

Los programas desarrollados en este trabajo pueden consultarse en el siguiente repositorio:

<https://github.com/pmdeoliveiradejesus/sedbat>

TECNOLOGIA DE SISTEMAS EXPERTOS APLICADA AL DISEÑO DE BARRAS EN SUBESTACIONES EAT-UAT.

Richard Rivas Giselle Ramos P. Paulo M. De Oliveira D.
 Universidad Simón Bolívar, Depto. Conversión y Transporte de
 Energía, Caracas, Venezuela. Apartado Postal 89000. e-mail:
 rivas@usb.ve. Telfs. 58-2-9063720 y 9063721. Fax: 58-2-938476

RESUMEN

En este trabajo se presenta el desarrollo de un sistema experto para el diseño de barras colectoras en subestaciones a la intemperie de extra alta y ultra alta tensión (EAT-UAT). Su principal ventaja consiste en proporcionar un ambiente adecuado para el diseño, al mismo tiempo que sirve de programa de asesoría y entrenamiento.

El diseño de las barras requiere consideraciones eléctricas, mecánicas y estructurales. Para realizar el diseño el sistema ofrece el apoyo técnico necesario, que consiste en módulos de cálculo de capacidad amperimétrica de conductores, verificación de efecto Corona - Radio Influencia y estudio mecánico de barras. Los métodos de cálculo están en conformidad con normas internacionales ANSI/IEEE, IEC, etc.

A medida que el diseñador define los datos de entrada correspondientes, el sistema experto realiza una validación permanente de los parámetros de diseño. Esta validación se lleva a cabo mediante la técnica de ENCADENAMIENTO HACIA ADELANTE. El sistema recomienda acciones a tomar cuando uno o varios requerimientos de diseño no se cumplan, lo que revela una actuación permanente del experto en el proceso de diseño. El prototipo fue construido en base al sistema de conocimiento LEVEL 5 OBJECT Versión 2.5 y debe ser ejecutado bajo ambiente Windows. El sistema fue validado utilizando datos de las subestaciones San Gerónimo 800kV de la empresa EDELCA, Venezuela.

PALABRAS CLAVE:

Sistema Experto, Subestaciones Eléctricas, Diseño de Barras.

INTRODUCCION

El desarrollo tecnológico ha traído consigo la demanda de grandes bloques de energía eléctrica que debe ser transportada desde los centros de generación a los centros de consumo.

Las subestaciones deben estar en capacidad de manejar toda la energía que va a ser distribuida hacia los centros de consumo. La barra colectora constituye el punto común al que se conectan todos los equipos de la subestación y su dimensionamiento debe prever los efectos producidos por los niveles de corriente y tensión en operación. La barra colectora está formada por conductores eléctricos, aisladores, conectores y herrajes. Su diseño involucra el dimensionamiento físico del conductor y sus accesorios en el espacio de la subestación.

El diseño de barras colectoras, como cualquier otro procedimiento que involucra la resolución de ecuaciones matemáticas, se vio favorecido con la incorporación de recursos computacionales. Los sistemas expertos vienen a ser nuevos sistemas de información que facilitan las labores de diseño en ingeniería. Para construir un sistema experto se necesita adquirir el conocimiento del dominio del problema y traducir esta información a un sistema de computación.

El objetivo principal de este trabajo es desarrollar un prototipo donde se muestren las ventajas de aplicar la tecnología de los Sistemas Expertos para lograr el diseño asistido y satisfactorio de barras colectoras en

subestaciones de alta y extra alta tensión a través de un sistema que de manera general facilite la labor de diseño.

