deberían tener un organismo promotor encargado de planificar, promover y

coordinar el desarrollo integral, humanista y sustentable. Por consiguiente, es importantísimo determinar la concentración de contaminación en la atmósfera, utilizando el control para tomar decisiones: la red de monitoreo de calidad del aire está distribuida a lo largo y ancho de los espacios locales donde los ciudadanos hacen vida.

Los modelos espaciales están basados en los estándares de representación de la información geográfica de la ISO y la OGC. En la construcción de los modelos actuales se debería utilizar el enfoque orientado por objetos, seleccionando el Lenguaje de Modelado Unificado (UML) como notación principal, debido a que tiene una semántica bien definida, proporciona una serie de notaciones para la representación de diferentes aspectos de un sistema y ha sido aceptado como notación estándar en la industria.

Sin embargo, a partir de 1960 surgieron los sistemas de información geográfica (SIG) por computadoras, para gestionar y analizar la información georreferenciada más eficiente, donde cualquier persona podía elaborar mapas desde su computador personal, utilizando sus propias normas y estándares. Desde, entonces hasta la fecha los SIG han evolucionado de una manera impresionante pasando desde las herramientas de escritorio hasta las infraestructura de datos espaciales (IDE), lo que ha llevado consigo un aumento de la potencialidad de la informática, difusión e intercambio de los datos geográficos, es decir la interoperabilidad.

No obstante, muchos de los sistemas de información geográfica utilizan una arquitectura en la cual los datos son administrados a través de dos modelos de datos heterogéneos: un sistema manejador de bases de datos (SMBD) para los datos descriptivos y un módulo específico para la administración de datos espaciales. Esto puede provocar inconsistencias, dificultad para la validación, integración y recuperación de los datos según (Gutiérrez 2006).

En este sentido, surgen los sistemas manejadores de bases de datos espaciales (SMBDE) que operan en una arquitectura integrada, en la cual el administrador de datos es extendido para almacenar tanto la descripción de los objetos como su geometría. Igualmente, el lenguaje de consulta estructurado o SQL (por sus siglas en inglés structured query language) es adecuado para gestionar los datos espaciales (puntos, líneas y polígonos), con funciones que permiten la selección y recuperación de los datos, no sólo por criterios alfanuméricos, sino también, aplicando criterios espaciales a través de relaciones topológicas, de orientación, medición, entre otras.

No obstante, estos SMBDE para gestionar la información de manera más eficiente, han adoptado una serie de estándares para la representación, definición espacial, operación, acceso e interoperabilidad de la información geográfica. Estos estándares son llevados a cabo por la International Standard Organization (ISO) y la organización Open Geospatial Consortium (OGC). De ahí que los motores de bases de datos espaciales, como Oracle Spatial de licencia propietaria y PostGIS de licencia pública general de GNU, adoptaron estas especificaciones.

II. Desarrollo

2. Enfoque de modelos

Un modelo es una visión simplificada de una parte de la realidad, si esta realidad es espacial, nuestro modelo deberá considerar ese carácter en su particular visión (Río, 2010). Los modelos son los medios que nos permiten la descripción de los fenómenos del mundo real y facilitan manejar la complejidad, y generalmente para operar esta complejidad, los sistemas se describen mediante de más de un modelo, enfocándose cada uno en un aspecto diferente o nivel de precisión.

Dentro de los modelos, encontramos los modelos lógico espacial, que son una colección de reglas que representan objetos y procesos en la estructura de datos del modelo espacial. Por lo tanto, el modelo que se va a desarrollar en el computador es un esquema de objetos y relaciones que se encuentran en el mundo real, los cuales se construyen a través de una serie de modelos que permitan manipular los objetos tal cual como aparecen en la realidad.

Según, (Narciso y Besembel, 2003), definen un modelo geográfico como una abstracción de la realidad de todo o parte del mundo físico o de una parte del ambiente construido o alterado que se puede manipular para analizar el pasado, definir el presente y considerar las posibilidades del futuro. En este contexto, se establecen que los modelos diseñan los conceptos y los procedimientos necesarios para traducir observaciones del mundo real o datos que son significativos en un modelo de datos espaciales y definen un modelo de datos como un proceso de interpretar la realidad usando un modelo del mundo real y un modelo de datos.

