

Sobre el uso de herramientas CASE para la enseñanza de bases de datos

Lorena CHAVARRÍA-BÁEZ
Departamento de Posgrado, Instituto Politécnico Nacional – Escuela Superior de Cómputo
México, D.F., C. P. 07738, México
lchavarria@ipn.mx

y

Nancy OCOTITLA ROJAS
Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Instituto Politécnico Nacional - Escuela Superior de Cómputo
México D.F., 07738, México
nanwen1@gmail.com

RESUMEN

La enseñanza de los conceptos de Base de Datos (BD) es de suma importancia para los alumnos de carreras relacionadas con la computación y afines. Dados los avances tecnológicos recientes, las técnicas y los métodos de impartición de clases se han visto afectados positivamente ya que se han desarrollado sistemas de software para apoyar a los docentes. Las herramientas CASE son un buen ejemplo de estos sistemas de software. En este artículo se presenta un estudio sobre diferentes herramientas CASE que han sido de utilidad para la impartición de BD's.

Palabras Claves: Base de Datos, Enseñanza de Bases de Datos, Herramientas CASE.

1. INTRODUCCIÓN

Día a día, los sistemas informáticos incrementan el manejo de grandes cantidades de datos los cuales deben ser procesados o consultados casi de forma inmediata, por lo que las estructuras de las Bases de Datos (BD's) pueden llegar a ser tan complejas como sean necesarias; muchas de las veces su desarrollo se realiza de forma manual, provocando que se consuma demasiado tiempo en ello o que presenten algunos errores, tales como redundancia e inconsistencia entre otros, por lo que es importante utilizar una herramienta software que apoye en el desarrollo de la BD. También es importante que desde que los alumnos se encuentran en las aulas de clases se familiaricen con el uso de tales herramientas para que, por un lado, asimilen, mediante el empleo de las nuevas tecnologías, los conceptos necesarios del área de BD, y, por otro, se preparen para las exigencias del mercado laboral.

En el presente documento se muestra una descripción de diferentes herramientas CASE (por las siglas en inglés, *Computer Aided Software Engineering*) que permiten a los profesores enseñar conceptos de BD's y a los alumnos poner en práctica tales nociones [10][11][12][13].

El resto del artículo se encuentra dividido de la siguiente manera: la Sección 2 describe la enseñanza de las BD's, la Sección 3 presenta un panorama de las herramientas CASE, la Sección 4 describe herramientas CASE para la enseñanza de BD's. Finalmente, se presentan las conclusiones.

2. ENSEÑANZA DE BASES DE DATOS

Importancia de las bases de datos

A lo largo de la historia de la humanidad, el concepto de Bases de Datos (BD's) siempre ha sido presente, desde cuando se escribieron los 10 mandamientos de la religión católica sobre unas tablas hasta las bases de datos que hoy día se conocen, las cuales permiten almacenar datos en diferentes formatos (texto, gráficos, audio y video) así como también datos criptográficos [1], pasando por los inicios de las definiciones de los idiomas y cuando se dibujaron las primeras cartas y mapas geográficos.

Por tanto, una BD se puede definir como *el conjunto de datos que se encuentran relacionados entre sí, bajo un mismo contexto*, permitiendo tener una mejor gestión y control de los datos así como también facilitar el acceso y el procesamiento de ellos [2].

En la actualidad, las BD's y la tecnología están teniendo un impacto decisivo sobre el uso de los sistemas informáticos, por lo que se han vuelto indispensables en todo tipo de instituciones, tales como, en la educación, en los negocios, en los bancos, en las telecomunicaciones, en la medicina, en los comercios, entre otros. El emplear BD's en dichos sistemas, permite facilitar algunas actividades, como por ejemplo, manejar grandes cantidades de datos, tener los datos bajo una estructura organizada y ordenada, realizar búsquedas de datos más rápidas y eficientes, tener mayor seguridad en el acceso y control de los datos, realizar copias de seguridad y respaldos de los datos de forma más sencilla, para así lograr grandes beneficios y cumplir con los objetivos de la propia institución.