El diseño de barras consiste en la selección del conductor apropiado, sus accesorios y su disposición dentro del espacio físico que ocupa la subestación. El diseño es satisfactorio, siempre que la barra cumpla con los requerimientos eléctricos, electrostáticos y mecánicos a que será sometida. La metodología utilizada para verificar cada una de las condiciones de operación, debe estar en conformidad con las prácticas recomendadas y las normas internacionales. Al respecto el sistema contempla:

- Está basado en las normas internacionales^{1 2 3}
- Se toman referencias de normas de empresas nacionales como CADAPE⁴, EDELCA⁵
- El cálculo de capacidad amperimétrica se hace a partir de la ecuación de equilibrio térmico⁶.
- Para verificar el efecto corona se sigue la metodología sugerida por Raul Martín⁷, la cual determina el voltaje disruptivo.
- Para determinar si existe radiointerferencia se sigue la metodología recomendada por la IEEE a partir de la cual se calcula el gradiente de potencia⁸.
- Para el cálculo mecánico de barras rígidas, se verifica la longitud máxima del vano por deflexión vertical y resistencia mecánica. (Prácticas ANSI-IEEE complementado por CIGRE)^{1 9}.
- Y finalmente el cálculo mecánico de barras tendidas se analiza siguiendo el método de CGEE ALSTHOM utilizado por EDELCA en sus notas de cálculo¹⁰, para el cual se define una condición inicial del conductor en términos de flecha, temperatura y en base a esta se definen las hipótesis de carga que determinan las condiciones mecánicas extremas de operación.

SISTEMAS BASADOS EN CONOCIMIENTO

Los sistemas basados en conocimiento son campos representativos de la inteligencia artificial que se sustentan en el desarrollo de programas de computación capaces de almacenar el conocimiento humano derivado de la experticia. La manipulación inteligente del conocimiento ha desembocado en el desarrollo de varias vertientes en el campo de los sistemas basados en conocimiento, entre los que destacan la lógica difusa, las redes neurales y los sistemas expertos. Los sistemas expertos buscan simular los procesos del conocimiento humano desarrollando programas inteligentes. Estos permiten almacenar el conocimiento humano y mediante una metodología definida se busca establecer una serie de reglas lógicas que conducen a la solución de un problema particular.

Sistema Experto

Un sistema experto es un programa computacional capaz de considerar un amplio espectro de conocimiento, razonar y recomendar la ejecución de una acción. Los sistemas expertos son diseñados para simular el comportamiento de un experto humano en el dominio de su experiencia. Por lo tanto, los sistemas expertos son capaces de emitir juicios a partir de la verificación de ciertas reglas¹¹. Estas reglas deben ser establecidas mediante un mecanismo de adquisición de conocimiento, que es llevado a cabo por un Ingeniero de Conocimiento.

Estructura del Sistema Experto

La arquitectura básica del sistema experto consiste de una base de conocimiento, un mecanismo de inferencia y una interfaz con el usuario, como puede observarse en la FIGURA No.-1.

La base de conocimiento es un conjunto organizado de datos estructurados que representan y almacenan el dominio del problema experto. La interfaz con el usuario permite establecer comunicación entre el programa y el diseñador. Entre la base de conocimiento y el usuario se encuentra el mecanismo de inferencia que provee el sistema de control del sistema experto.

La base de conocimiento está constituida por hechos y reglas. Los hechos están referidos a un conjunto de objetos, entendiéndose por objeto una condición o estado.

Los hechos pueden tener la siguientes formas:

HECHO 1: La subestación está ubicada en una zona cercana al mar.

HECHO 2: El material de la barra es aluminio.

HECHO 3: Se recomienda usar barra de cobre ya que la zona posee salinidad y el aluminio es más corrosivo que el cobre.

La clave es que cada expresión debe caracterizar una situación explícita. Por otro lado, una regla es un hecho que depende de un grupo de otros hechos. El programa se encarga de identificar las relaciones entre los distintos hechos guardados en la base de conocimiento. Una regla verifica una relación precisa entre hechos y tiene una estructura IF-THEN, es decir, si un hecho A es cierto, entonces B también lo es. Por ejemplo:

REGLA 1: Si el HECHO 1 y el HECHO 2 son ciertos, Entonces el HECHO 3 es cierto.

De este modo las reglas pueden ser activadas en cualquier momento de la ejecución del programa siempre y cuando se den las condiciones.

