

# MODELAMIENTO MATEMÁTICO APLICADO AL MODELAMIENTO ESPACIAL

Yois S. Pascuas Rengifo<sup>1</sup>

1. Estudiante Maestría en Ciencias de la Información y las Comunicaciones Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.

[yoispascuas@hotmail.com](mailto:yoispascuas@hotmail.com)

## Resumen

Este artículo presenta desde los conceptos básicos utilizados en el modelamiento matemático, empezando por el concepto de modelo y la identificación de los diferentes tipos de modelos e igualmente ejemplos de aplicación. Los modelos que junto con información geográfica dan a diferentes sectores como la industria, servicios, medio ambiente, ecología, gobierno y demás, funcionalidades que generan de cierta forma ventaja competitiva.

## Palabras clave

Modelo, Sistema de Información Geográfica, hidráulica, redes, acueducto y alcantarillado, .

## Abstract

This article presents from the basic concepts used in mathematical modeling, starting with the concept of model and the identification of different types of models as well as examples of implementation. Models that along with geographic information given to different sectors like industry, services, environment, ecology, government and others, features that generate some form of competitive advantage.

## Keywords

Model, geographic information systems, hydraulics, networks, aqueduct and sewerage.

## INTRODUCCIÓN

Cuando se habla de modelado, comprendemos que se debe a la representación de un algo. Lo importante es que para lograr representar ese algo, es necesario entenderlo. Por ejemplo, cuando a un grupo de personas se les pone el ejercicio de pintar un árbol, cada uno de ellos desarrolla un modelo de árbol particularmente diferente, debido a que su construcción interior, forma un modelo mental particular. Actualmente el interés de la modelación matemática se ha incrementado en todas las áreas de conocimiento y específicamente abarca el manejo de la información geográfica por los alcances que se obtienen y su relación con otras ciencias.

## MODELAMIENTO

Para iniciar se tiene que tener claro el concepto de lo que en realidad es un modelo. Según la Real Academia Española un modelo es un esquema

teórico, generalmente en forma matemática, de un sistema o de una realidad compleja, como la evolución económica de un país, que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento. Pero una definición más técnica lo especifica [1]: un modelo es un objeto, concepto o conjunto de relaciones que se utiliza para representar y estudiar de forma simple y comprensible una porción de la realidad empírica. Para concretar se denomina modelo a la representación matemática o gráfica de la realidad que es utilizada para plantear un problema, normalmente de manera simplificada en términos relativos y planteada desde un punto de vista matemático, aunque también puede tratarse de un modelo físico. Es una representación conceptual o física a escala de un proceso o sistema (fenómeno), con el fin de analizar su naturaleza, desarrollar o comprobar hipótesis o supuestos y permitir una mejor comprensión del fenómeno real al cual el modelo representa.

Para hacer un modelo es necesario plantear una serie de hipótesis, de manera que lo que se quiere representar esté suficientemente plasmado en la idealización, aunque también se busca, normalmente, que sea lo bastante sencillo como para poder ser manipulado y estudiado [2].

## MODELAMIENTO MATEMÁTICO

En ciencias aplicadas un modelo matemático es uno de los tipos de [modelos científicos](#) y se basa en expresar utilizando los instrumentos de la teoría matemática, declaraciones, relaciones, proposiciones sustantivas de hechos o de contenidos simbólicos: están implicadas variables, parámetros, entidades y relaciones entre variables y/o entidades u operaciones, para estudiar comportamientos de sistemas complejos ante situaciones difíciles de observar en la realidad. Se podría decir también que es una traducción de la realidad física para poder aplicar los instrumentos y técnicas de las teorías matemáticas para estudiar el comportamiento de sistemas complejos, y posteriormente hacer el camino inverso para traducir los resultados numéricos a la realidad física. Generalmente se introducen simplificaciones de realidad [3].