Por ello, las aplicaciones de BD's son diversas, ejemplo de ello son las agencias de viajes, que pueden requerir un sistema informático que permita llevar el proceso y control de las reservaciones (transporte, hospedaje, *tour*s); los supermercados, que necesitan un sistema informático que analice las compras de los clientes para conocer qué productos son los de mayor y menor demanda; las instituciones educativas, que requieren un sistema informático que lleve el proceso de inscripciones de los alumnos, o bien, que permita llevar la nómina de los empleados.

Por estas razones, en las instituciones educativas a nivel licenciatura que cuentan con carreras del área de computación y sistemas, se imparten cursos de BD's ya que juegan un papel fundamental en la formación profesional de los educandos [3]. Además, organismos internacionales como la IEEE y la ACM [4], [5] han identificado un conjunto de temas básicos necesarios que los educandos requieren conocer y dominar. Entre estos temas se encuentran los conceptos de sistemas de BD's, el modelo entidad relación, el modelo relacional, los lenguajes de definición y manipulación de los datos, el procesamiento de transacciones así como el diseño físico de la BD.

Los avances tecnológicos recientes han obligado a los profesores a considerar diferentes temas, métodos y herramientas para desarrollar un mejor proceso de enseñanza.

Enfoques para la enseñanza de bases de datos

En las instituciones educativas, la enseñanza de BD's se puede impartir en varios niveles, en donde en cada uno de ellos se le inculca al educando las técnicas de organización y acceso a los datos. El aleccionamiento inicia con el manejo de datos a través del uso de archivos, marcando las ventajas y desventajas propias, para que, posteriormente, se enseñen los conceptos relacionados con BD's así como su proceso de desarrollo con el uso de un Sistema Administrador de BD (SABD). Una vez comprendido dicho proceso se enseña la utilización de una herramienta CASE (por las siglas en inglés, *Computer Aided Software Engineering*), que es un software que permite facilitar el proceso de desarrollo de la propia BD [6].

Manejo de archivos.

En este enfoque los educandos necesitan dominar un lenguaje de programación de alto nivel, por ejemplo, lenguaje C, debido a que es necesario para la creación y manipulación de los datos en los archivos. En el curso se les enseña la manera de crear una BD con la utilización de los mismos. Por ejemplo, supongamos el siguiente caso de estudio: *en una escuela se necesita tener el registro de los datos de todos los profesores así como de las asignaturas que los mismos imparten, además se necesita tener los datos organizados alfabéticamente*. De esta narrativa se pueden identificar los elementos Profesor, Alumno e Imparte, entonces, los educandos tienen que desarrollar programas independientes que permitan definir y crear cada una de las estructuras, así como los programas que permitan su manipulación. Para tener los datos organizados en cada uno de los archivos es necesario desarrollar programas que implementen algún algoritmo de ordenamiento [7] y se tiene que considerar que cada vez que se modifiquen los datos de los archivos es necesario reordenar los datos existentes. Sin embargo, para que la BD por medio de archivos cumpla con toda característica implícita, se requiere implementar programas que lleven a cabo las tareas de búsqueda y seguridad; además se tiene que considerar que si en determinado momento la estructura de la BD llega a cambiar, todos los programas tienen que ser modificados siendo una gran problema debido a que implica invertir más tiempo y esfuerzo.

Bases de Datos.

En este segundo enfoque, se le enseña al educando el ciclo de vida de las BD's (CVDB) así como las actividades a realizar en

cada una de las etapas que lo componen. En [2] se considera que el CVBD tiene cuatro fases:

- a. Recolección y análisis de requerimientos. Los diseñadores de BD llevan a cabo entrevistas con los usuarios de BD para conocer sus necesidades y así documentar los requerimientos de datos y los requerimientos del sistema.
- b. Diseño Conceptual. Se realiza el esquema conceptual de la BD utilizando un modelo de datos de alto nivel, como es el modelo entidad-relación, propuesto por Peter Chen [8]. Este modelo brinda una especificación gráfica que permite describir los elementos que componen a la BD, tal como los tipos de entidades, los tipos de relaciones y sus respectivos atributos; de manera que se pueda visualizar la estructura que tendrá la BD.
- c. Diseño Lógico. Se desarrolla el esquema lógico de la BD empleando un modelo de datos de implementación, en esta fase se debe elegir el SABD que se utilizará para el desarrollo de la misma. El modelo de datos de implementación más utilizado por los SABD es el modelo relacional, propuesto por Edgar F. Codd [9]. Para realizar de una manera más sencilla esta actividad, se utiliza el esquema conceptual obtenido de la fase anterior y se aplica el método de transformación para así obtener el esquema lógico de la BD.
- d. Diseño Físico. Se elaboran las estructuras de almacenamiento internas y se determinan los caminos de acceso para los archivos de la BD para poder optimizar el rendimiento del sistema.