Los hechos son guardados como clases. El ambiente experto posee una cierta cantidad de clases, que pueden ser creadas por el mismo sistema o por el ingeniero del conocimiento. Estos objetos poseen una cantidad de atributos cuyos valores dependen de la interacción del usuario con la base de conocimiento a través del mecanismo de inferencia. Estos valores son denominados instancias.

El mecanismo de inferencia relaciona el conocimiento contenido en la base de conocimiento, con el problema planteado a través de la interfaz computacional. Ante las condiciones de diseño establecidas por el usuario el mecanismo de inferencia realiza una validación permanente de las variables involucradas. Esta validación se efectúa mediante un mecanismo de búsqueda lógica que emite como resultado la verificación de una regla que inmediatamente ejecuta una acción.

La estrategia de encadenamiento hacia adelante parte del principio que ciertos hechos iniciales son conocidos (datos de entrada al problema). A partir de la búsqueda en la base de conocimiento se verifica alguna regla que relacione estos hechos conocidos (violación de una especificación de diseño). Esta regla verificada, crea a su vez un nuevo hecho que en conjunción con los demás hechos existentes puede verificar otra regla. Cuando el encadenamiento se detiene se obtiene una conclusión final para esas condiciones de entrada. Un ejemplo de encadenamiento hacia adelante se muestra a continuación:

- Las condiciones de diseño 1 y 2 encienden la regla A que afirma: La capacidad de cortocircuito de la subestación es 70000 Amperios.

- Las condiciones de diseño 3 y 4 encienden la regla B que afirma: El conductor es de aluminio y flexible.

- Estas nuevas condiciones encienden la regla C que afirma: Se recomienda utilizar un haz de cuatro conductores por fase.

ESTUDIO DE LA APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS EXPERTOS AL PROBLEMA

El problema concreto en el que se basa el presente trabajo es la creación de un sistema experto para realizar un diseño satisfactorio de barras colectoras en subestaciones a la intemperie de alta y extra alta tensión. El sistema debe proveer un ambiente adecuado para que el diseñador logre los objetivos del diseño. Para lograr esto, el sistema debe facilitar los siguientes recursos:

- Asesorar al realizar entrada de datos.
- Validar permanentemente los datos del sistema.
- Ofrecer los módulos de cálculo necesarios para realizar el diseño.
- Permitir una interacción efectiva entre el usuario y cada una de las partes del sistema experto.
- Emitir alertas cuando las condiciones de diseño lo permitan.
- Recomendar acciones a tomar el caso de una violación en los requerimientos de diseño.
- Brindar soporte técnico para permitir el entrenamiento de personal poco experto.

El Diseño de Barras como Problema

El dimensionamiento físico de una barra colectora es el problema fundamental que determina el diseño satisfactorio de la misma. La selección adecuada del tipo de barra, longitud del vano, material, espacio entre fases, altura de los soportes, diámetro y espesor de la barra en cuestión, son las variables que conducen al resultado deseado.

El problema puede ser resuelto desde el punto de vista de la optimización económica del diseño a partir del planteamiento de una función de costo. Sin embargo, si se mira el problema desde la perspectiva de la programación matemática, su resolución puede resultar sumamente compleja al introducir restricciones técnicas y económicas lineales, no lineales o enteras.

En la FIGURA No.-2 se observa un esquema que ejemplifica la influencia de las variables de diseño sobre las condiciones de diseño, es decir, por medio de enlaces se demuestra cómo un simple cambio puede modificar varios resultados. Por ejemplo, si se cambia la distancia entre fases, las condiciones de diseño correspondientes a los esfuerzos de cortocircuito y radiointerferencia se ven afectadas.

Herramienta Utilizada

La herramienta utilizada en este caso se conoce como LEVEL 5 OBJECT, y posee las siguientes características:

- Programación orientada al objeto.
- Poderosa interfaz gráfica.
- Posibilidad de interactuar con bases de datos, hojas de cálculo y programas ejecutables.
- Facilidad de edición de la base de conocimientos.
- Mecanismo de inferencia con encadenamiento hacia adelante y hacia atrás.