2.1 Bases de datos

Según (Taboada y Cotos, 2005) este tipo de sistema o modelos conlleva una serie de inconvenientes como: separación y aislamiento de los datos, duplicidad de datos, formatos de ficheros incompletos y dependencia de datos. Estos inconvenientes se pueden atribuir a que la definición de los mismos, se encuentran codificada dentro de los programas de la aplicación, no se almacenan aparte e independiente, y a la no existencia de control sobre el acceso y manipulación de los datos, debido a que el control es impuesto por los programas de la aplicación.

Para resolver estos problemas y trabajar de manera más eficiente surgieron las bases de datos y los sistemas de gestión de bases de datos (SGBD). Un conjunto de datos organizados según ciertos esquemas es una base de datos y el lenguaje de definición de esquemas y el lenguaje de definición de datos para la consulta y actualización forman el sistema de gestión de bases de datos.

Una definición corta pero útil de base de datos es la que aportan (García, 2007) que la especifica como un conjunto o colección de datos. También, (Ortiz, 2004) amplía mas la definición al decir que una base de datos es un almacén de datos de una parte seleccionada del mundo real para ser utilizado con propósitos particulares.

Un sistema de gestión de bases de datos es el que permite que se puedan realizar las operaciones sobre los archivos, los registros y los índices de la base de datos. Según García (2007), es el programa que permite la creación, el mantenimiento y la explotación de la base de datos. Esto lo realiza mediante las funciones de añadir nuevos registros, borrar y recuperar los registros.

La utilización de estos SGBD, según (Taboada y Cotto, 2005), presenta una serie de ventajas: Compacidad, debido a que no se van a duplicar los ficheros; rapidez porque se utilizan estructuras ordenadas y bien diseñadas; facilidad de trabajo, puesto que hay reusabilidad de los datos; actualización, con facilidad puesto que no hay datos duplicados; menor redundancia; eliminación de inconsistencia; seguridad y chequeo de errores. Aunque, también tienen inconvenientes como: mayor complejidad, mayor tamaño, mayor costo y mayor vulnerabilidad de fallas.

En la tercera generación, para resolver los problemas de las herramientas de segunda generación, surge los SGBD extensibles, donde se incluye la funcionalidad espacial. Estos SGBD extensibles incorporan nuevos tipo de datos, operadores y métodos de indexación espaciales. Así, los sistemas gestores de bases de datos son capaces de gestionar datos espaciales en forma eficiente, de la misma manera que cualquier otro tipo de dato convencional. Toda la responsabilidad de la gestión de los datos espaciales y no espaciales es del sistema gestor de base de datos, el cual contiene un lenguaje de consulta espacial, específicamente SQL espacial.

Por este motivo, a objeto de incluir las ventajas del uso de los sistemas gestores de bases de datos en las aplicaciones SIG, surge toda una línea de investigación en varios campos relacionados con las bases de datos espaciales, con el objeto de delegar la administración de los datos espaciales a sistemas gestores de bases de datos espaciales. Entre los resultados obtenidos, tenemos la propuesta de estándar del lenguaje de consulta (SQL espacial) y la aplicación de extensiones espaciales de sistemas gestores de base de datos, tanta, comercial como los de distribución libre.

2.3 Datos espaciales

Por su naturaleza, los datos espaciales pueden clasificarse en dos grandes categorías: figuras geométricas y atributos del espacio. Donde las figuras geométricas son subconjuntos del propio espacio y se usan para representar la extensión espacial de las entidades. Los atributos del espacio son funciones que asocian a cada punto de una figura geométrica un valor de un determinado rango, como por ejemplo los atributos continuos de la contaminación, la velocidad del viento, la dirección del viento, entre otros.

En este sentido, el modelo lógico espacial debe poseer una geo-localización absoluta en base a un sistema de referencia, unas relaciones cualitativas con otros objetos espaciales y unos atributos que lo caractericen según (Río, 2010). Debido a esto, los datos geográficos deben estar representados en bases de datos espaciales que permitan manipular las características espaciales de los objetos geográficos (referencia absoluta y relaciones) y los atributos temáticos asociados a los objetos espaciales

La construcción de un modelo de datos geoespaciales implica un esfuerzo de abstracción que es necesario para convertir la heterogeneidad del mundo real, en una representación digital disponible para el computador. Existen diferentes formas de representar objetos geográficos y sus relaciones en el modelo espacial.

