

Integración de sistemas CAE (CAD - CAE - BMS) para el diseño de Ingeniería

1. Introducción

La ingeniería para plantas industriales se extiende al análisis de que instalaciones son necesarias, donde y en que tamaño, para satisfacer los objetivos de una empresa. Para la planeación y diseño de una planta industrial, se requieren una serie de pasos (Hicks 1980). Generalmente, en principio se da espacio a las principales áreas, luego se emprende el diseño detallado de las entidades dentro de un área y finalmente se combinan los diseños de áreas hasta llegar a un plano total.

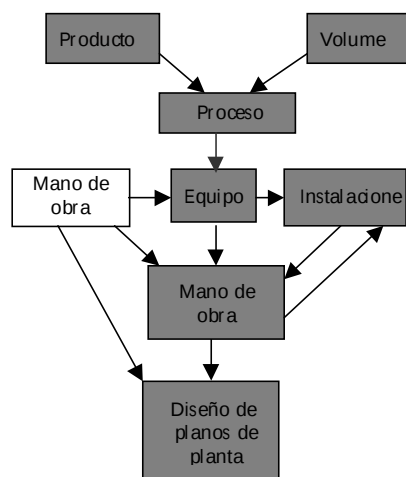


FIG. 1. PASOS EN DISEÑO DE UNA PLANTA INDUSTRIAL

Actualmente un amplio rango de trabajos de ingeniería para plantas industriales se enfoca en el análisis de procesos para planificación y diseño usando métodos computacionales como el uso de algoritmos genéticos para determinar la distribución, localización y relocalización de equipos en la fábrica (Gen y Cheng 1997). Los sistemas CAE (Computer-Aided Engineering) consiste de aplicaciones de ingeniería o tecnologías de computo similares como bases de datos y comunicaciones, modelado geométrico y gráfico, simulación, análisis, adquisición de datos y control. En este documento me refiero a tres componentes del CAE como son los

sistemas CAD para desarrollo de dibujos, un sistema CAE para cálculo y selección de conductores eléctricos y una base de datos para la información de equipo que se ha pasado de catálogos de papel a documentos electrónicos.

El problema de la integración de la base de datos con CAD y CAE aquí discutidos se expresa en el contexto del diseño en ingeniería. Esto es que alguna aplicación de diseño, extrae datos desde un RDBMS existente que contienen datos de materiales, componentes, diseños existentes, etc. El contexto y el escenario de aplicaciones se explicará más adelante.

2. Tecnologías de bases de datos para uso industrial

Para algunas aplicaciones industriales se han introducido sistemas de bases de datos orientados a objetos (BDOO) como es el caso para CAD/CAM. Sin embargo el impacto de las BDOO es limitado principalmente porque las empresas en su mayoría tienen sus datos en modelos relacionales que les resulta costosos y difícil de cambiar. Para facilitar la migración de datos Martín y Odell (1994) proponen que el modelo de BDOO incorpore al modelo relacional. Las bases de datos relacionales han evolucionado desde las propuestas por Codd (1970) a propuestas que conjuntan diversas tecnologías claves, adicionales a las bases de datos tradicionales como hipermedia, objetos, interfaz gráfica de usuario (GUI), descubrimiento automático, visualización de datos, hiperinformación. A estas base de datos Parsaye (1993) las denominada bases de datos inteligentes.

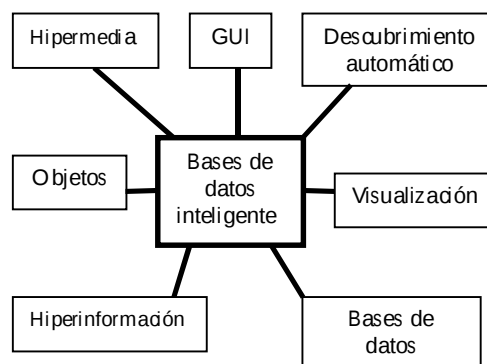


FIG.2. ELEMENTOS DE BASES DE DATOS INTELIGENTE

Las RDBMS han sido previstos también con una tecnología llamada IDAPI (Integrated Database API), que es una arquitectura basada en "drivers" (Rudraraju 1996), en donde para cada distinta fuente de datos existe un driver distinto. El IDAPI permite que el RDBMS sea usado como un módulo compatible de clavija, siendo los responsables para los accesos a datos y que se pueda trabajar con una variedad de diferentes funciones o módulos externos como (ODBC, SQL, Oracle). Esta infraestructura también provee un conjunto de servicios como administración de memoria, ordenamiento, drivers de lenguajes, etc., que son compartidos por todos los drivers.

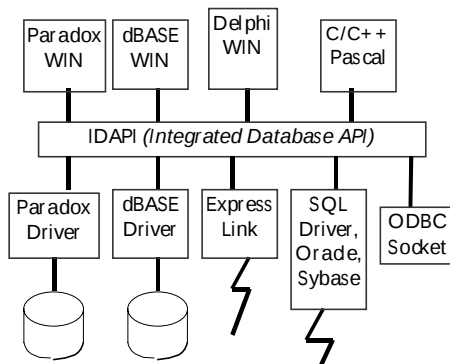


FIG. 3. LA ARQUITECTURA IDAPI

Navathe, Mahajan y Omiecinski (1996) proponen para el diseño en ingeniería la integración de bases de datos basados en reglas HIPED, el cual direcciona el problema de ejecutar el diseño de dispositivos de ingeniería hacia el acceso a bases de datos heterogéneas con un sistema de razonamiento multimodal, que combina un modelo de casos y otro basado en razonamiento para solucionar un problema. Las reglas son posibilidades codificadas que consideran varios caminos.

3. Modelo propuesto

Lo que se propone en este documento es un modelo que integre las ventajas de las bases de datos relacionales con las de los sistemas CAD y CAE. Se considera la integración de sistemas CAD y CAE con RDBMS ya que los primeros extraen datos desde la base de datos para sus respectivas operaciones (López Fuentes 1998).

Asimismo algunas imágenes pueden ser adicionadas a la base de datos con el objetivo de que el ingeniero pueda conocer los componentes que integran un sistema industrial.

Para el análisis de esta integración se plantea como caso de aplicación la solución de ingeniería para un sistema eléctrico industrial, pero bien se podría aplicar a otra área de la ingeniería. La base de datos es el punto central, ya que esta misma es utilizada para realizar consultas en SQL (usando el propio RDBMS), exportar datos a los programas de cálculo eléctrico y al dibujo desarrollado en AutoCAD. También los datos relevantes para aplicaciones de diseño son guardados en relaciones o tablas y cuyos esquemas pueden ser disponibles durante el tiempo del diseño de ingeniería.

Para tal objetivo se construyeron las tablas de los diferentes elementos que componen un sistema eléctrico considerando al modelo relacional, así como también se dibujaron o importaron imágenes, teniendo por un lado archivos DBF de datos y por otro lado archivos GIF o JPEG de imágenes, el acceso a estos archivos y su presentación en pantalla se lleva a cabo durante una consulta.

Se requiere que para la estructuración del sistema se conozca para este caso el proceso para la elaboración de un proyecto eléctrico para una planta industrial. También se deben considerar la observación de normas y recomendaciones como el NEC, IEC, IEEE, para el diseño de sistemas eléctricos y como intervienen estas en el proyecto. Es recomendable que para otra aplicación de diseño de ingeniería se conozca el proceso de lo que se pretende conseguir.

Para nuestro caso, el criterio para el diseño conceptual del sistema podría plantearse en los siguientes pasos:

1. Defina los alcances del sistema como tipo de consultas y aplicaciones permitidas.
2. Seleccione un manejador de base de datos que soporte el volumen de datos a trabajar y nos brinde la interfaz con programas de aplicación.
3. Defina las entidades que intervienen en el diseño de un sistema eléctrico industrial, como pueden ser motores, conductores, transformadores, etc.

4. Defina los atributos para cada entidad, como Potencia, Voltaje, etc., así como los parámetros a usar en la salida de datos de medición para cada atributo.
5. Modele las entidades que intervienen en la base de datos y como se relacionan entre sí. Esto se puede hacer usando el modelo Entidad-Relación (Chen 1976), definiendo la cardinalidad y evitando que existan problemas que oscurezcan la estructura lógica del problema.

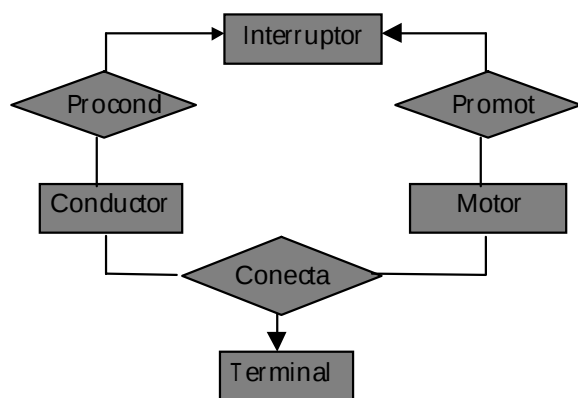


FIG. 4. MODELADO DE LAS ENTIDADES EN E-R

6. Una vez definido el número de relaciones que se requieren se registran los datos correspondientes en cada tabla.
7. Desarrolle los algoritmos para programas de aplicación observando que cumplan con las normas ó recomendación adecuada para cada sistema industrial, como las IEC, NEC, IEEE. En el algoritmo se debe definir en que puntos de la aplicación se va a acceder a la base de datos y al sistema CAD.
8. Programar los algoritmos en algún lenguaje de programación como puede ser C, C++, Visual C++, etc., observando que estos puedan ser interpretados por el DBMS.
9. Desarrollar un sistema CAD que permita elaborar diagramas o croquis de equipo eléctrico. Este sistema debe ser capaz de guardar los dibujos creados en algún formato de preferencia estándar en la industria como TIF, GIF, JPEG, DXF.
10. Programe la interfaz entre la base de datos con los programas de aplicación para el cálculo de ingeniería,

así como la interfaz entre la base de datos con el sistema CAD para el diseño de dibujos.

11. Implemente la comunicación con el sistema AutoCAD V.14 para poder importar y exportar datos desde el RDBMS creada. Esto se puede facilitar al usar las funciones ASE de AutoCAD.
12. Desarrollar una interfaz gráfica de usuario (GUI) para facilitar el manejo del sistema propuesto, en donde se consideren los accesos a los programas CAE, a la RDBMS y al CAD.

Una representación esquemática del modelo se indica abajo.

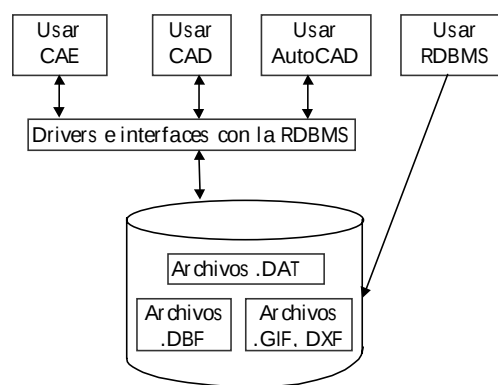


FIG. 5. REPRESENTACIÓN FUNCIONAL DEL MODELO

3. Interacción entre CAE y RDBMS

La interacción entre los programas de aplicación (CAE) con la base de datos (RDBMS) se realiza cuando los programas de cálculo eléctrico requieren conocer datos para iniciar, proseguir o dar un resultado del proceso. Por ejemplo datos como resistencia, área ó la admitancia del conductor se extraen de la base de datos y se usan en los programas de aplicación. Una vez terminado el programa, se obtienen valores óptimos con la cuál se puede realizar la selección adecuada del conductor. En la interfaz entre el RDBMS y los programas CAE, se podrán ver dos tipos de programas, los de aplicación elaborados en algún lenguaje de programación como C/C++ y los de interfaz para acceder a la RDBMS.

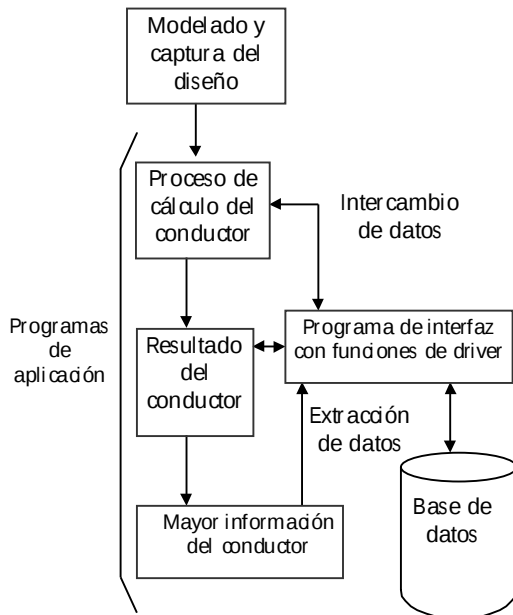


FIG. 6. INTERACCIÓN ENTRE CAE Y EL RDBMS

Los programas de interfaz cuenta con las funciones del driver de comunicación del RDBMS seleccionado. La interacción de estas funciones con la base de datos es dividida en pasos que nos permiten controlar la base de datos y acceder a las tablas. Estos pasos son:

- Conexión a la base de datos
- Abrir el canal de comunicación
- Compilar la declaración original
- Extraer ó leer datos
- Cerrar la comunicación

Estos pasos son los mismos para el programa de interfaz del AutoCAD (función ASE) que importa y exporta datos desde el RDBMS. El algoritmo del programa de aplicación específica en que momento se requiere acceder a la base de datos para tomar un dato.

Algoritmo capacidad corriente

ENTRADA: Voltaje, potencia, FP, fases, Frec.

SALIDA: Selección de conductor correcto

if fases =1

if tiene motor then

```

    acceso a la tabla MOTOR
    obtener Ipc
    Inc Ipc
    while (Inc > 500) do
        acceso a la tabla FACAGRUP
        obtener Fag
        acceso a la tabla FACTEMP
        obtener Ft
        Inc Ipc * Fag * Ft
        acceso a la tabla CONDUCTOR con Ipc
        if (Inc>Inm) then
            output ("conductor adecuado ")
        else
            output ("Conductor no correcto")
            while conductor no correcto do
                Inc Ipc * (1/Fag) * (1/Ft)
                acceso a la tabla CONDUCTOR con Ipc
            endwhile
        end if
    endwhile
else
    Inc = Potencia/(factor*Voltaje*FP)
    while (Inc > 500) do
        acceso a la tabla FACAGRUP
        obtener Fag
        acceso a la tabla FACTEMP
        obtener Ft
        Inc Ipc * Fag * Ft
        acceso a la tabla CONDUCTOR con Ipc
        if (Inc>Inm) then
            output ("conductor adecuado ")
        else
            output ("Conductor no correcto")
            while conductor no correcto do
                Inc Ipc * (1/Fag) * (1/Ft)
                acceso a la tabla CONDUCTOR con Ipc
            endwhile
        end if
    endwhile
end if
end if

```

FIG. 7. ALGORITMO QUE SELECCIONA UN CONDUCTOR POR CAPACIDAD DE CORRIENTE

4. Interacción entre un CAD y el RDBMS

Un sistema CAD puede ser desarrollado usando librerías gráficas como ejemplo del tipo SVGA, ya que esta nos permite el manejo de 256 colores para fotografías. Este sistema CAD es utilizado para crear diagramas eléctricos, croquis de equipos y puede ser construido en MS-DOS ó Windows. La interacción de la base de datos consistirá en que los dibujos creados y guardados en un formato estándar (GIF, JPEG, etc.) puedan ser desplegados en una consulta desde el RDBMS. Por ejemplo si se quiere conocer las características de un motor y se indica:

Potencia=50Hp, Fases = 3, Voltaje = 0.22.

La respuesta del RDBMS será:

POTENCIA: 50 HP
 NUM DE FASES: 3
 VOLTAJE: 0.22 V
 FRECUENCIA: 60 Hz
 NUM DE POLOS: 2
 VELOCIDAD: 1200
 ARMAZON: 326TS
 FACTOR DE SERVICIO: 1.9
 CORRIENTE NOMINAL: 112 Amp
 CORRIENTE DE ARRANQUE: 118 Amp
 CORRIENTE DE SERVICIO: 192 Amp
 CLASE DE AISLAMIENTO: F
 PESO: 242 KG
 ACCESORIOS: SIN
 TAMAÑO NEMA: 2
 SERVICIO: CERRADO
 CONSTRUCCION: D
 MODO DE ARRANQUE: JAULA ARD.
 PAR NOMINAL: 154 Nw
 PAR DE ARRANQUE: 162 Nw
 PAR MAXIMO: 306 Nw
 ALTURA: 170 mm
 ANCHO: 178 mm
 LONGITUD: 186 mm
 TIPO: 1LA6 326-2YK10
 PRECIO: 5000
 ¿Deseas desplegar una imagen S/N?: S

FIG. 8. CONSULTA A LA BASE DE DATOS

Si se desea consultar la imagen del motor para definir algún detalle, entonces el RDBMS gestionara con los archivos guardados por el CAD hasta hallar la imagen correspondiente con la clave registrado en la tabla MOTOR, de esta forma se podrá tener en la consulta datos e imagen al mismo tiempo.

POTENCIA: 50 HP
 NUM DE FASES: 3
 VOLTAJE: 0.22 V
 FRECUENCIA: 60 Hz
 NUM DE POLOS: 2
 VELOCIDAD: 1200
 ARMAZON: 326TS
 FACTOR DE SERVICIO: 1.9
 CORRIENTE NOMINAL: 112 Amp
 CORRIENTE DE ARRANQUE: 118 Amp
 CORRIENTE DE SERVICIO: 192 Amp
 CLASE DE AISLAMIENTO: F
 PESO: 242 KG
 ACCESORIOS: SIN
 TAMAÑO NEMA: 2
 SERVICIO: CERRADO
 CONSTRUCCION: D
 MODO DE ARRANQUE: JAULA ARD.
 PAR NOMINAL: 154 Nw
 PAR DE ARRANQUE: 162 Nw
 PAR MAXIMO: 306 Nw
 ALTURA: 170 mm
 ANCHO: 178 mm
 LONGITUD: 186 mm
 TIPO: 1LA6 326-2YK10
 PRECIO: 5000



FIG. 9. CONSULTA CON DATOS E IMAGEN

5. Interacción entre AutoCAD y el RDBMS

En diversas ocasiones el diseño de ingeniería requieren trabajar con otro software de CAD, para definir trabajos con otros grupos. Uno de estos software es AutoCAD, que en sus versiones 12, 13 y 14 considera drivers externos para bases de datos (Autodesk 1998).

Resulta interesante explotar la ventaja de contar con una modelo que integra sistemas CAD-CAE-RDBMS y además nos permite la conexión con AutoCAD usando la función ASE para importar y exportar datos. Cabe recordar que para el trabajo aquí presentado, se considero a la base de datos (RDBMS) el punto central de la integración, sin embargo desde otro punto de vista se pudo haber considerado a AutoCAD y revisar los drivers de este para programas de aplicación y base de datos.

Es recomendable sugerir en este punto en el que se desea conectar AutoCAD con una base de datos externa, que se debe revisar la versión de AutoCAD y los drivers de base de datos que tiene, por ejemplo la versión 14, tiene drivers para dBASE III+, Oracle 7 y ODBC, por ser los RDBMS más usados últimamente en diseño de ingeniería. De esta forma si elegimos conectar AutoCAD V.14 a nuestra RDBMS se necesita condicionar este último al tipo de drivers que se manejen.

Realizada la conexión se pueden realizar consultas SQL externas desde AutoCAD. Estas consultas accesan a datos guardados en una base de datos externa, que podría ser Oracle7, RDBMS con ODBC (Access) ó dBASE III+. Por ejemplo una consulta en SQL podría ser:

```
SELECT *
FROM MOTOR
WHERE HPMOTOR>=10
AND NUMPOLOS>4
```

En la ventana de AutoCAD aparecería el resultado con los datos importados desde el RDBMS.

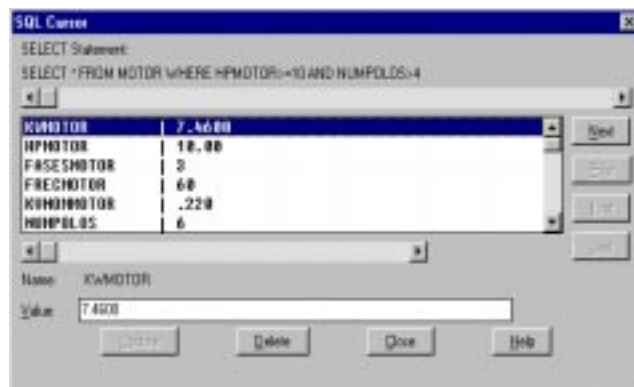


FIG. 10. RESULTADO DE LA CONSULTA SQL DESDE AUTOCAD.

Es probable que la base de datos requiera ser actualizada, ya sea porque un precio se modifico o una modificación al hacer el dibujo no corresponde con el dato registrado en la base de datos. La actualización del dato puede ser realizada desde AutoCAD con la función ASEROWS.

Una de las ventajas más interesantes en la interacción entre AutoCAD y el RDBMS es la importación de datos desde el RDBMS a un dibujo que se encuentra en AutoCAD, y la exportación de datos desde un dibujo de AutoCAD a una tabla en el RDBMS. Por ejemplo la importación de datos a un dibujo se logra asociando hileras de una relación con la opción "Link Paht Names". Para este caso es necesario declarar una clave ó llave que nos va a asociar el objeto con la hilera de la relación.

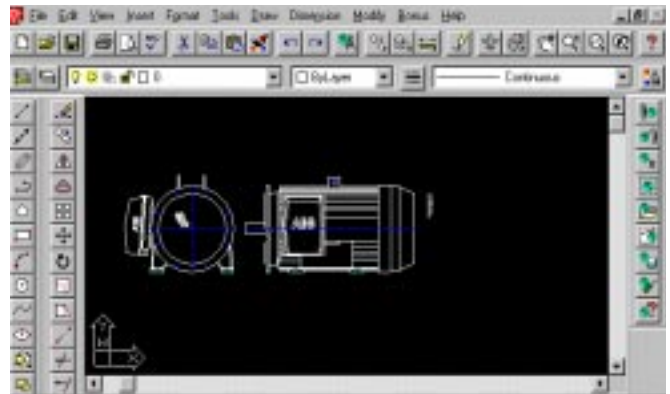


FIG. 11. OBJETO DE AUTOCAD SIN ASOCIAR CON LA HILERA DE DATOS.

Una vez definida la columna a asociar con el objeto, se pueden seleccionar que campos son los deseados a enviar al dibujo o si es la hilera completa.

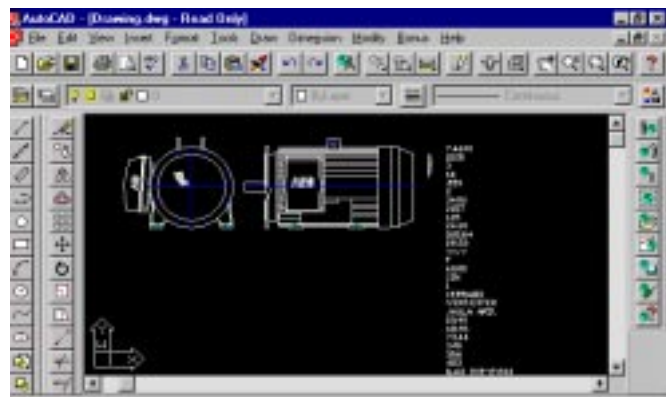


FIG. 12. DATOS EXTRAÍDOS DE LA RELACIÓN MOTOR ASOCIADOS CON UN DIBUJO

La conexión de AutoCAD con la base de datos permite importar datos no gráficos a dibujos y presentar esta información como datos gráficos. Esto tiene la ventaja de que un mismo dibujo pueda ser presentado con distintos datos de los atributos que no cambian, por ejemplo un dibujo de un motor la potencia podría ser distinta, pero la construcción del dibujo es igual que el de 15 HP ó 20 HP. Así también una modificación en el dibujo modificaría la hilera de la tabla en la base de datos con la que se conecta el dibujo. Esto permite ahorrar tiempo y tener mayor precisión en el diseño de ingeniería al hacer en forma automática la ac-

tualización de datos, y duplicación de dibujos de un mismo componente que tiene diferentes datos.

6. Conclusiones

En este documento nosotros ilustramos la implementación de una base de datos bajo el modelo relacional (RDBMS) y su integración con programas de aplicación (CAE) y software CAD, con el fin de dar una concepción de un modelo que permita hacer más eficiente y automático el trabajo de diseño de ingeniería.

Esta automatización en el diseño de ingeniería permite tener macros de plantas y equipos, así como datos de equipos que pueden ser conjuntados en un solo plano sin tener que crear nuevos componentes. Un dibujo de un equipo o componente de un diseño eléctrico industrial puede ser seleccionado una vez que los programas de aplicación han determinado las características del componente correcto, como en este caso es el de los conductores eléctricos para una planta industrial. Esto es una ventaja en los grupos de ingeniería, ya que contar con una base de datos con archivos de datos e imágenes les permiten tener sus catálogos de equipos ordenados electrónicamente y realizar consultas desde un solo sitio, así como acceder a datos de estos equipos y trasladarlos a algún programa de aplicación en forma automática. La interacción de AutoCAD V.14 con la base de datos nos brinda la ventaja de explotar la interfaz con SQL desde fuera del RDBMS, ya que se pueden realizar consultas aunque el RDBMS no soporte SQL como es el caso de dBASE III+.

Considero que el progreso futuro en sistemas inteligentes a usar por ejemplo para diseño de ingeniería, planeación, etc. requiere proveer el acceso a diferentes sistemas como bases de datos, bases de conocimiento, sistemas CAE/CAD/CAM, que se pueden integrar. Esta presentación ampliaría su potencial de aplicación si esta integración se realiza pensando en utilizar las ventajas de los sistemas distribuidos e Internet. El más común uso de Internet para este caso podría ser que los usuarios pueden acceder y ver documentos web por medio de visualizadores como Netscape Navigator ó el Microsoft Internet Explorer. Esto hará que se facilite el

producir, distribuir, compartir y usar la información entre los grupos de trabajo que intervienen en un proyecto de ingeniería.

Asimismo, las ideas aquí planteadas sobre la integración de sistemas CAE con bases de datos relacionales, pueden ser llevadas a otros campos diferentes al diseño en la ingeniería, ó a otros campos como puede ser la manufactura ó la arquitectura por mencionar a algunos **T**

*M. C. Francisco de Asís López Fuentes
Universidad Tecnológica de la Mixteca*

Referencias

- HICKS, E. PHILIP.
1980 Introduction to Industrial Engineering and Management Science, U.S.A., McGraw-Hill.
- GEN MITSUO, CHENG RUNWEI.
1997 Genetic Algorithms and Engineering Design, U.S.A, John Wiley & Sons.
- PARSAYE KAMRAN, CHIGNELL MARK.
1993 Intelligent Database Tools & Applications, U.S.A, John Wiley & Sons.
- RUDRARAJU, P.
1996 Borland Database Engine and IDAPI, USA, Borland Internacional.
- LÓPEZ FUENTES FRANCISCO DE ASÍS.
1998 Implementación de una base de datos gráfica para el desarrollo de proyectos eléctricos, México, ITESM-CEM.
- NAVATHE B. SHAMKANT, MAHAJAN SAMEER, OMIECINSKI EDWARD.
1996 Rule Based Database Integration in HIPED: Heterogeneous Intelligent Processing in Engineering Design, Proceedings of International Symposium on Cooperative Database Systems for Advanced Applications, Heian Shrine, Kyoto, Japan, World Scientific Press.
- CHEN P. P.
1976 The Entity-Relationship Model-Towards a Unified View of the Data, ACM Transactions on Database Systems, pp. 9-36.
- 1998 AutoCAD V14 User 's Guide, CD edition, USA, Autodesk Inc., 158p.

BALKUNA, L. S., SILL D. A.

1994 Power graphics using turbo C, USA, Zephyr Software, 140p.

PINEDA, L. A.

1995 Automatización del proceso de dibujo de planos normalizados de ingeniería aplicado a subestaciones. Boletín IIE, Vol. 19, No.3, p.131-136.

GOEL, S. BHATTA, E. STROULIA.

1996 Kritik: An Early Case-Based Design System, aparece como capítulo en Issues and Applications of Case-Based Reasoning to Design, Mary Lou Maher, Pearl Pu (eds.). MIT Press.

BENSON, D.; HSU, A.; NOLL, G.; RONY, K.; LAMBALLAIS, D.

1994 Multimedia data management for process control; Proceedings of the International Conference on Multimedia Computing and Systems; IEEE Computer Society Press; p. 332-41.