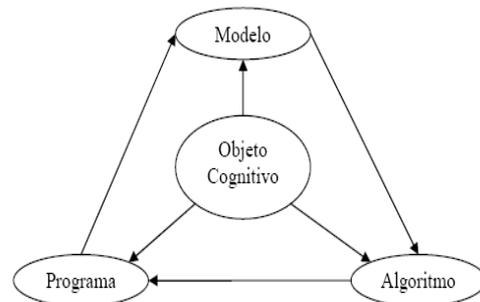
Básicamente, la creación de modelos matemáticos, es un área de la ciencia que se encarga de expresar fenómenos de la vida real en forma matemática. Permitiendo así usar las herramientas que ofrece la matemática para obtener solución a un determinado problema. Los principales inconvenientes que se enfrentan al modelar son aquellos en los que el modelo se presenta complicado; debido a que en la vida real existen muchos factores que influyen en los fenómenos que se vayan estudiar, volviéndose imposible considerarlos todos, igualmente no siempre la solución del modelo da buenos resultados en la vida real. Una de las ventajas más importantes en la utilización de los modelos matemáticos es que en forma segura, rápida y sin grandes gastos económicos nos permite estudiar las propiedades del objeto cognitivo (proceso, fenómeno) en cualquier situación imaginable.

Para iniciar el proceso de modelación matemática de cualquier objeto cognitivo consiste en un plan de trabajo preciso que se enmarca en tres etapas que conforman la trilogía modelo – algoritmo – programa. En la primera etapa se escoge o construye el equivalente al objeto cognitivo, el cual refleja en forma matemática sus propiedades más relevantes, los mecanismos a los que obedece su comportamiento y las conexiones entre sus partes

y con su entorno. El modelo matemático es propuesto e investigado con métodos teóricos, lo que permite obtener información previa sobre el objeto cognitivo. Esta etapa requiere de un conocimiento amplio sobre el proceso en estudio y culmina con la formulación de las expresiones matemáticas que formalizan las concepciones cualitativas que se tiene del proceso.

En la segunda etapa se escoge o desarrolla el algoritmo de cálculo que permite implementar el modelo en un ordenador. El modelo es llevado a una forma que permita la aplicación de métodos numéricos, se define la secuencia de las operaciones lógicas y aritméticas necesarias para encontrar, con la precisión requerida, las incógnitas que expresan las variables de estado del modelo. El algoritmo de calculo no debe distorsionar las cualidades básicas del modelo y en consecuencia del objeto cognitivo, también debe ser económico y adaptable a las particularidades de los problemas que se resuelven y al nivel tecnológico de los ordenadores disponibles. En la tercera etapa se crean los programas de ordenador que traducen el modelo y el algoritmo a un lenguaje entendible por el ordenador. A estos programas también se les exige ser económicos y adaptables, y son la versión digital equivalente al objeto cognitivo lista para la realización de experimentos numéricos en el ordenador [5].

Figura 1. Trilogía Modelo – Algoritmo – Programa. Tomado



de INTRODUCCIÓN A LA MODELACIÓN MATEMÁTICA, Efraín Antonio DOMINGUEZ CALLE

Dentro de las aplicabilidades de los modelos matemáticos, se encuentra el Executable mathematical modeling languages (EMLs) [24], que se ha diseñado para facilitar la representación y ejecución de modelos, tradicionalmente débiles en el modelado de datos y gestión, que a menudo constituye la mayoría del esfuerzo en un proyecto de modelado. Se describe un enfoque sistemático para desarrollar un sistema de apoyo a la decisión dado un modelo de EML. Este enfoque ha demos-

trado por primera vez usando la integración de un modelo de datos formales, representados en un sistema de gestión de bases de datos y un modelo matemático, representado en un EML (GAMS). Se presenta, un procedimiento generalizado para cualquier modelo matemático representado en GAMS, que produce un modelo de datos y una primitiva interfaz de usuario para el modelo matemático. Los beneficios de este enfoque, cabe citar explícitamente el modelado de datos, la mejora de la representación y manipulación de modelos de entradas y salidas, una mayor integridad de los datos de entrada y la más fácil interpretación y múltiples puntos de vista del producto del modelo.