El modelo vectorial: este modelo según Peña (2006), considera que la realidad, está dividida en una serie de objetos discretos (puntos, líneas y polígonos) que representan elementos reales a los que se les puede asignar cualidades cualitativas o cuantitativa. Estos objetos se codifican por su posición en el espacio (puntos, líneas y polígonos) o por la posición de sus límites.

En este modelo los objetos geográficos se describen a través de vectores definidos por pares de coordenadas relativas a un sistema de referencia; con un par de coordenadas y su altitud gestiona un punto: con dos puntos generan una línea y con una agrupación de líneas forman polígonos. Para poder implementar esta información en un computador se requiere la interconexión de varias bases de datos a través de identificadores comunes.

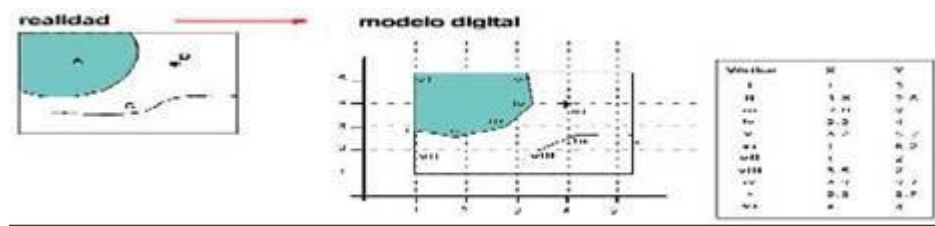


Figura 1. Modelo de datos vector.

Fuente: http://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespanyol/IntroduccionSIG/GISModule/GIST_Vector.htm (2010, Noviembre 10)

El modelo orientado a objetos (MOO), en este modelo en la fase de diseño, la información no se estructura en capas ni tampoco en las tablas de los modelos relacionales sino que la información espacial la organiza a partir del propio objeto geográfico y de sus relaciones con otros (Río, 2010). A continuación se resume las principales características de la aproximación orientada a objetos geográficos en los siguientes enunciados según (Egenhofer y Fran (1992) citado por del Río, 2010):

1. Cualquier entidad, independientemente de su complejidad, puede ser representada exactamente por un objeto.
2. Las operaciones sobre los objetos son posibles sin descomponer el objeto en partes más simples.
3. Un sistema orientado a objetos solo debe permitir el cambio de los atributos de un objeto a través de un conjunto de operaciones específicas (métodos) asociadas a él.

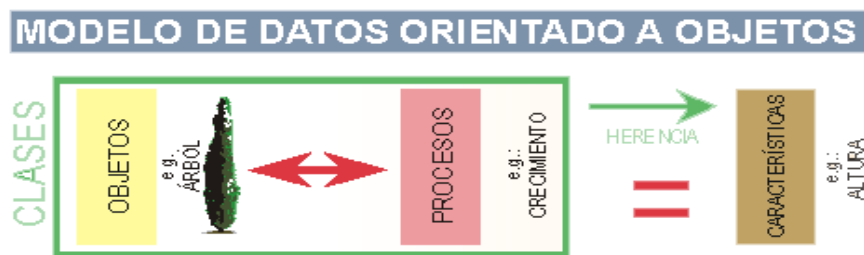


Figura 2. Modelo de datos orientado a objetos.

De esta forma, los objetos geográficos se agrupan en clase en función de la semejanza de los atributos de geometría, topología y relaciones temáticas que comparte. Los atributos temáticos de cada objeto geográfico son el resultado de aplicar unas determinadas funciones que varían según las relaciones del objeto de referencia con su entorno.

Los SIG orientado a objetos introducen un carácter dinámico a la información incluida en el sistema, frente a los modelo de datos vectoriales y ráster que tiene un carácter estático. Por ello, el modelo orientado a objetos es más aconsejable, para situaciones en que la naturaleza de los objetos que se trata de modelar es cambiante, en el tiempo o en el espacio (Ortiz, 2006).

Este modelo de datos es uno de los más aconsejables para gestionar datos geográficos, debido a su dinamicidad. Sin embargo, se encuentra con dificultades de implementación en los sistemas actuales administradores de bases de datos, igualmente en la implementación de los SIG. No obstante, se comienzan ver este tipo de organización de datos en algunos SIG comerciales, por lo que se espera que la funcionalidad de los mismos debe ser mejorada.