LEVEL 5 OBJECT¹² está desarrollado bajo ambiente Windows 3.1 y requiere el uso de computadores personales AT-386 ó AT-486 de alta capacidad de memoria RAM (Mínimo 4MB) y velocidad (Mínimo 40MHz).

CONFIGURACION DEL SISTEMA EXPERTO

El sistema experto desarrollado esta estructurado como lo muestra la FIGURA No.-3. Posee una base de conocimiento que almacena la información en forma de: clases, atributos e instancias y en forma de producción de reglas. El motor de inferencia funciona bajo la estrategia de encadenamiento hacia adelante. Posee cuatro módulos de cálculo que verifican las consideraciones eléctricas, electrostáticas y mecánicas. Además, tiene una base de datos que almacena los datos necesarios para la resolución de los problemas. Las flechas indica que el flujo de información es en dos sentidos.

Algoritmos de Cálculo que Utiliza el Sistema Experto

El sistema experto requiere de cuatro módulos de cálculo que verifican los parámetros eléctricos, electrostáticos y mecánicos concernientes a la barra colectora. Estos módulos se describen a continuación:

Módulo de Cálculo de Capacidades Amperimétricas. En este módulo se calculan los valores de corriente máximos permitidos en las barras colectoras tanto rígidas como flexibles en base a las condiciones ambientales y de operación de la barra.

Módulo de Cálculo de Efecto Corona y Radioinfluencia. En este módulo se hace una verificación de los efectos electrostáticos presentes en la barra. Se calculan los valores de voltaje de inicio del efecto corona en las barras y además se hace un estudio de radiointerferencia con el fin de establecer si existe perturbación de ondas de radio en zonas aledañas a la subestación.

Módulo de Cálculo de Esfuerzos Mecánicos en Barras Rígidas. En este módulo de cálculo se verifica si la barra rígida soporta los requerimientos de deflexión vertical y resistencia mecánica.

Módulo de Cálculo de Tensiones y Flechas en Barras Flexibles. En este módulo de cálculo se verifica si la barra flexible soporta los requerimientos flecha y tensión mecánica.

Procedimientos de Diseño

El sistema experto se encuentra desarrollado en base a dos procedimientos de diseño: uno para barras rígidas y otro para barras flexibles. Independientemente del tipo de barra, el proceso de diseño comienza con la introducción de los siguientes datos:

- Datos del Sistema: Especifican las características generales de la subestación donde se va a instalar la barra. Estos datos son: la corriente normal de operación, nivel de tensión y cortocircuito de la subestación. Generalmente estos datos corresponden a un estudio de planificación previo.
 - Datos ambientales: Especifican las condiciones ambientales existentes en la zona donde está ubicada la subestación.
- Una vez que el usuario ha definido los parámetros generales del problema se procede al diseño de la barra como tal, sea rígida o flexible.

Procedimiento de Diseño para Barras Rígidas

El procedimiento general utilizado por el sistema experto para diseñar barras rígidas se muestra en la FIGURA No.- 4. En este diagrama se observa cómo el sistema experto actúa permanentemente. Durante la entrada de datos del programa, el experto valida cualquier información recibida y recomienda en caso de violaciones en los límites permitidos para las variables. Luego a

medida que transcurre el proceso de diseño presenta sus recomendaciones cada vez que los bucles de decisión son encendidos.

El procedimiento general que sigue el usuario para lograr el diseño satisfactorio consiste en:

- Introducir la disposición física de la barra en el espacio de la subestación, dimensionando: el espacio entre fases, la altura de los soportes y la longitud del vano.
- Seleccionar el calibre del conductor rígido.
- Realizar el análisis amperimétrico para verificar las condiciones de carga en régimen normal, emergencia y cortocircuito.
- Estudiar de efecto corona con el fin de verificar los niveles de radiointerferencia.
- Realizar un estudio mecánico con el fin de verificar la resistencia de la barra ante condiciones extremas de operación.