De esta manera, los educandos obtienen el conocimiento necesario para realizar una BD, de inicio a fin, de manera manual. Los alumnos tienen que considerar que deben ser cuidadosos en la interpretación y en el manejo de los datos que van fluyendo desde la primera etapa hasta el final del proceso, un mal detalle en el proceso de desarrollo de la BD puede generar graves conflictos.

Bases de datos con herramientas CASE.

En la enseñanza de BD se deben considerar aspectos técnicos y didácticos para mejorar las instancias de formación y de información del educando fuera del salón de clase para que logre ser competitivo en el desarrollo de sistemas de información; por tal motivo, es necesario que los educandos conozcan herramientas software que les permita realizar de manera más sencilla y eficiente su trabajo.

En este enfoque, se inicia enseñando al educando el concepto de una herramienta CASE, sus características, las ventajas y desventajas de su uso y el por qué y cuándo es conveniente utilizar una herramienta de este tipo para el desarrollo de la BD. Además, conoce y aprende algunas herramientas CASE que le permitan efectuar de manera fácil y rápida cada una de las actividades del proceso de desarrollo de una BD, o bien alguna herramienta que le ayude en casi todo el proceso de creación.

El educando, teniendo conocimiento de éstos enfoques, debe saber en qué situación le es conveniente aplicar alguno de ellos con la finalidad de que pueda realizar un correcto sistema informático capaz de cumplir con los objetivos establecidos.

3. HERRAMIENTAS CASE

Importancia de las herramientas case

Las herramientas CASE son aplicaciones informáticas destinadas a aumentar la productividad y la calidad en el desarrollo del software reduciendo los costos del mismo en términos de tiempo y dinero [10]. Estas herramientas permiten tener una mejor organización y control del desarrollo de un sistema informático, en especial aquellos sistemas que sean grandes o robustos y que impliquen tener muchos componentes software así como recursos humanos.

Es por ello, que en la actualidad muchas instituciones utilizan herramientas CASE para automatizar las actividades involucradas en el proceso de desarrollo de los sistemas informáticos y así obtener grandes beneficios, tales como mejorar la gestión y dominio sobre el proyecto (planificación, ejecución y control); una mejor calidad del software desarrollado así como también aumentar la productividad en las áreas de desarrollo y mantenimiento de dichos sistemas (por ejemplo, estandarizar la documentación, facilitar la realización de prototipos y la reutilización de componentes software) [11] con la finalidad de ser competitivo en el mercado.

Cabe mencionar que, la productividad y la calidad del software desarrollado con herramientas CASE es mejor que los sistemas desarrollados de forma convencional con respecto a la confiabilidad, mantenibilidad y portabilidad, pero el resultado final va a depender de la herramienta y la metodología utilizadas en su desarrollo [10].

Clasificación de herramientas case

Hoy en día, no existe una clasificación de herramientas CASE para la que exista un consenso general. Diversos autores las clasifican según sus propios criterios. Enseguida se mencionan posibles clasificaciones de dichas herramientas [11][12]:

1. Por su amplitud.
 - *Toolkit*. Es un conjunto de herramientas integradas que permiten automatizar tareas en alguna de las fases del ciclo de vida (planeación, análisis, diseño, desarrollo) del sistema de información.
 - *Workbench*. Son conjuntos integrados de herramientas que dan soporte a la automatización de todo el proceso de desarrollo del sistema software, es decir, permiten cubrir todo el ciclo de vida. El producto final que se obtiene es un sistema en código ejecutable así como su documentación.
2. Por las tareas que automatizan
 - Upper CASE. Son herramientas que ayudan en las etapas de planificación, análisis de requisitos y estrategias del desarrollo.
 - Middle CASE. Son herramientas que abarcan las fases de análisis y diseño del sistema.
 - Lower CASE. Son herramientas que semiautomatizan la generación de código, crean programas de detección de errores, soportan la depuración de programas y pruebas. Así como también permiten la automatización de la documentación completa de la aplicación.