A su vez los modelos matemáticos pueden dividirse en:

- ✓ **Modelos Estocásticos**, en donde por lo menos una variable es tomada como un dato al azar, las relaciones entre variables se toman por medio de funciones probabilísticas, sirven por lo general para realizar grandes series de muestreos, son muy utilizados en investigaciones científicas que no se conoce el resultado esperado, sino su probabilidad y existe por tanto incertidumbre. Son muy utilizados en la hidrología.
- ✓ En los **modelos optimizantes**, se utilizan procedimientos como, por ejemplo, la programación lineal, programación dinámica, etc. por ejemplo para determinar el uso óptimo de los recursos hídricos de una cuenca hidrográfica.
- ✓ **Modelos deterministas**, se conoce de manera puntual la forma del resultado ya que no hay incertidumbre. Además, los datos utilizados para alimentar el modelo son completamente conocidos y determinados [3]. Ni las variables endógenas y exógenas se pueden tomar como datos al azar. Aquí se permite que las relaciones entre estas variables sean exactas o sea que no entren en ellas funciones de probabilidad.
- ✓ **Modelos estáticos**, es que en ellos no se toma en cuenta el tiempo dentro del proceso, por ejemplo: los modelos de juegos, modelos donde se observa las ganancias de una empresa.
- ✓ **Modelos dinámicos**, en estos modelos físicos podemos realizar modelos a escala o en forma natural, a escala menor, a escala mayor, sirven para hacer demostraciones de procesos como para hacer experimentos nuevos. Si se toma en cuenta la variación del tiempo, ejemplo: la variación de la temperatura, del aire

durante un día, movimiento anual de las finanzas de una empresa. Ejemplo: Laboratorio de química: reacción entre elementos.

- ✓ **Modelos a escala**, son los modelos sencillos de maquetas -> casa -> baño, cuartos, etc. También se pueden tener a tamaño natural a menor o mayor escala, bidimensional, tridimensional [6].

Un ejemplo de la utilización de los modelos estocásticos en los sistemas de comunicación se presenta en [21], donde se muestra que los científicos a menudo aplican conceptos de modelación estocástica y análisis para obtener descripción de los sistemas, asumiendo que con frecuencia se complementa nuestro conocimiento y se mejora la comprensión. La filosofía es la de obtener un resultado que se produciría en el medio, cuando el sistema esté funcionando en condiciones normales. Sin embargo, se debe tener en cuenta el hecho de que la probabilidad de introducción al análisis de los sistemas de comunicación, implica a menudo la invocación de ciertas suposiciones e información adicional acerca del sistema, que puede no ser válida. Por lo tanto, en estas circunstancias se puede obtener un resultado que puede no ser acorde con el sistema de comunicación concebido. El objetivo del trabajo es mostrar los supuestos básicos que son invariablemente asociados con el análisis de señales en un sistema que utiliza el análisis estocástico y la introducción de los métodos probabilísticos.

## MODELAMIENTO DETERMINISTICO

Conceptualmente el modelamiento determinístico, estipula que las condiciones en las que se verifica un experimento determinan el resultado del mismo. El modelo señala que las condiciones en las cuales se verifican ciertos fenómenos determinan el valor de ciertas variables observables: la magnitud de la velocidad, el área recorrida durante un cierto tiempo [16]. Tiene diversas aplicaciones como se puede observar en [17], que utilizan los modelos determinísticos para el análisis de la congestión en las redes, basándose en modelos de colas. El modelo que proponen se valida tanto en condiciones extremas, así como en retrasos intermedios, colas y vaciamiento significativo de colas dinámicas.