Procedimiento de Diseño para Barras Flexibles

El procedimiento general utilizado por el sistema experto para diseñar barras flexibles se muestra en la FIGURA No.-5. El proceso de diseño de barras flexibles resulta más complicado que el de barra rígidas. La entrada de datos se efectúa también bajo un esquema de validación permanente. El sistema emite recomendaciones cada vez que un bucle es encendido debido a una violación de los parámetros de diseño. Adicionalmente el experto actúa en el proceso de diseño del haz de conductores. Finalmente el sistema debe ponderar entre varias hipótesis de solución cual es la peor condición de diseño y en base a ellas emitir recomendaciones.

El procedimiento general que debe realizar el usuario para lograr un diseño satisfactorio se puede resumir como sigue:

- Se introduce de disposición física de la barra en el espacio de la subestación. Se dimensionan: el espacio entre fases, la altura de los pórticos y la longitud del vano.
- Se define el número de conductores por fase.
- Se selecciona el calibre del conductor flexible.
- Se realiza el análisis amperimétrico para verificar las condiciones de carga en régimen normal, emergencia y cortocircuito.
- Se realiza un estudio de efecto corona con el fin de verificar los niveles de radiointerferencia.
- Permite definir las diversas hipótesis de carga en los conductores con el fin de determinar las peores condiciones de tensado y flecha.

DESCRIPCION DEL PROGRAMA

A continuación se ilustrará el uso del sistema SEDBAT, a través un ejemplo de diseño. La barra a ser diseñada corresponde a:

- Conexiones Tensadas Subestación San Gerónimo 800kV, C.V.G. EDELCA.

Una vez que se introducen los datos generales del sistema eléctrico, los datos ambientales, se debe definir las dimensiones físicas de la barra en el espacio de la subestación como lo muestra la FIGURA No.-6. Posteriormente se define el diámetro del conductor a partir de una base de datos como la mostrada en la FIGURA No.-7.

La definición de los parámetros de diseño está supervisada permanentemente por SEDBAT. Cuando se enciende alguna regla, el sistema alertará al usuario mediante una pantalla EXPERTO que recomienda alguna acción a tomar. Obsérvese la FIGURA No.-8

Al aplicar el sistema experto al problema particular del diseño de barras tendidas en 800kV, se obtienen los resultados finales que se muestran en las FIGURA No.-9 y No.-10 correspondientes a los análisis amperimétricos y mecánicos respectivamente. En este caso "SEDBAT" hace un análisis completo del problema verificando todas las consideraciones de diseño. Estos resultados son el producto de la interacción del usuario con el sistema experto. Se interpretan como conclusiones derivadas de la experiencia que al ser aprovechadas por el diseñador determinan el diseño satisfactorio de la barra.

CONCLUSIONES

En este trabajo se aplicó la tecnología de los Sistemas Expertos para lograr un diseño asistido satisfactorio de barras colectoras en subestaciones de alta y extra alta tensión.

- El Sistema Experto desarrollado preserva el conocimiento de los expertos en el área, uniformiza criterios y procedimientos de diseño en base a las prácticas recomendadas por las principales normativas internacionales.
- El Sistema desarrollado facilita el trabajo de los ingenieros en las labores de diseño y especificación de las barras colectoras en subestación.
- El Sistema ofrece un ambiente integrado en donde se pueden realizar un estudio completo de las variables y fenómenos relacionados al diseño de barras, mediante el fácil acceso a programas de cálculo.
- El Sistema está provisto una poderosa interfaz gráfica que permite una interacción mucho más efectiva entre el usuario y el computador.
- La introducción de los datos necesarios para realizar el diseño se ve facilitada por la inclusión de librerías de datos, tablas, etc. Además existe un proceso de validación en todos los datos que ingresan al sistema, lo que permite la disminución de errores en esta etapa del diseño.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su agradecimiento a las siguientes entes de la Universidad Simón Bolívar y empresas por el soporte técnico y financiero para el desarrollo de este trabajo de investigación: Decanato de Estudio Profesionales, Laboratorio de Sistemas de Potencia, Dpto. de Conversión y Transporte de Energía, Coordinación de Ingeniería Eléctrica, EDELCA, C.A. La Electricidad de Caracas, CADAPE. En especial se agradece la colaboración de las siguientes personas: Ing. Homero Alvarez, Ing. Augusto Suárez, Prof. Jorge Ramírez e Ing. Joffre Carmona.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- ANSI/IEEE. IEEE Guide for Design of Substation Rigid-bus Structures. Std. 605, 1987.
- 2.- IEEE. Radio Noise Design Guide for High Voltage Transmission Lines. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, VOL. PAS-March-April 1971.
- 3.- ELECTRA. The Effect of Safety Regulations on Design of Substations. Noviembre 1971 No.19
- 4.- CADAPE. Guía Técnica para el Cálculo de Juegos de Barras. NS-P-240, Enero 1984.
- 5.- EDELCA. Especificaciones Técnicas Generales de Subestaciones, Proyecto, Equipos Electromecánicos y Montaje. ETGS/PEM 001, ETGS/PEM 270, ETGS/PEM 170

- 6.- M. Prager, D.L. Pemberton, A.G. Craig & N.A. Bleshman."Thermal Considerations for Outdoor Bus Conductor Design". IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, VOL.PAS-95 No.4, July-August 1976.
- 7.- J. Raúll Martín. Diseño de Subestaciones Eléctricas. McGraw Hill, México, 1987
- 8.- NEMA 107-1964(R 1981). Methods of Measurement of Radio-Influence Voltage (RIV) of High-Voltage Apparatus.
- 9.- G. Palante. Study and Conclusions from the Results of the Enquiry on the Thermal and Dynamic Effects of Heavy Short-circuit Currents in High Voltage Substations". ELECTRA, No 12 1970
- 10.- CGEE ALSTHOM. "S/E San Gerónimo 800kV Conexiones Tensadas" C.V.G. EDELCA, Contrato 328.
- 11.- P. Haley, C. Walliams. "Expert System Development Requires Knowledge Engineering"Computer Design, VOL 25, No 4 1986, pp 83-88.
- 12.- Information Builders. LEVEL 5 OBJECT Versión 2.5 Manual de Referencia. 1992

FIGURAS.



FIGURA No.-1.Arquitectura Básica de un Sistema Experto.

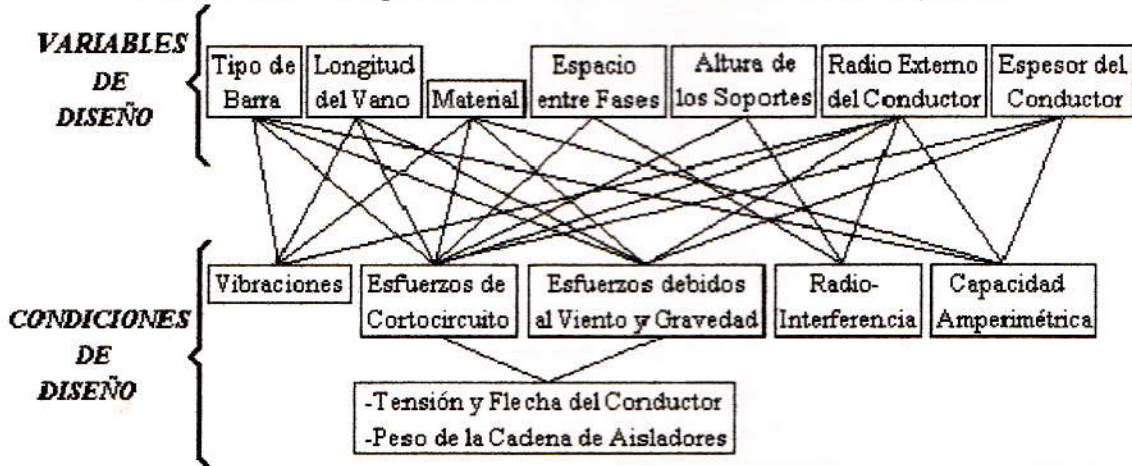


FIGURA No.-2. Relación entre Variables de Diseño y Condiciones de Diseño

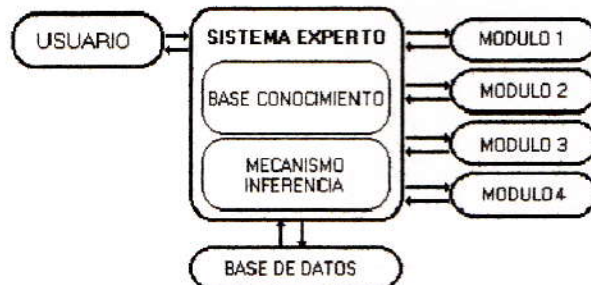


FIGURA No.-3. Estructura del Sistema Experto.

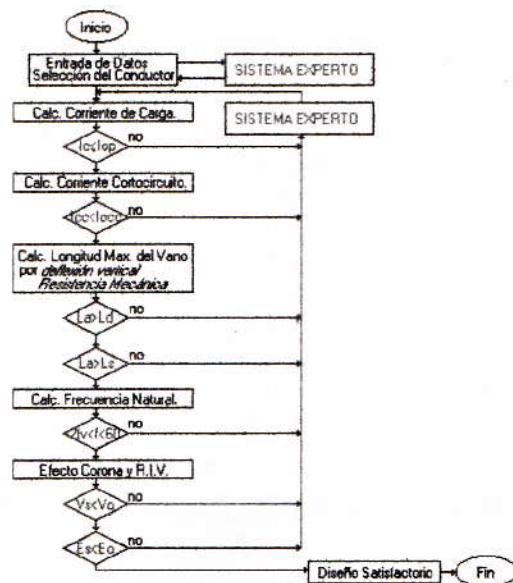


FIGURA No.-4. Procedimiento de Diseño de Barras Rígidas.

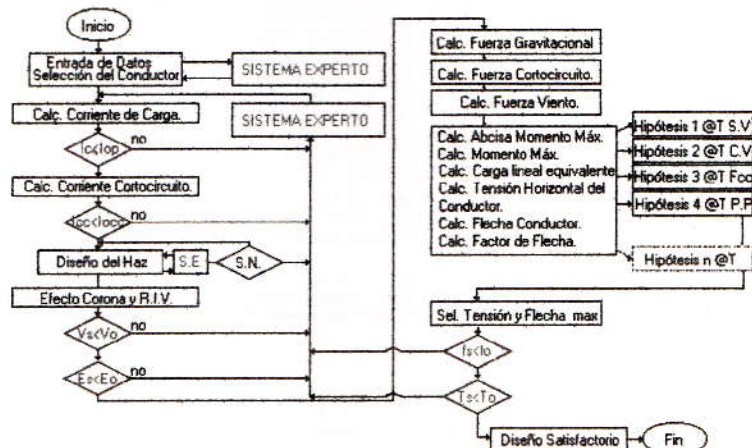
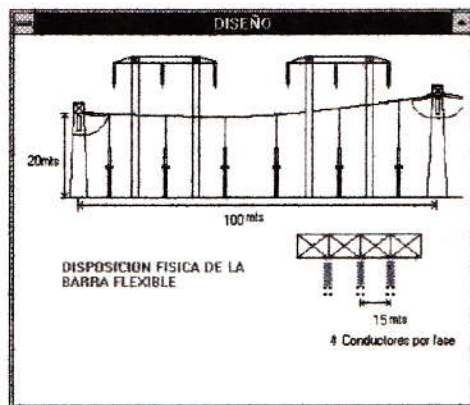


FIGURA No.-5. Procedimiento de Diseño de Barras Flexibles.

FIGURA No.-6.
Dimensiones Físicas de la Barra

SEIBAT

CONDUCTOR FLEXIBLE

mts	clase	No. Alambres	Diámetro Alambre (in)	Area (in²)	Peso (lb/m)	Resistencia a 20°C (lbw/ft)	Carga Ruptura (lb)	Diámetro (in)	Alcance
2	A	7	.0613	.0206	.0368	658	256	0.108	
4	A	7	.0772	.0326	.0580	414	400	0.232	
2	AAA	7	.0674	.0521	.0988	260	912	0.282	
1	AAA	7	.01093	.0057	0.1106	207	744	0.328	
1/2	AAA	7	.01226	.0029	0.1474	184	903	0.364	
3/2	AAA	7	.01379	0.0445	0.1899	130	1135	0.414	
3/2	AAA	7	.01548	0.1318	0.2343	103	1375	0.464	
4/2	AAA	7	.01739	0.1862	0.2967	81.7	1727	0.522	
250	A	7	.0189	0.1964	0.3463	68.1	2090	0.907	

ALL ALUMINUM CONDUCTOR BARE CLASSES AA, A, B, C

FIGURA No.-7.
Base de Datos de Conductores

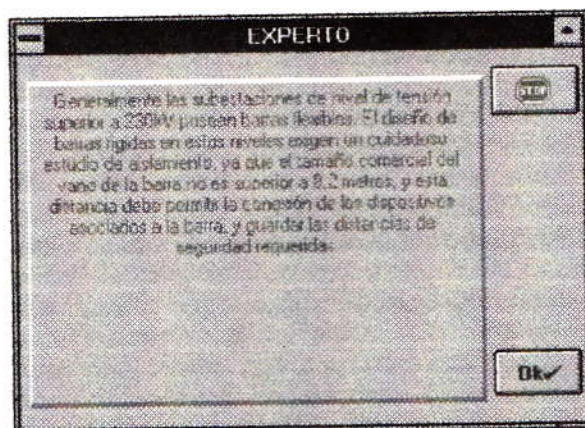


FIGURA No.-8. Ventana Experto.

SEDBAT

RESULTADOS ANALISIS AMPERIMETRICOS

	NORMAL	EMERGENCIA	
PERDIDA ENERGIA POR CONVECCION	17.3615	30.3631	Watts/pe
PERDIDA ENERGIA POR RADIACION	5.4295	10.9215	Watts/pe
GASTO EN CALOR SOLAR	5.5989	5.5989	Watts/pe
Temperatura Ambiente Prom. 30 °C, Temperatura Ambiente Min. 35 °C, Temperatura Ambiente Max. 25 °C			
Resistencia en Condiciones Normales	00001599	Ohm/Ale	
Resistencia en Condiciones de Emergencia	0000176	Ohm/Ale	
CAPACIDAD EN REGIMEN NORMAL (I _{nom})	1115.213855	A	
CAPACIDAD EN REGIMEN NORMAL (I _{prom})	1035.357	A	
CAPACIDAD EN REGIMEN NORMAL (I _{max})	1035.357	A	
CAPACIDAD EN REGIMEN EMERGENCIA (I _{nom})	1050.113884	A	
CAPACIDAD EN REGIMEN EMERGENCIA (I _{prom})	1424.2582	A	
CAPACIDAD EN REGIMEN EMERGENCIA (I _{max})	1425.694341	A	
CAPACIDAD EN CORTOCIRCUITO	70439.1108	A	

Ok

FIGURA No.-9. Resultados Amperimétricos

SEDBAT PANTALLA DE SALIDA MECANICA

HIPOTESIS DE CARGA

ESTADO INICIAL	
CONDICION DE CARGA INICIAL	Peso propio + Viento
TEMPERATURA	27 °C
TENSION	5009.26 Kg
FLECHA	4.71 mts
ESTADO HIPOTESIS 1	
CONDICION DE CARGA	Peso propio + Viento + Cortocircuito
TEMPERATURA	27 °C
TENSION	5617.7 Kg
FLECHA	4.73 mts
ESTADO HIPOTESIS 2	
CONDICION DE CARGA	Peso propio del Conductor
TEMPERATURA	27 °C
TENSION	3354.33 Kg
FLECHA	4.67 mts
ESTADO HIPOTESIS 3	
CONDICION DE CARGA	Peso propio del Conductor
TEMPERATURA	55 °C
TENSION	3178.23 Kg
FLECHA	4.92 mts
ESTADO HIPOTESIS 4	
CONDICION DE CARGA	Peso propio del Conductor
TEMPERATURA	88 °C
TENSION	3105.25 Kg
FLECHA	5.04 mts

FIGURA No.-10. Resultados Mecánicos