3.0 RESULTADOS

Para la validación del cuestionario que se utilizó en esta investigación, se aplicó el método Delphi (Bericat y Echavarren, 2009). Se consultó a expertos en la gestión de los contaminantes atmosféricos de la GGAT (Gerente General, Gerente de Ambiente y Coordinadores), en relación al tema en estudio. El resultado obtenido de esta actividad es la propuesta final del cuestionario que se aplicó en la entrevista.

Las preguntas se realizaron de acuerdo a los aspectos a investigar y se utilizó una escala de calificación de 5 puntos, con una dimensión donde el valor de 1 determina el nivel más bajo de aplicación del propósito de la pregunta formulada y el valor de 5 representa el valor más alto de aplicación de la misma. Para facilitar la comprensión de la escala por parte de los participantes, la escala de calificación se expresó en términos porcentuales de la siguiente manera:

1= de 0% a 20%; 2= mayor que 20% y menor o igual que 40%; 3= mayor que 40% y menor o igual que 60%; 4= mayor que 60 % y menor o igual que 80%; 5= mayor que 80% y menor o igual que 100%. El rango porcentual de valores asociados del 1 al 5, determina el grado de cumplimiento o no de la pregunta formulada en el instrumento.

Para determinar la fiabilidad del instrumento, cuestionario final, se utilizó el método más frecuente, que es el Alfa de Cronbach (Estévez y Pérez, 2007), donde se obtuvo un valor de 0,8300 por lo tanto, el instrumento muestra una elevada fiabilidad.

Se analizaron los datos de la muestra intencional de 5 participantes, se derivaron 25 datos como producto de 5 preguntas por cada entrevistado. En este sentido, se aplicó el estudio de análisis de datos, en una tabla de doble entrada definida como distribución estadística bidimensional o tabla de contingencia; los datos se agruparon por tipo de entrevistado y por ítems, se sumaron las respuestas y se le calcula la frecuencia relativa.

Para el desarrollo del modelo espacial de los contaminantes atmosféricos, se consideraron los requerimientos obtenidos a través de los instrumentos utilizados en la recolección de la información. Para esta actividad, se empleó la metodología de Ingeniería de Software Orientada a Objetos de Bruegge y Dutoit (2009) y como notación para la representación del modelo se utilizó UML (Unified Modelling Language). En este sentido, el modelo se desarrolló incluyendo las siguientes actividades de ingeniería de software orientada a objetos de Bruegge y Dutoit: En la validación del modelo de datos espaciales de los contaminantes atmosféricos se realizó mediante la utilización de los elementos del modelo Brugge y Dutoit (2009), como puede ver en la Figura 3.

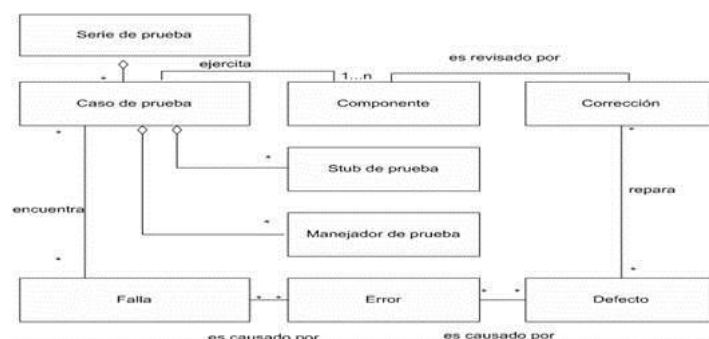


Figura 3. Modelo usado durante la prueba. Fuente: Brugge y Dutoit (2009).