También se pueden clasificar las herramientas de acuerdo a:

3. Las fases del ciclo de vida que cubren.
 - Herramientas de alto nivel o Upper CASE (front-end). Se enfocan en la automatización y soporte de las actividades desarrolladas durante las primeras fases del desarrollo, tal como la planificación, el análisis y el diseño.
 - Herramientas de bajo nivel o Lower CASE (backend). Se centran en las últimas fases del desarrollo, tal como construcción, implantación y mantenimiento.
 - Juegos de herramientas o Toolkits. Permiten automatizar una fase del ciclo de vida del sistema software.
 - Herramientas Integradas o Integrated CASE. Son conjuntos integrados de herramientas que dan soporte a la automatización de todo el proceso de desarrollo del sistema software, es decir, permiten cubrir todo el ciclo de vida. El producto final que se obtiene es un sistema en código ejecutable. Este tipo de herramientas también se conocen como CASE workbench.

O bien por:

4. Su funcionalidad.
 - La planificación de sistemas de gestión. Se utilizan para modelar los requisitos de información estratégica de una institución.
 - Análisis y diseño. Permiten crear el modelo del sistema así como evaluar la validez y consistencia de este modelo.
 - Programación. Son herramientas que facilitan el desarrollo del código fuente del sistema.
 - Integración y prueba. Sirven de ayuda a las adquisición, medición, simulación y prueba de los equipos lógicos desarrollados.
 - La gestión de prototipos. Permiten llevar el control y gestión de los prototipos desarrollados para un sistema software.
 - El mantenimiento. Se encuentran herramientas que permiten llevar a cabo la ingeniería inversa, la reestructuración y análisis de código y/o la reingeniería.
 - La gestión de proyectos. La mayoría de las herramientas se centran en un elemento específico de la gestión de un proyecto. Tal como, la planeación de proyectos o el seguimiento de requisitos.
 - El soporte. Estas herramientas permiten recoger las actividades aplicables en todo el proceso de desarrollo de un sistema, por ejemplo, herramientas de documentación o de control de calidad.

Dentro del área de BD's, las herramientas CASE se pueden clasificar de acuerdo a:

- Sistemas de prototipos de investigación. Son herramientas case muy completas, sin embargo, suelen ser difíciles de encontrar además de que no ofrecen un soporte adecuado [13].
- Herramientas CASE comerciales adquiridas bajo licencia. Son herramientas robustas y muy costosas que, por lo regular, integran otras herramientas, como los generadores de código, y apoyan principalmente en todo el proceso de desarrollo de la BD.
- Herramientas CASE comerciales adquiridas sin costo. Son herramientas sin costo alguno que se pueden obtener en Internet, estas herramientas pueden auxiliarnos en una etapa o en todo el CVBD.

4. HERRAMIENTAS CASE PARA LA ENSEÑANZA DE BASES DE DATOS

Descripción

En la actualidad hay una gran variedad de herramientas CASE orientadas a la enseñanza de BD, que se pueden enfocar a alguna fase del CVBD o que pueda ayudar en todas sus fases. A continuación se describen algunas herramientas.

TabletERD. Es una aplicación que apoya el proceso de desarrollo de una BD, permite elaborar diagramas entidad-relación, generar código XML y SQL basado en el estándar SQL99 (para los SADB: MySQL, Oracle y DB2) así como la documentación necesaria. TabletERD fue desarrollada principalmente para utilizarse en las Tablets PC [14].

LDT (Logical Design Tool). Es un método que se utiliza para evitar anomalías que afectan el diseño de una BD relacional, pero también puede ser utilizada como una herramienta educativa [15].

Powermodeller: Una herramienta para el modelado de datos. Es una herramienta que tiene por objetivo brindar un entorno de aprendizaje en el diseño eficiente de BD relacionales, objeto-relacionales y orientadas a objetos. Esta herramienta ofrece una interfaz gráfica amigable, cubre las fases de diseño conceptual, diseño lógico y diseño físico de las BD; permite generar documentación del diseño en un soporte visual e impreso, incorpora algoritmos y reglas para el refinamiento del diseño, provee ingeniería inversa de datos construyendo el diagrama entidad – relación a partir de un script de BD además de la reutilización de diseños obtenidos [16].

ANACON: Analizador de Consultas SQL. Es una herramienta de apoyo para las prácticas de la asignatura de BD que se imparte en la Escuela Universitaria Politécnica de Teruel. ANACON es un analizador de consultas SQL que permite a los alumnos aprender de forma rápida e intuitiva a realizar consultas en dicho lenguaje, sin tener que conocer aspectos particulares de los analizadores de consultas que integran los SGBD existentes en el mercado [17].

Herramienta para el Aprendizaje del Álgebra Relacional. Es una herramienta de apoyo que fue desarrollada en la Universidad de Valladolid, la cual permite facilitar el aprendizaje del álgebra relacional y poder realizar consultas sobre cualquier BD. Dada una sentencia expresada en álgebra relacional, el sistema la traduce a sentencia SQL; la traducción se muestra al alumno haciéndole énfasis la relación entre ambos lenguajes. Además la herramienta fue desarrollada tomando en cuenta guías metodológicas propugnadas en el ámbito del diseño de entornos de aprendizaje [18].

Herramienta Didáctica de Representación Visual como Apoyo en el Aprendizaje del Álgebra Relacional. Es una herramienta interactiva que le permite a los estudiantes que toman cursos básicos de BD, diseñar consultas en álgebra relacional con el apoyo de una computadora y así poder verificar visualmente el funcionamiento y desempeño de las mismas. Aprender a diseñar consultas en un lenguaje abstracto es un proceso difícil, es por ello, que es importante contar con este tipo de herramientas para reforzar el aprendizaje del diseño

de consultas; en esta herramienta se pueden diseñar consultas que incluyan los operadores de proyección, selección, reunión, unión e intersección además permite que el alumno interactúe directamente con dicha herramienta [19].

Visio (Microsoft). Es una herramienta software de pago que permite la creación de todo tipo de gráficos y diagramas (de oficina, de BD's, diagrama de flujo, UML, entre otros); es un programa de dibujo vectorial, fácil de utilizar y versátil debido a que ofrece muchas funciones de ediciones [20].

ER/Studio (Embarcadero Technology). Es una herramienta de modelado de datos que se utiliza para realizar el diseño conceptual, lógico y físico de la BD a escala empresarial, así como documentar, publicar modelos y metadatos para distribuirlos a los equipos de trabajo. La herramienta ER/Studio ofrece diversas funcionalidades y beneficios, entre los que destacan:

- Soporte completo al ciclo de vida de BD. Ingeniería inversa y directa, modificación de BD.
- Gestión de modelos empresariales. Administración de submodelos, integración de metadatos, estandarización, reutilización y aseguramiento del cumplimiento de diccionario de datos.
- Diseño de BD de calidad. Migración automática de claves externas, asistentes de validación, documentación automática, seguridad y permisos de modelado.
- Soporte de integración y DataWarehouse. modelado dimensional de los modelos lógico y físico, exportar modelos de datos, documentación para trazabilidad de los datos.
- Funcionalidad de comunicación empresarial de alto nivel. Disposición y gráficos avanzados, publicación web automatizada, informes de alta calidad en RTF, salida de esquemas XML y DTD.

Esta herramienta sobresale por ser sencilla de aprender y utilizar en el ámbito de las BD [21].

ER-Win Data Modeler (Computer Associates). Es una herramienta orientada al modelado y mantenimiento de BD. Ofrece alta productividad en diseño, generación y mantenimiento de aplicaciones; desde un modelo lógico de los requerimientos de información hasta el modelo físico perfeccionado para las características de la BD diseñada. ER-Win Data Modeler ofrece diversas funcionalidades entre las que destacan [22]:

- Permite la visualización de la estructura, los elementos importantes así como la optimización del diseño de la BD.
- Generación automática de las tablas, de procedimientos almacenados (*stored procedure*) y disparadores (*triggers*) para los principales tipos de BD.
- Facilita el proceso de diseño de la BD.
- Establece una conexión entre una BD diseñada y una BD nueva, permitiendo transferencia entre ambas y la aplicación de ingeniería inversa.
- Mantiene las vistas de la BD como componentes integrados al modelo, permitiendo que los cambios en las tablas sean reflejados automáticamente en las vistas definidas; la migración automática garantiza la integridad referencial de la BD.
- Soporta principalmente BD relacionales SQL y BD que incluyen principalmente Oracle, Microsoft, SQL Server, Sybase, DB2 e Informix.

- Un mismo modelo puede ser utilizado para generar múltiples BD o convertir una aplicación de una plataforma de BD a otra.

PowerDesigner (Sybase). Es una herramienta para el análisis, diseño inteligente y construcción de una BD y un desarrollo orientado a modelos de datos a nivel físico y conceptual. Entre las funcionalidades principales que brinda la herramienta destacan:

- Permite visualizar, analizar y manipular metadatos logrando una efectiva arquitectura de información.
- Brinda un enfoque basado en modelos, permitiendo alinear al negocio con la tecnología de información, facilitando la implementación de arquitecturas efectivas de información empresarial.
- Ofrece técnicas de análisis, diseño y gestión de metadatos.
- Permite combinar técnicas de modelado con herramientas de desarrollo, tales como .NET, Sybase WorkSpace, Sybase Powerbuilder, Java y Eclipse, para ofrecer soluciones de análisis de negocio y de diseño formal de BD.
- Trabaja con más de 60 BD's relacionales

Case Studio 2. Es una herramienta gratuita de modelado de BD, que permite a los diseñadores de BD y desarrolladores crear y mantener diagramas entidad-relación, diagramas de flujo de datos y generar scripts de SQL para varias BD de manera automática. Proporciona un soporte completo para más de 20 BD, tales como: Oracle, DB2, Sybase, SQL Server, MySQL, PostgreSQL, entre otros. Permite la ingeniería inversa en las BD así como la generación de documentación en formato HTML y RTF [23].

Easy CASE [11]. Es una herramienta que permite realizar el modelado de datos y eventos; permitiendo la generación de esquemas de BD e ingeniería inversa y así proveer una solución comprensible para el diseño, consistencia y documentación del sistema. Easy CASE brinda las siguientes funcionalidades:

- Permite automatizar las fases de análisis y diseño dentro del desarrollo de un sistema.
- Es una herramienta multiusuario.
- Ofrece seguridad en los datos, para lograrlo el diccionario de datos se bloquea por niveles al registro, al archivo y al proyecto y/o por niveles de control de acceso.
- Entre las BD que soporta se encuentran Oracle, Progress, SQLServer, Sybase, Access.

4.1. Clasificación

Las herramientas CASE que sirven de apoyo para el aprendizaje de las BD's se pueden clasificar en tres categorías principales, las cuales son:

- CASE Académico. Son herramientas software que diversas instituciones desarrollan y utilizan como apoyo en la enseñanza-aprendizaje de sus estudiantes. En esta categoría se encuentran las herramientas:
 - LDT (*Lógica Design Tool*).
 - Powermodeller.
 - ANACON: Analizador de Consultas SQL.
 - Una Herramienta para el Aprendizaje del Álgebra Relacional.

- Herramienta Didáctica de Representación Visual como Apoyo en el Aprendizaje del Álgebra Relacional.

- CASE Libre o gratuito. Son herramientas software que desarrollan uno o varios autores y manifiestan que dicho software puede ser copiado, estudiado, modificado, utilizado libremente bajo cualquier fin y redistribuido con o sin cambios o mejoras [24]. En esta categoría se encuentra la herramienta:
 - Case Studio 2.
- CASE por costo. Son herramientas software que desarrollan diversas instituciones para satisfacer determinadas necesidades de una sociedad específica, que de acuerdo a las funcionalidades que puedan brindar las herramientas se ve reflejado en el costo de las mismas. En esta categoría se encuentran las herramientas:
 - TabletERD.
 - Visio (Microsoft).
 - ER/Studio (Embarcadero Technology).
 - ER-Win (Computer Associates).
 - PowerDesigner (Sybase).

5. CONCLUSIONES

Las BD's juegan un papel trascendental en el mundo moderno. Sin un buen diseño de las mismas, los resultados pueden ser, incluso, catastróficos. Debido a esto, se han desarrollado nuevas herramientas para apoyar a los profesores en la impartición de la materia. En este trabajo se presentó un conjunto de herramientas CASE para apoyar el proceso de enseñanza de BD's.

6. REFERENCIAS

- [1]. Tello Y., Roberto; (2003). Bases de datos en la ingeniería y los negocios. *Industrial Data*, num. agosto, pp. 79-82.
- [2]. Elmasri Ramez, B. & Navathe Shamkant (1997). *Fundamentals of Database System, Second Edition*. Massachusetts, E.U.A. Addison Wesley Publishing Company, Inc.
- [3]. Chavarría B. Lorena, Hajar M. José A., Vázquez C. Dario E. (2014). Estudio comparativo sobre herramientas de software para la enseñanza del diseño conceptual de bases de datos. *Tecnología Educativa Revista CONAIC*, Primer número especial, pp 41-50.
- [4]. Cvetanovic M., Radivojevic Z., Blagojevic V., & Bojovic M. (2011). ADVICE-Educational System for Teaching Database Courses. *Education, IEEE Transactions on*, 54(3), pp 398-409.
- [5]. Enciso M., Soler E. (2013, March). Teaching database design: A reverse engineering approach. *In Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 2013 IEEE pp.474-480. IEEE.
- [6]. Terry B., Logee D. (1990, April). Software Engineering Notes. *Terminology for Software Engineering and Computer-Aided Software Engineering*.
- [7]. Gurin Sebastián. (2004). Algoritmos de ordenación. Copyright ©.

- [8]. Peter Pin-Shan Chen. (1976, March). The entity-relationship model-toward a unified view of data. *ACM Trans. Database Syst.* vol.1, no.1, 1976, pp. 9-36.
- [9]. E.F. Codd. A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks, *Comm. ACM*, vol. 13, no.6, 1970, pp. 377–387.
- [10]. Low G. Caesar. (2002). Software quality and tools CASE. Research and Development, 2002. SCORed 2002. Student Conference on. IEEE. pp. 54-57.
- [11]. Instituto Nacional de Estadística e Informática, Colección Cultura Informática. Herramientas Case.
- [12]. Guerra B. Juan F. Generación de Soluciones Multicapa y Multiplataforma por medio de CASE. Tesis de Nivel Superior. Universidad Técnica del Norte. Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas. Escuela de Ingeniería en Sistemas Computacionales.
- [13]. Belletti Cecilia, Motz Regina. (2002) Análisis de Herramientas CASE para uso didáctico en Diseño de Bases de Datos. VIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación.
- [14]. S. Sok, C. Scharff. (2006, October). Work in Progress: Database Design With TabletERD. *FIE, 2006, Frontiers in Education 36th Annual Conference*, Frontiers in Education 36th Annual Conference 2006. pp 19-20.
- [15]. M. Mehdi Owrang O., W. Gamini Gunaratna. A Logical Design Tool for Relational Databases. *IEEE Micro*, vol.9, no. 3, pp. 76-83, May/June 1989.
- [16]. Martín, C. D. S., Franco, M. A., Vinjoy, M. (2007). Tecnología para la enseñanza de bases de datos. *IX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*.
- [17]. Martínez Francisco, Garrido Piedad, Tramullas Jesús, Fuertes Gabriel. (2007). ANACON: Analizador de Consultas SQL. RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia. pp. 201-215.
- [18]. Hernández Carmen, Crespo Yania, Romay Pilar, Laguna Miguel A. (2002). Una Herramienta para el Aprendizaje del Álgebra Relacional. VIII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI).
- [19]. Bringas, J. A. S., Solis, M. M., León, M. A. C., Cota, I. E., & Carrillo, A. L. (2015). Herramienta Didáctica de Representación Visual como Apoyo en el Aprendizaje del Álgebra Relacional. *Difu100ci@ Revista en Ingeniería y Tecnología, UAZ*, vol. 8, num.2.
- [20]. Microsoft Visio: Análisis del software. <http://www.obs-edu.com/blog-project-management/diagramas-de-gantt/microsoft-visio/>. Consulta 15/01/2016.
- [21]. Embarcadero Technologies. ER/Studio. <http://www.embarcadero.com/products/er-studio>. Consulta 15/01/2016.
- [22]. Computer Associates. ER-Win Data Modeler. <http://erwin.com/products/data-modeler>. Consulta 15/01/2016.
- [23]. SAP Sybase. PowerDesigner. <http://powerdesigner.de/en/>. Consulta 15/01/2016.
- [24]. Arteaga M. Luis M. ¿Qué es el software libre?. <http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.es.html>. Consulta 15/01/2016.