En [22], un grupo de investigadores trabajaban con un simulador de envejecimiento y proponen modelos deterministas para la aproximación de los principales indicadores de envejecimiento y un

procedimiento automatizado para la prueba estadística de su corrección. Además, demuestran cómo usar estos modelos para encontrar el rejuvenecimiento óptimo en virtud de funciones de utilidad. Los experimentos que han realizado muestran que la técnica de modelado determinista es apropiada en este caso, y que la optimización de rejuvenecimiento de los cuadros puede mejorar en gran medida el promedio máximo de la tasa de servicio de la aplicación de envejecimiento.

## **MODELAMIENTO ESPACIAL O MODELAMIENTO CARTOGRÁFICO**

El modelamiento cartográfico es un conjunto de operaciones de análisis y comandos interactivos utilizando mapas que actúan como una pila u overlay cuyo fin es procesar decisiones de tipo espacial [7]. La realidad está representada en mapas. Este modelamiento está orientado a procesos y no a productos. "Se refiere a la utilización de las funciones de análisis de un sistema de información geográfica bajo una secuencia lógica de tal manera que se puedan resolver problemas espaciales complejos". Es la expresión detallada de la manipulación de los datos utilizando las funciones de los software SIG, para la producción de nueva información que será almacenada en el computador, de manera permanente como nuevas entidades, o de manera virtual para análisis determinados.

Son características de los modelos cartográficos:

- ✓ Presentación de una secuencia lógica de operaciones analíticas expresadas en Diagramas de Flujo (Flowcharts)
- ✓ Usualmente están codificadas en macros (lenguajes de comando)
- ✓ Apoyan el uso de SIG en planeamiento, realización de consensos (consensus building) y resolución de conflictos

Los esquemas de flujo son la implementación SIG de los modelos conceptuales del problema y/o su solución, son el modelo SIG. Todos los procedimientos de modelado cartográfico se basan en los datos tomados de dos o más capas de información iniciales, para generar, una nueva capa o mapa. Los modelos cartográficos se pueden agrupar en: descriptivos, simulación y predictivos [18]. El Modelo Descriptivo trata de presentar la información directamente mostrando patrones y distribuciones de rasgos o elementos espaciales. Básicamente es la elaboración de un mapa. Emplea la formulación inductiva o deductiva. Ejemplo de

Modelo Descriptivo es la comparación de expansión urbana entre varias ciudades. Utilizando comparaciones de espacio, cambios, uso, frecuencias y otros parámetros se producen análisis espaciales sobre desarrollo urbano.

Los Modelos de Simulación tratan de crear escenarios ficticios o potencialmente reales simulando un fenómeno complejo de la naturaleza. Este modelamiento requiere un alto grado de experiencia técnica y varía en el grado de estar relacionado a un SIG. Una vez generado un modelo de simulación éste puede ser utilizado para evaluar diferentes características de los datos. Un ejemplo de aplicación sería un Modelo SIG simulado de impacto ambiental por construcción potencial de una vía ó un gasoducto. Utilizando diversas opciones en los métodos de construcción se pueden analizar potenciales alternativas.

El Modelamiento Predictivo es una técnica SIG de gran potencial, que trata de generar escenarios futuros de acuerdo a tendencias o modelamiento estadístico a partir de datos de ocurrencia histórica, es decir de datos reales. El Modelo Predictivo analiza como intervienen los factores en el tiempo, cómo están asociados, identifica cuales factores son decisivos en el proceso de la solución de un problema. El modelo utiliza análisis de regresión y emplea métodos inductivos o deductivos. En el primer caso a partir de hechos individuales obtiene conceptos ó patrones generales. En el caso de la formulación deductiva a partir de conjuntos de datos específicos se deducen ó concluyen hechos ó soluciones específicas. Una vez probado el modelo con datos conocidos, se aplican y se manejan estadísticamente nuevos datos con el propósito de predecir resultados [8].

En cuanto a la utilización de los modelos cartográficos, en [23], se muestra el trabajo o el método de geo-localización, utilizando GPS, INS, cámara monovision y una nueva geo-fuente de información, que es el modelo cartográfico 3D. Un 3D-GIS, ha sido desarrollado para manipular y navegar en 3D con precisión cartográfica modelo de base de datos. Para integrar la información del modelo cartográfico en 3D, una observación cartográfica 3D ha sido construida usando imágenes 2D/3D equiparación real entre la imagen captada por la cámara incrustada y las imágenes virtuales proporcionadas por el SIG-3D. Una verdadera plataforma de adquisición de datos se ha elaborado para poner a prueba y validar el método propuesto.

## MODELAMIENTO MATEMÁTICO APLICADO AL MODELAMIENTO ESPACIAL

La modelación matemática se aplica en muchas situaciones, por ejemplo existen modelos que proporcionan pronósticos de la calidad del aire sobre las ciudades. Una vez realizada la predicción, transfiere dicha información al ciudadano mediante novedosos sistemas de comunicación, que se convierten en paneles informativos en las calles e Internet [9].

En [10] proponen un modelo matemático apropiado para simular los cambios morfológicos, inducidos por eventos naturales o acciones antrópicas, en ríos aluviales caracterizados por regímenes de flujo subcrítico y lechos de sedimentos relativamente uniformes. En la gestión marítima, los puertos necesitan un sistema de gestión en tiempo real basado en medidas de oleaje y en predicciones con modelos numéricos que mejoren la gestión del tráfico marítimo y de las operaciones portuarias [11].

En [13] se muestra como la modelización de procesos, que exige una selección de los parámetros y de las relaciones relevantes para el problema a solucionar. Frecuentemente es necesario representar procesos complejos mediante aproximaciones semiempíricas o, en el mejor de los casos, justificadas por una base teórica más o menos sólida.

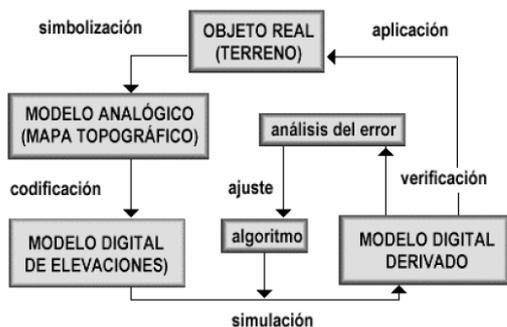


Figura 2. Proceso genérico realizado a partir del modelo digital hasta su aplicación sobre el objeto real -terreno- a través de un ciclo de corrección del algoritmo que genera el modelo derivado - Tomado de CONCEPTOS BÁSICOS, MODELOS Y SIMULACIÓN - FELICISIMO, Angel Manuel

Partiendo de la



superficie real del terreno, la construcción del mapa topográfico se realiza un proceso mediante el cual las propiedades del terreno se representan sobre un plano usando relaciones de analogía previamente establecidas. La codificación numérica del modelo analógico conduce al modelo digital, susceptible de tratamiento matemático. Ello permite construir modelos digitales derivados y realizar la modelización de procesos con simulaciones numéricas expresadas mediante algoritmos. Los resultados obtenidos son contrastables con la realidad, induciendo correcciones o ajustes que permiten una mejor correspondencia con el fenómeno real.

Figura 3. Simulación de un incendio realizada con el programa Farsite (Fire Área Simulator). Éste tipo de aplicaciones permite simular la evolución del incendio en función de variables como la pendiente, combustibilidad, vegetación [14].

En [20], se construye un modelo matemático que se espera sea una herramienta útil para el análisis y el desarrollo de perspectivas pictóricas. Describen que los observadores reconstruyen en tres dimensiones espaciales proyecciones de perspectiva. El modelo asume que el observador tiene conocimiento de ciertas características de los objetos vistos, como tamaño, forma, paralelismo o perpendicularidad de líneas o planos. Estos supuestos se utilizan en un proceso de tres dimensiones para reconstruir una capa espacial "que mejor se adapte a" la percepción de las líneas de visión con las coordenadas. Fuentes de errores y sesgos en este proceso se especifican y sus efectos sobre el resultado del modelo se discuten. Se realiza la validación del modelo.

En [15], se muestra el G-WSDL, lenguaje de descripción de sistemas de información geográfica para el modelado de servicios web. Proponen el lenguaje de descripción de servicios geográficos (en forma abreviada G-WSDL) que aumenta la capacidad de describir este tipo de servicios extensión de la actual WSDL. En [19], se muestran como los modelos virtuales de edificios históricos u otros elementos patrimoniales cuentan con una gran variedad de aplicaciones relacionadas, sobre todo, con la difusión y multimedia. Adicionalmente, utilizan los modelos para que representen la geometría y las texturas, todo como productos cartográficos.

## CASO DE ESTUDIO

La combinación de modelos matemáticos y la información geográfica específicamente la que se encuentra en un SIG, tiene una gran importancia en la gestión eficiente de redes. Entre ellas podría incluirse la confección de modelos hidráulicos de redes. Un modelo hidráulico de red es aquel que se encarga de describir el transporte del agua proveniente de la lluvia y de las descargas residuales. El transporte es descrito mediante las ecuaciones básicas de la mecánica de fluidos [25].

## REFERENCIAS

- [1] Ríos, Sixto. MODELIZACIÓN, Alianza Universidad. ISBN 978-84-206-2822-6.
- [2] Asimov, Bachelard, Boudon, Bugeda, Bunge, Diez Nicolas, Durkheim, Lakatos, Lazarsfeld, Nagel, Popper. Concepto de Modelo científico. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Modelo\\_cient%C3%ADfico](http://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_cient%C3%ADfico)
- [3] Asimov, Bachelard, Boudon, Bugeda, Bunge, Diez Nicolas, Durkheim, Lakatos, Lazarsfeld, Nagel, Popper. Concepto de Modelo científico. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Modelo\\_matem%C3%A1tico](http://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_matem%C3%A1tico)
- [4] DECAIMIENTO RADIOACTIVO DEL VIRUS DE LA RABIA, Disponible en: <http://avancesinformaticos.files.wordpress.com/2007/11/decaimiento-radioactivo-del-virus-de-la-rabiainforme.doc>
- [5] DOMINGUEZ CALLE, Efraín Antonio. INTRODUCCIÓN A LA MODELACIÓN MATEMÁTICA, Ing. Hidrólogo, M.Sc. Ecología Hidrometeorológica, Ph.D. en Ciencias Técnicas. Disponible en: <http://matmodelling.google.com>
- [6] T. NAYLOR – R. SHANNON - SHUBIK, Simulación de sistemas. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos20/simulacion-sistemas/simulacion-sistemas.shtml>
- [7] TOMLIN, 1990, citado por DEMERS, 1997. Disponible en: <http://www.obt.inpe.br/pgsere/Mortara-M-O-2000/cap1a3.pdf>
- [8] Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC. Modelamiento, Disponible en: [http://www.igac.gov.co:8080/igac\\_web/UserFiles/File/ciaf/TutorialSIG\\_2005\\_26\\_02/paginas/anl\\_modelamiento.htm](http://www.igac.gov.co:8080/igac_web/UserFiles/File/ciaf/TutorialSIG_2005_26_02/paginas/anl_modelamiento.htm)
- [9] FACULTAD DE INFORMÁTICA DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID (FIUPM). Un modelo matemático desarrollado en la Facultad predice la calidad del aire en diversas ciudades europeas. Disponible en: <http://www.fi.upm.es/?pagina=546>
- [10] PEDRO A. BASILE. Un Modelo Matemático Morfológico Unidimensional Para Ríos Aluviales, Centro Universitario Rosario de Investigaciones Hidroambientales – FCEIA – UNR, Riobamba 245 bis – (2000) Rosario – Argentina. Disponible en: [http://www.fceia.unr.edu.ar/curiham/Secciones/Publicaciones/Geomorfologia\\_Erosion\\_etc/Basile\\_CC97.pdf](http://www.fceia.unr.edu.ar/curiham/Secciones/Publicaciones/Geomorfologia_Erosion_etc/Basile_CC97.pdf)
- [11] UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA. Un modelo matemático ayudará a predecir el oleaje y las corrientes marinas en los puertos españoles. Disponible en: <http://www.adn.es/tecnologia/20080529/NWS-0713-modelo-matematico-control-puertos-SINC.html>
- [13] FELICISIMO, Angel Manuel. CONCEPTOS BÁSICOS, MODELOS Y SIMULACIÓN, Capítulo 1. Disponible en: [http://www.etsimo.uniovi.es/~feli/CursoMDT/Tema\\_1.pdf](http://www.etsimo.uniovi.es/~feli/CursoMDT/Tema_1.pdf), visitado 4 Junio 2008
- [14] FLORES GARNICA, José German y OMI Philip N. Mapeo de combustibles forestales para simulaciones del comportamiento espacial del fuego usando estrategias de geomática. Centro de Investigaciones del Pacífico Centro. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. ISSN: 1405-3195 México. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/302/30237107.pdf>
- [15] CHEN GUANHUA XIE KUNQING MA XIUJUN SUN YANFENG ZHANG YUANZHI SUN LEBIN, G-WSDL: a data-oriented approach to model GIS Web services, Sch. of EECS, Peking Univ., Beijing, China. This paper appears in: Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2005. IGARSS '05. Proceedings. 2005 IEEE International, Publication Date: 25-29 July 2005, Volume: 2 On page(s): 4 pp., Number of Pages: CD-ROM, ISBN: 0-7803-9050-4, Digital Object Identifier: 10.1109/IGARSS.2005.1525242 Date Published in Issue: 2005-11-14 10:10:28.0
- [16] FÓRMULAS Y TEOREMAS DE ESTADÍSTICA, Disponible en: <http://cablemodem.fibertel.com.ar/coya/formulas/est/E01.2.html>
- [17] LESTAS, I. VINNICOMBE, How good are deterministic models for analyzing congestion control in delayed stochastic networks?, G. Dept. of Eng., Cambridge Univ., UK, This paper ap-

pears in: Decision and Control, 2004. CDC. 43rd IEEE Conference on Publication Date: 14-17 Dec. 2004, Volume: 5, On page(s): 4984 - 4989 Vol.5, Number of Pages: 5 vol. (xcvii+5520), ISSN: 0191-2216 ISBN: 0-7803-8682-5 Digital Object Identifier: 10.1109/CDC.2004.1429596, Date Published in Issue: 2005-05-16 09:03:22.0

[18] AGUILAR ESCOBAR, Victor G. y GARRIDO VEGA, Pedro. LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y SU APLICACIÓN EN LOCALIZACIÓN DE ESTABLECIMIENTOS TURÍSTICOS. Grupo de Investigación en Dirección de Empresas Asistidas por Ordenador (GIDEAO) Universidad de Sevilla. Disponible en:

<http://bibemp2.us.es/turismo/turisonet1/economia%20del%20turismo/analisis%20geografico/informacion%20geografica%20localizaciones%20turisticas.pdf>

[19] RODRIGUEZ MIRANDA, Alvaro, VALLE MELÓN, José Manuel, GALARRAGA LOPETEGI, Ane. ENFOQUE CARTOGRÁFICO DE LOS MODELOS VIRTUALES DE ELEMENTOS PATRIMONIALES. Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio. Grupo de Investigación en Arqueología de la Arquitectura. Disponible en:

<http://www.cartesia.org/geodoc/topcart2004/conferencias/33.pdf>

[20] GRUNWALD, A.J. ELLIS, S.R. SMITH, S., A mathematical model for spatial orientation from pictorial perspective displays. NASA Ames Res. Center, Moffet Field, CA, USA; This paper appears in: Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on . Publication Date: May-June 1988, Volume: 18 , Issue: 3 On page(s): 425 - 437 ISSN: 0018-9472 CODEN: ISYMAW INSPEC Accession Number:3262259 Digital Object Identifier: 10.1109/21.7492 Date Published in Issue: 2002-08-06 15:54:14.0

[21] SARKAR, T.K. SCHWARZLANDER, H. SEUNGWON CHOI PALMA, M.S. WICKS, M.C., Stochastic versus deterministic models in the analysis of communication systems, Dept. of Electr. Eng. & Comput. Sci., Syracuse Univ., NY, USA. This paper appears in: Antennas and Propagation Magazine, IEEE Publication Date: Aug. 2002 Volume: 44 , Issue: 4 On page(s): 40 - 50 ISSN: 1045-9243 Digital Object Identifier: 10.1109/MAP.2002.1043146 Date Published in Issue: 2002-12-10 17:12:09.0

[22] ANDRZEJAK, ARTUR SILVA, LUIS ZUSE INSTITUTE BERLIN (ZIB), TAKUSTRA. Deterministic Models of Software Aging and Optimal Rejuvenation Schedules This

paper appears in: Integrated Network Management, 2007. IM '07. 10th IFIP/IEEE International Symposium

on Publication Date: May 21 2007-Yearly 25 2007 On page(s): 159 - 168 Number of Pages: 159 - 168 Location: Munich, Germany

ISBN: 1-4244-0799-0 Digital Object Identifier: 10.1109/INM.2007.374780

Date Published in Issue: 2007-06-25 10:07:46.0

[23] CAPPELLE, C. EL BADAoui EL NAJJAR, M. POMORSKI, D. CHARPILLET, F., Localisation in urban environment using GPS and INS aided by monocular vision system and 3D geographical model. USTL, PolytechLille, Villeneuve-d'Ascq This paper appears in: Intelligent Vehicles Symposium, 2007 IEEE Publication Date: 13-15 June 2007 On page(s): 811 - 816

Number of Pages: 811 - 816 Location: Istanbul ISSN: 1931-0587

ISBN: 1-4244-1068-1 Digital Object Identifier: 10.1109/IVS.2007.4290216

Date Published in Issue: 2007-08-13 10:39:05.0

[24] BHARGAVA, H.K. DOWNS, M.S., On generating an integrated DSS from a mathematical model specification. Naval Postgraduate Sch., Monterey, CA, USA; This paper appears in: System Sciences, 1996., Proceedings of the Twenty-Ninth Hawaii International Conference on , Publication Date: 3-6 Jan. 1996 Volume: 2 On page(s): 396 - 406 vol.2 Meeting Date: 01/03/1996 - 01/06/1996 Location: Wailea, HI ISBN: 0-8186-7324-9 Digital Object Identifier: 10.1109/HICSS.1996.495424

Date Published in Issue: 2002-08-06 20:24:41.0

[25] A. OROZCO & J. SALDARRIAGA, Calibración de modelos hidráulicos de alcantarillados. Universidad de los Andes, Bogotá D.C., Colombia. Disponible en:

<http://www.tudelft.nl/live/ServeBinary?id=a4751543-3c3e-4787-b3c2-ae34f717f351&binary=/doc/citatie223.pdf>

# **SOCIEDAD DE LA INFORMACION**

[www.sociedadelainformacion.com](http://www.sociedadelainformacion.com)

Edita:



Director: José Ángel Ruiz Felipe

Jefe de publicaciones: Antero Soria Luján

D.L.: AB 293-2001

ISSN: 1578-326x