En la Figura 4 se aprecia el esquema originado por la contaminación atmosférica

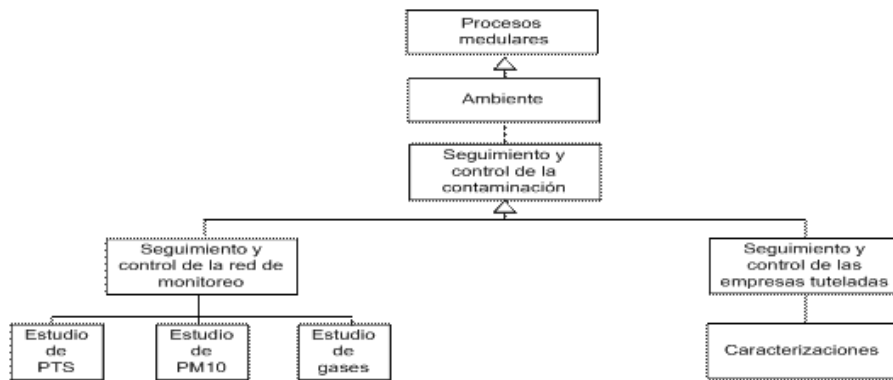


Figura 4. Proceso de contaminación propuesto utilizando la representación UML, fuente: elaborada por el autor, 2011

Por otra parte en la Figura 5 se observa las estaciones de monitores tomadas para diseñar el modelo espacial



Figura 5. Estaciones de monitoreo de la red de calidad del aire de Ciudad Guayana

4. El modelo elaborado, cumple con el componente espacial, esta característica permite que los elementos que conforman el modelo se puedan visualizar en un mapa georreferenciado, con el objeto de poder realizar análisis espacial.
5. El modelo cumple con los estándares para la creación de la información geográfica de la OGC y la ISO, lo que permite que esta información se pueda compartir con otros usuarios a través de servicios web. Igualmente, la base de datos espacial, se puede acceder desde cualquier herramienta SIG que cumpla con los estándares bajo los cuales se crearon los datos.
6. Este modelo, tiene todos los beneficios que ofrecen los sistemas manejadores de bases de datos como: integridad, seguridad, consistencia, oportunidad, entre otros. Además permite llevar registros históricos de los muestreos, para ver el comportamiento de los contaminantes en el tiempo, tanto por fuentes de emisión como por la estaciones de monitoreo, lo que facilitará la toma de decisiones.
7. La aplicación web desarrollada, para la validación del modelo, es de fácil uso, debido a que solo requiere de un visualizador web para la navegación en el sistema. También, es amigable, debido a que permite: la actualización de los datos de los muestreos desde formatos con extensión xls o ods; incluir desde los formularios de la aplicación objetos georreferenciados como: empresas, fuentes de emisión y estaciones de monitoreo; y visualizar los datos del comportamiento de un contaminante por empresa, fuente de emisión y estación de monitoreo, de manera georreferenciados
8. El modelo propuesto puede ser utilizado para fines de investigación, académicos y por los entes del Estado venezolano para evaluar las emisiones de contaminantes atmosféricos.

5.0 Referencias

- Bericat E. y Echavarren J. (2009). *Andalucía 2009 - 2020: Escenarios previsibles*. Edita Fundación Centro de Estudios Andaluces Consejería de la Presidencia Junta de Andalucía.
- Bruegge B., Dutoit A. (2009). *Object-oriented software engineering: using UML, patterns, and Java*. Editorial Prentice Hall.
- Estévez G, y Pérez G. (2007). *Sistemas de indicadores para el diagnóstico y seguimiento de la educación*. Editorial ANULES
- García L, y Genaro L. (2007). *Los sistemas automatizados de acceso a la información bibliográfica: evaluación y tendencias en la era de Internet*. Editorial Universidad de Salamanca.
- Gutiérrez M. (2006). *El Rol de las Bases de Datos Espaciales en una Infraestructura de Datos*. Universidad Católica de la Santísima Concepción Chile.
- Narciso, F y Besembel I. (2003). *Modelo de datos utilizando un enfoque orientado a objetos*: Revista Ciencia e Ingeniería Vol. 24, N° 2.
- Ortiz, F. García, M. (2006). “*Metodología de la Investigación, el proceso y sus técnicas*”. Tesis Doctoral. Departamento de Informática y Sistemas, Universidad de Murcia.
- Peña Llopis, J. (2006). *Sistemas de información geográfica aplicados a la gestión del territorio: entrada, manejo, análisis y salida de datos espaciales: teoría general y práctica para Esri ArcGis 9*. Editorial Club Universitario.
- Río J. (2010). *Introducción al tratamiento de datos espaciales en hidrología*. Editorial: Bubok Publishing.
- Taboada González, J. y Cotos Yáñez, J. (2005), *Sistema de información medio ambiental*. Editorial Netbiblo.

Autorización y Renuncia

Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en los procedimientos de la conferencia. LACCEI o los editors no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito