

87  
Lej



# Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO Y SELECCION DE EQUIPO  
ELECTRICO MEDIANTE COMPUTADORA

## T E S I S

Que para obtener el título de  
Ingeniero Mecánico Electricista  
en el Area de  
Sistemas Eléctricos y Electrónicos

p r e s e n t a n

EDUARDO PADILLA URANGA  
SALVADOR ARAGON FERNANDEZ



Director: M. I. Arturo Peón Zapata

México, D. F.

Agosto, 1987



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**INDICE**

# PROYECTO Y SELECCION DE EQUIPO ELECTRICO MEDIANTE COMPUTADORA

## INDICE

Pag.

<b>CAPITULO I GENERALIDADES</b>	<b>1</b>
I.1 La Importancia de la Energía Eléctrica _____	1
I.1.1 El Consumo de Energía Eléctrica en forma Residencial _____	1
I.1.2 El Consumo de Energía Eléctrica en forma Comercial _____	2
I.1.3 El Consumo de Energía Eléctrica en forma Industrial _____	4
I.1.4 La Importancia de las Instalaciones Eléctricas _____	5
I.1.5 Consideraciones básicas en el Diseño de las Instalaciones Eléctricas _____	6
<b>I.2 Computadora</b>	
I.2.1 La importancia y la Perspectiva de las Computadoras _____	6
<b>I.3 Las Instalaciones Eléctricas y las Computadoras _____</b>	<b>10</b>
I.3.1 La Ingeniería y las Computadoras _____	10
I.3.2 La Ingeniería Conceptual y las Computadoras _____	11
I.3.3 La Ingeniería Básica y las Computadoras _____	11
I.3.4 La Ingeniería de Detalle y las Computadoras _____	12
I.3.5 La Construcción y las Computadoras _____	13
I.3.6 Las Bases Legales de los Proyectos Eléctricos _____	13
I.3.7 La operación de las Instalaciones Eléctricas y las Computadoras _____	14
I.3.8 El mantenimiento de las Instalaciones Eléctricas y las Computadoras _____	14
I.3.9 EL PROPOSITO DE NUESTRA TESIS _____	15
<b>CAPITULO II EL PROYECTO DE INSTALACIONES ELECTRICAS Y LAS COMPUTADORAS</b>	
II.1 Introducción _____	17
II.2 La Ingeniería Conceptual y las Computadoras _____	17
II.2.1 Estimación de Cargas _____	19



II.2.2	Optimización	20
II.3	La Ingeniería Básica y las Computadoras	32
II.3.1	Estudios	33
II.3.2	Estudios de Flujos	35
II.3.3	Estudios de Estabilidad	35
II.3.4	Estudios de Armonicas	36
II.3.5	Estudios de Redes de Tierras	37
II.3.6	Estudios de Cargas	37
II.3.7	Estudios de Transitorios de sobre Voltaje	38
II.3.8	Estudios de Aterrizaje de los Sistemas de Potencia	39
II.3.9	Optimización de la Reactancia de Transformadores	40
II.3.10	El Editor de Redes	41
II.3.11	La Información de Motores y Cargas	41
II.3.12	La Información de Archivo de Configuración del Sistema	42
II.3.13	Información del Archivo de Elementos de Control	43
II.3.14	La Etapa de Identificación	43
II.3.15	La Etapa de Documentación	44
II.3.16	Modelo de Uso Optimo de Gabinetes	45
II.4	La Ingeniería de Detalle y las Computadoras	46
II.4.1	La Etapa de Verificación y las Computadoras	46
II.4.2	La Etapa de Cuantificación del Impacto de un Cambio	47
II.4.3	Computer Automated Design	48
II.4.4	CORETS	49
II.4.5	Cuadros de Cargas, Diseño de Circuitos de Alumbrado y de Motores	49
II.4.6	Detalles de Construcción	50
II.4.7	Generadores de Cables	50
II.4.8		51
II.4.9	Planos	51
II.4.10	Bitácoras y Documentación Oficial del Proyecto	52
II.4.11	Memorias de Cálculo	52
II.4.12	Seguimiento de Documentos y Permisos	53
II.4.13	Comunicación	53

### CAPITULO III. EL PROYECTO DE UNA INSTALACION ELECTRICA

III.1	Introducción	54
III.2	Propuesta de Proyecto	54
III.2.1	Carta de Presentación	54
III.2.2	Antecedentes	54
III.2.3	Alcance del Proyecto	55
III.2.4	Programación y tiempo de Entrega	56
III.2.5	Monto de los Servicios Profesionales	56
III.2.6	Forma de Pago	56
III.2.7	Gastos Reembolsable	57
III.2.8	Responsabilidades y Garantías	57
III.2.9	Exclusiones	57
III.2.10	Aclaraciones	57
III.3	Ingeniería Conceptual	57
III.3.1	Variables que generan las Alternativas	59
III.3.2	El Criterio de Diseño	62
III.4	Ingeniería Básica	62
III.4.1	Memoria de Cálculo	63
III.4.2	Diagrama Unifilar y Diagramas Lógicos	63
III.4.3	Arreglos de Equipo	64
III.4.4	Especificaciones y Listas de Equipo	64
III.4.5	Tableros de Conexiones Exteriores	65
III.4.6	Planos de Tierras	65
III.4.7	Documentos Oficiales	65
III.5	Ingeniería de Detalle	69
III.5.1	Simbología	69
III.5.2	Croquis de Localización	69
III.5.3	Cuadros de Cargas	69
III.5.4	Diagramas Unifilares	70

III.5.5	Diagramas de Fuerza	70
III.5.6	Planos de Alumbrado y Contactos	70
III.5.7	Planos de Tierras	70
III.5.8	Planos de Telefonía	71
III.5.9	Planos de Control e Interconexión	71
III.5.10	Lista de Verificación de Planos	71
III.6	Planificación y Administración de un Proyecto	94
III.6.1	Personal	94
III.6.2	Tiempos	95
III.7	Requerimientos Oficiales	96
III.7.1	Ante el Organismo Suministrador de Energía Eléctrica	96
III.7.2	Tramites ante la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial	102

#### CAPITULO IV APLICACION DE LA COMPUTADORA EN UN PROYECTO DE INGENIERIA ELECTRICA

IV.1	Introducción	113
IV.2	Curriculum Vitae	113
IV.3	Propuesta de Proyecto	113
IV.3.1	El Texto de la Propuesta	113
IV.3.2	Programación y Cálculo de Gastos	114
IV.4	Ingeniería Conceptual	115
IV.5	Ingeniería Básica	115
IV.5.1	Información	115
IV.5.2	Diagramas Unifilares, Diagramas Lógicos y Arreglos de Equipos	116
IV.5.3	Especificaciones y Listas de Equipo	116
IV.5.4	Estudios	117
IV.5.5	Tablas de Conexiones Exteriores	117

IV.6	Ingeniería de Detalle	118
IV.6.1	Diagramas Unifilares, de arreglos de Equipo, de Tierras, de Detalles y de Interconexiones	118
IV.6.2	Intersecciones	120
IV.6.3	Cuantificaciones de Obra	120
IV.6.4	El Editor de Redes	120

**CAPITULO V CONCLUSIONES** ..... 122

**APENDICE A MEMORIA DE CALCULO**

A.1	Indice de Memoria de Cálculo	124
A.2	Criterio de Diseño	125
A.3	Estimación de Cargas	132
A.4	Diseño de Alimentadores y Circuitos Derivados	134
A.5	Protecciones	139
A.6	Red de Tierras	146
A.7	Microfilm de la Memoria de Cálculo	

**APENDICE B PLANOS**

B.1	Lista de Planos	151
B.2	Diagrama Unifilar DU-1	
B.3	Cuadro de Cargas de la Imprenta CC-1	
B.4	Red General de Tierras RGT-1	
B.5	Instalación Eléctrica de Fuerza IEF-1	
B.6	Microfilm de los Planos	

**APENDICE C PROGRAMAS DE COMPUTADORAS**

C.1	Red de Tierras	152
C.2	Alimentadores	177

C.3	Circuitos Derivados	206
C.4	Fujos	232
C.5	Corto Circuito	259

	BIBLIOGRAFIA	274
--	--------------	-----

**CAPITULO I**  
**GENERALIDADES**

## CAPITULO I GENERALIDADES

### I.1 LA IMPORTANCIA DE LA ENERGIA ELECTRICA.

A veces se pierde el significado de lo que la energía eléctrica significa en nuestras vidas. No podemos imaginarnos el progreso de una nación sin energía eléctrica; al grado de que sin temor a equivocarnos, una persona que dispone de energía eléctrica, tiene a su alcance un grado de confort y comodidad que no tuvieron los reyes en la antigüedad.

Cuando revisamos las formas de consumo de energía eléctrica, las dividimos en: residencial, comercial e industrial.

#### I.1.1 EL CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA EN FORMA RESIDENCIAL.

Con objeto de establecer algunas bases sobre el uso o consumo de energía pondremos en primera instancia algunos ejemplos de uso o consumo de energía del hombre primitivo.

En primer lugar, calculemos la cantidad de energía que es capaz de almacenar un arco y comunicarle a una flecha. Si el arco requiere de una fuerza de 20 Kg y 50 cm de longitud, podemos decir que la constante de elasticidad del arco es:

$$K = f/x = 20 \cdot 9.81 / 0.5 = 392.4 \text{ N/m}$$

y por ello, la energía potencial almacenada es:

$$w = K \cdot x \cdot x / 2 = 392.4 \cdot 0.5 \cdot 0.5 / 2 = 49 \text{ J}$$

Si toda esta energía es transformada a energía cinética al disparar una flecha de 20 gramos, encontramos que la velocidad que puede alcanzar está dada por:

$$m \cdot v \cdot v / 2 = 0.020 \cdot v \cdot v / 2 = 49$$

de donde, la velocidad que alcanza sería  $v = 70 \text{ m/s}$ .

En segundo lugar, calculemos el consumo de energía que debe realizar un hombre para transportar desde el nivel del mar, la cantidad de agua que se requiere para la supervivencia de una familia en la ciudad de México. Si este consumo se estima que es de ocho cubetas (160 litros), el hombre realiza un trabajo de:

$$160 \text{ lt} \cdot 9.81 \text{ new/lt} \cdot 2400 \text{ m} = 3.8 \cdot 10^{**6} \text{ J}$$

Cuando recordamos que un foco de 75 W consume en un segundo 75 J, nos ha

ce pensar que la energía eléctrica pone a nuestra disposición en un solo foco, el equivalente a dos esclavos energéticos que aligeran nuestra labor en el área de la caza. Algo similar ocurre cuando nosotros recordamos que ese foco de 75 W, si está prendido todo el día, consume una energía de:

$$75 \times 24 \times 60 \times 60 = 6.48 \times 10^6 \text{ J}$$

que es mucho más que la que el hombre de nuestro ejemplo consume en transportar el agua para su supervivencia. Si se desea hablar de eficiencia, recordemos que el ciclo termodinámico del agua para efectos de generación de energía eléctrica, sólo nos permite una eficiencia del orden del 40%; y obviamente la eficiencia no es mucho mayor en los procesos energéticos considerados.

La importancia de la energía eléctrica, no puede quedar más manifiesta que cuando reconocemos el impacto que ha tenido su uso en el suministro de agua potable a poblados en el medio rural, o al mejorar la tecnología de alimentos, cuando por medio de un refrigerador nos permite conservarlos. Para ilustrar esta importancia, recordemos que a principios de siglo, la mortalidad infantil en el medio rural mexicano era aproximadamente de uno de cada dos niños; y en la actualidad, es de sólo seis al millar. Sería presuntuoso creer que esta reducción en la mortalidad es debida sólo a estos dos factores, pero nadie puede dudar de la participación tal vez mayoritaria de estos dos factores.

### I.1.2 EL CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA EN FORMA COMERCIAL.

La energía eléctrica desempeña un importante papel en la calidad de la vida del siglo XX. Desde el punto de vista de consumo de energía, existen varias formas de conversión de energía que constituyen la columna vertebral del desarrollo comercial: transporte, refrigeración, aire acondicionado, iluminación, drenaje (en el caso de la ciudad de México). En forma indirecta se encuentra en una multitud de servicios críticos: comunicaciones, en la salud, en el entretenimiento, etc.

Comunicaciones. Las comunicaciones en nuestro tiempo se han convertido en la base de muchos aspectos de nuestra sociedad. Es tan urgente esta necesidad que esta industria no esperó a que hubiera disponible energía barata para empezar a desarrollarse. Como se sabe, el telégrafo, fué la primera industria movida por baterías desde la tercera decena del siglo XIX. Esta industria siempre ha puesto un reto al desarrollo de la energía eléctrica, requiriendo siempre formas más compactas para almacenar o transformar energía. En la actualidad, los paneles solares son fundamentales para las comunicaciones vía satélite, y las estaciones terrenas, con frecuencia requieren de equipos que suministren energía eléctrica en lugares inaccesibles, lo que demanda diseños de fuentes de energía, aparte de compactos, con altos grados de confiabilidad.



Transporte. Como dice el historiador J. R. Hale, "no nos equivocamos mucho, probablemente, si calculamos en 25 Km el viaje más largo que por término medio, hacía la mayoría de la gente en toda su vida". Con objeto de establecer una referencia en este contexto, recordemos que la alimentación de un individuo es de 1800 a 3200 Kilocalorías. Por ejemplo, un individuo que pesa 75 Kg y come 3000 Kilocalorías (enfriar o calentar un litro de agua un grado centígrado requiere de una Kilocaloría, esto es, 4.19 KJ) puede, en teoría, transformar una energía de:

$$3000 \times 1000 \times 4.19 \text{ KJ}$$

en energía potencial, lo que le permitiría subir:

$$h = 12.59 \times 10^6 / (9.81 \times 75) = 17084 \text{ m}$$

esto es, subir dos veces el Everest en un día.

La forma en que la energía participa dentro de las sociedades, le permite al hombre amplificar el potencial del mismo hombre. Recientes estudios (Ver Scientific American del mes de Enero de 1986) muestran que un hombre puede desarrollar una potencia cercana a los 2 HP durante unos cuantos segundos, si se encuentran los dispositivos que permitan el pleno aprovechamiento de las fuerzas del individuo. Esta potencia que el hombre puede desarrollar se ve fuertemente reducida (0.25 a 0.5 HP) tratándose de lapsos de tiempo mayores durante los cuales el hombre debe mantener su potencial de desarrollo de trabajo.

Desde que en 1825 se establece en Gran Bretaña la línea férrea de Stockton a Darlington, el transporte ha permitido establecer el principio de integración nacional entre individuos que consumen lo que otros producen.

Basta entonces recordar que la tecnología de nuestra época pone al servicio del hombre, en un elevador, una potencia cuarenta veces mayor a la que puede desarrollar en su mejor momento, o si se trata de un transporte masivo como el del metro, pone una potencia del orden de 250 veces mayor que la que él puede desarrollar.

Calefacción, Calentamiento, Aire Acondicionado y Refrigeración. Estos procesos, aún cuando para llevarlos a cabo requieren de equipos diferentes, son en esencia, de la misma naturaleza, e implican una transferencia de energía.

El hombre, puede entregar al ambiente entre 40 y 75 Kcal por hora para ser disipados. En algunos países, suministrar esta energía es fundamental para la supervivencia.

Iluminación. Una estrecha relación se establece entre los niveles de iluminación y las labores a realizar. Así, la IES (Illuminating Engineering So

ciety) ha establecido los niveles de iluminación apropiados para cada labor. Las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas, establecen que para este propósito debe considerarse una potencia de 5, 10, 20 ó 30 W/m<sup>2</sup>, según el tipo de actividad.

### I.1.3 EL CONSUMO DE ENERGIA EN FORMA INDUSTRIAL.

La siguiente tabla indica la cantidad de energía requerida por unidad de producto:

#### KILOWATTHORAS POR LIBRA DE PRODUCTO

Gasolina	.0015
Dioxido de Sulfuro	.002
Glicerina (de jabón)	.005
Fosfato de Amonio	.006
Acido Sulfúrico	.016
Formaldehido	.030
Fosfato Trisódico	.038
Cemento Portland	.050
Oxido de Etileno	.070
Alumina ex Bauxita	.090
Acido Nítrico	.180
Alcohol Etilico	.300
Acero Eléctrico	.330
Disulfuro de Carbón	.450
Hexacloruro de Benceno	.600
Cloruro de Amonio	.750
Acido Fosfórico (horno eléctrico)	1.800
Rayón	2.500
Sodio	4.700
Magnesio Electrolítico	8.000
Aluminio	9.000

#### POR UNIDAD DE PRODUCTO

DESCRIPCION	KWH	UNIDAD
Automóvil	1050	cada uno
Alfombras	1787	1000 m <sup>2</sup>
Papel:		
de pulpa	384	ton
mecánico	575	ton
Hierro Fundido	25	ton
Zapatos	472	1000 pares
Acero	227	ton

POR UNIDAD DE PRODUCTO  
(CONTINUACION)

DESCRIPCION	KWH	UNIDAD
Azúcar:		
Remolacha	154	ton de azúcar
Caña	220	ton de azúcar morena
Tabaco:		
Cigarrillos	200	Millón
Puros	8100	Millón

I.1.4 LA IMPORTANCIA DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS.

Los argumentos anteriores sirven para concientizar la importancia de la energía en nuestras sociedades; y en forma particular la de la energía eléctrica. No es exagerado decir que la economía de un país y el consumo de energía eléctrica están íntimamente relacionados. Desde la invención de la máquina de vapor por Newcomen, el consumo de energía del mundo demanda de la naturaleza mucho más de la que ésta puede producir en formas renovables de energía. Desde principios del siglo pasado, el hombre no puede vivir "sólo de los intereses, sino también del capital", o sea, de los recursos de la naturaleza

Desde la invención del motor eléctrico por Faraday, la energía eléctrica ha penetrado en la sociedad industrializada. Las razones por las cuales esta forma de energía ha penetrado tan profundamente en nuestras sociedades, se debe a sus características únicas: Está disponible instantáneamente, se transmite fácilmente y es fácilmente controlable.

Las instalaciones eléctricas son la infraestructura para la producción, la transmisión, la distribución y la utilización de la energía eléctrica. Después de conocer el papel que desempeña en nuestras sociedades, es difícil comprender porque muchas personas no le dan su verdadera importancia.

Un mal proyecto o construcción de una instalación eléctrica, continuamente se hará presente en forma de obstáculos a las operaciones normales de una planta, comercio o residencia. La falta de continuidad en las operaciones de la empresa es más costosa que la instalación eléctrica misma y que el consumo de energía; las instalaciones eléctricas deficientes pueden causar la muerte de las personas y también pueden producir catástrofes como incendios, que convierten en escombros y cenizas un inmueble, un hogar o una fábrica. Las instalaciones eléctricas deficientes dan una mala imagen de una empresa ante el público: elevadores que no funcionan, computadoras y servicios fundamentales de una empresa que se vuelven poco confiables e intermitentes, etc.

### I.1.5 CONSIDERACIONES BASICAS EN EL DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS.

Por las razones expuestas anteriormente, las instalaciones eléctricas deben proyectarse sobre los siguientes criterios:

#### I.1.5.1 SEGURIDAD.

La protección a la vida humana y la preservación de la propiedad son dos de los aspectos más importantes que deben considerarse en el diseño de las instalaciones eléctricas. Desde el punto de vista ético, sólo debe tomarse en cuenta el diseño del sistema más seguro. Este principio impacta principalmente al dimensionamiento de los equipos, a sus distancias mínimas y al tipo de maniobras involucradas.

#### I.1.5.2 CONFIABILIDAD.

Dependiendo del giro de la industria, y de su tipo de manufacturas o procesos involucrados, se requiere de un mayor o menor grado de continuidad en el servicio. Por esto, la instalación debe diseñarse de forma que las fallas puedan aislarse (coordinación de protecciones) de modo que causen el menor daño a la instalación (selectividad), tomando en cuenta la continuidad del servicio que se requiere y su respectivo costo de operación. Los criterios derivados de este principio, impactan principalmente al número de componentes y al esquema base sobre el cual descansa un diseño (vgr. radial, secundario selectivo, etc.).

#### I.1.5.3 SIMPLICIDAD DE OPERACION.

Para el buen funcionamiento de la planta o inmueble, debe considerarse en el diseño a la instalación eléctrica eficaz y sencilla como sea posible. Este principio impacta el diseño de la instalación en el tipo de maniobras que debe desarrollar el personal de operación, la similitud con otras instalaciones en el área, etc.

#### I.1.5.4 FLEXIBILIDAD.

La instalación eléctrica deberá poder acompañar a la evolución natural de la empresa que ocupe al inmueble en cuestión. La flexibilidad de una instalación eléctrica se manifiesta principalmente en la capacidad de crecimiento y adaptación de ésta a los requerimientos de la empresa. El principal efecto de este principio sobre el diseño de una instalación eléctrica es en el tipo de instalación, vgr. enchufables, etc. Es por ello que se hace énfasis en el uso y empleo de unidades standard, espacios diseñados de modo que sean completos desde un punto de vista funcional, y que permitan un crecimiento tipo "bi partición celular".

#### I.1.5.5 REGULACION DE VOLTAJE Y CAPACIDAD DE CORTO CIRCUITO.

Aún cuando la aplicación simultánea de estos dos principios pueda dar un cierto grado de antítesis en el principio, a una mayor capacidad de corto circuito corresponde una mejor regulación de voltaje. Puede tratar de formularse el problema técnico, como encontrar la solución que permita mantener un voltaje dentro de ciertos límites que permitan la operación del equipo eléctrico sin sacrificar su vida útil, con el menor nivel de corto circuito. El impacto de la aplicación de este principio en el diseño de la instalación eléctrica, es en primer lugar sobre el voltaje y ciertas características del equipo de transformación.

#### I.1.5.6 MANTENIMIENTO.

La instalación eléctrica sufrirá desperfectos a lo largo de su vida útil. Al considerar que a todos los equipos debe dárseles mantenimiento, debe darse una cuidadosa consideración al espacio en que se ubican: espacio para entrar y salir del lugar, espacio y acceso para su inspección, espacio para seguridad y maniobra con equipos energizados, así como espacio para colocar rotores, etc. durante el mantenimiento.

#### I.1.5.7 SELECCION ECONOMICA.

Obviamente, al hablar de inversión, se piensa en LA INSTALACION DE INVERSION MINIMA. La experiencia ha demostrado que ésta no es la que a la larga es más económica. Al considerar la teoría del valor presente, la llamada tasa interna de retorno, es un parámetro de lo más resbaladizo, ya que una variación de 8 a 12% de tasa interna de retorno, puede hacer cambiar un esquema secundario selectivo, a uno radial. El problema de la inversión inicial, afecta fundamentalmente al voltaje, a la capacidad de expansión y a la calidad de los equipos que se seleccionen.

### I.2 COMPUTADORAS.

#### I.2.1 LA IMPORTANCIA Y LA PERSPECTIVA DE LAS COMPUTADORAS.

Si los coches hubieran alcanzado los logros que la industria electrónica ha alcanzado en las últimas tres décadas, -dice la revista ComputerWorld-, un Rolls Royce costaría dos dólares y medio, y caminaría un millón de kilómetros por litro de gasolina. Este comentario, que no es exagerado si se revisa el consumo de energía eléctrica de los circuitos integrados en gran escala con respecto a los desarrollados a principios de la década de los cincuenta, ilustra parte de las perspectivas de lo que bien puede constituir una división de la historia: antes y después de las computadoras.

En las casi cuatro décadas que tiene de existir la computadora, esta herramienta ha encabezado lo que podríamos llamar varias revoluciones: la del

proceso numérico, la del proceso de datos, la de los sistemas, la de la memoria masiva o social, la de control, la de gráficas, la de comunicaciones y la de inteligencia artificial.

#### I.2.1.1 LA REVOLUCION NUMERICA.

Bajo este rubro cubrimos las aplicaciones iniciales de las computadoras, para aprovechar la velocidad a la que esta máquina es capaz de hacer operaciones, ayudando de esta manera a quitar una barrera casi física que impedía el avance en ciencias, y permitiendo la solución numérica de grandes sistemas de ecuaciones no lineales, diferenciales, en diferencias, etc. Otra aplicación típica de esta época es la de la simulación de sistemas, tanto del tipo continuo como del aleatorio, heurístico o discreto. La computadora participa de esta manera en los viajes espaciales, en el modelado de sistemas de potencia, en cálculos estructurales complejos, etc.

#### I.2.1.2 LA REVOLUCION DEL PROCESO DE DATOS.

Las grandes compañías procesan en esta época, grandes volúmenes de información relacionados con aspectos administrativos, soportados en la evolución de los periféricos que traen consigo la memoria masiva. Son típicos de esta época los sistemas de nóminas, contabilidad, etc. dentro de las empresas. Es en esta época cuando nace el concepto de procesamiento electrónico de datos.

#### I.2.1.3 LA REVOLUCION DE LOS SISTEMAS.

Muchas aplicaciones de procesamiento de datos empiezan a fracasar, pues al implantarse dentro de las empresas se da un proceso de reacción, parte debido a la imprevisión del crecimiento de los programas de proceso de datos, al no contemplar todo lo que debieran, y parte debido a la fuerte reacción humana despertada en la conciencia de los trabajadores temerosos de perder su empleo. Se desarrolla el enfoque de sistemas -se dice que iniciado por Bertalanffy- y esta forma de ver "sistemáticamente" el medio ambiente de una aplicación, deriva en una forma de integrar en un solo programa de computadora, muchas aplicaciones en forma coherente, utilizando un "banco común" de datos.

#### I.2.1.4 LA REVOLUCION DE LA MEMORIA SOCIAL.

El crecimiento de la información obliga al desarrollo de programas de computadora que ayuden a administrar los datos e integrarlos en formas coherentes. Se desarrollan las llamadas "BASES DE DATOS", bajo varios modelos físicos: los de estructuras jerárquicas, de red, y finalmente las llamadas relacionales. Esta evolución empieza a desembocar en conjuntos de computadoras interconectadas para dar una multitud de servicios, que van desde controlar en forma electrónica la transferencia de fondos, agencias de noticias por computadora, solicitudes de servicios -como compras, reservaciones de hoteles y aviones, etc.-. Esta interconexión de computadoras, se hace bajo dos principios: el del proceso distribuido y el de la coherencia de la información.

La cantidad de información que en las sociedades primitivas se podía tener es la que se transmitía en forma verbal entre dos generaciones, conocimiento que puede llamarse en forma justificada como "vivo", pues siempre residía en el cerebro de alguno de los sabios del consejo. Con la invención del papel, existe la manera de convertir en "muerto" un conocimiento. Ahora con las computadoras, podemos cuestionar a una base de datos para convertir en "vivo" a un conocimiento "muerto".

#### I.2.1.5 LA REVOLUCION DEL CONTROL.

Con la llegada de los microprocesadores, se puede decir que se abre la posibilidad de que estas "briznas de inteligencia" participen en forma integrada en todas las cosas que hacemos y usamos. Empiezan a desarrollarse sensores y elementos de control, hasta llegar al llamado "control digital directo", en que una máquina se comporta tal como el programa de computadora lo desea, ya que tanto los sensores como los actuadores se conectan en forma directa a la computadora. Aún cuando esta revolución empieza en la industria, el momento pleno de esta revolución es cuando alcanza el hogar, empezando por el horno de microondas, la computadora personal, la mezcla apropiada del combustible en el coche, los juguetes, el control de consumo de energía en la casa, encargándose de labores humildes y no tan humildes.

#### I.2.1.6 LA REVOLUCION DE LAS GRAFICAS.

Desde principios de la década de los sesenta, se intentan desarrollar dispositivos que permitan generar gráficas en forma integrada con las computadoras. Los esfuerzos que se desarrollaron con este fin abrieron nuevas fronteras en el empleo de la computadora: Dibujo interactivo por computadora, Diseño de ingeniería por computadora, Manufacturas por computadora. Los algoritmos para sombreado y remoción de líneas, así como la animación de gráficas por computadora, han desembocado en aplicaciones que van desde el diseño gráfico hasta los llamados videojuegos. Es importante anotar que uno de los factores más significativos por los cuales la computadora ha penetrado en los hogares es gracias a sus facilidades de gráficas y un principio de dinamización de éstas, ya que abre lo que bien puede significar el principio de una revolución de la forma en la que actualmente se desarrolla el trabajo y la educación.

#### I.2.1.7 LA REVOLUCION DE LAS COMUNICACIONES.

Siempre han estado latentes los principios de una comunicación con o entre personas gracias a las computadoras. En la actualidad, es posible tener la posibilidad de interactuar a una o varias personas en una conferencia en diferentes partes del mundo; como es posible conseguir la asesoría de un experto en Japón, sin tener que despalazarlo a Laguna Verde, viendo las dos personas el mismo plano.

También en la actualidad, es posible poner en contacto a personas que participan en los mismos intereses, o mantener un juego de ajedrez con una persona en el otro confín del mundo. En forma indirecta, es posible que un ejecutivo ya no requiera una secretaria, pues con oprimir una tecla, puede responsabilizar a una computadora para que le efectue una llamada telefónica o consultar si una sala de conferencias está desocupada a cierta hora y reservarla para una junta con sus subordinados, y enviarles a las personas interesadas un mensaje a sus respectivos calendarios para que asistan a dicha reunión. Mediante el llamado correo electrónico, es posible pensar en reducir en forma sustancial el papel para cualquier fin; Puedo redactar un informe, clasificarlo, enviarlo a revisión por los interesados. Ellos al recibirlo, pueden modificarlo y remitirme sus comentarios con un solo teclazo, así como archivarlo bajo los términos que más les convengan.

#### I.2.1.8 LA REVOLUCION DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

En el estado actual del desarrollo de la inteligencia artificial, es posible tener una comunicación oral con una computadora, así como pedirle que reconozca patrones, como pueden ser los de los lectores ópticos, o cualquier otro tipo de imágenes. También es posible mediante la inteligencia artificial, desarrollar los llamados sistemas expertos, poniendo al alcance del lego, un conjunto de conocimientos extraordinarios de cualquier disciplina.

#### I.3 LAS INSTALACIONES ELECTRICAS Y LAS COMPUTADORAS.

Las computadoras tienen en la actualidad el papel de cerebro en las instalaciones eléctricas tanto industriales, como comerciales y residenciales, aunque hay que reconocer que en México no en un grado tan profundo. En la actualidad participan en un sinnúmero de actividades, que van desde la protección de las instalaciones eléctricas hasta el control de alumbrado para un uso eficiente de la energía; desde la robótica industrial hasta el control de acceso a los edificios; desde el monitoreo de seguridad en las instalaciones de emergencia hasta el control de elevadoras y aire acondicionado.

Pero no es en este momento este tipo de aplicaciones las que llaman nuestra atención, sino el uso de las computadoras en el campo de la ingeniería de instalaciones eléctricas en lo que estamos interesados.

#### I.3.1 LA INGENIERIA Y LAS COMPUTADORAS.

El término "ingeniero", contrariamente a lo que muchos piensan, no se deriva de la palabra "ingenio", sino de la palabra "engineer", que en una traducción bruta del inglés significa el hombre de las máquinas. Mucho de este significado se ha perdido. En nuestro caso, deseamos utilizar a una máquina para aumentar la productividad del ingeniero en la producción de proyectos de ingeniería eléctrica, independientemente de que sean industriales, re



sidenciales o comerciales. Es indudable que existen puntos de vista comunes con otras disciplinas de ingeniería que participan en el desarrollo y construcción de una instalación, disciplinas como lo son tradicionalmente las de proceso, tuberías, arreglo de equipos, instrumentación y control, mecánica, civil y eléctrica.

Una primera división de las instalaciones eléctricas, basada fundamentalmente en su desarrollo cronológico, es el de proyecto, construcción, operación y mantenimiento de la instalación en cuestión.

Hemos encontrado útil descomponer la etapa de proyecto o ingeniería, en: ingeniería conceptual, básica y de detalle, ya que respeta barreras naturales que se encuentran en el grado de especialidad que se requiere para cada una de las disciplinas, y porque respeta los procesos o tanto naturales de toma de decisiones administrativas, como de adquisición de equipo y que va permitiendo en cada etapa la introducción de más personal, conforme a la magnitud de las tareas que se van emprendiendo.

### I.3.2 LA INGENIERIA CONCEPTUAL Y LAS COMPUTADORAS.

El objeto de la ingeniería conceptual, como su nombre lo indica, es el de determinar un esquema sobre el cual descansa el desarrollo del proyecto. En principio, se elaboran anteproyectos viables con una precisión de costo del 30% cada una de ellas, en donde se estudia la influencia del medio ambiente sobre la instalación eléctrica, y el de ésta sobre el medio ambiente productivo. Decisiones como si se compra energía o se produce; si se requiere energía de emergencia o no; tamaño máximo de los equipos principales; estudios de confiabilidad de la red y alternativas de suministro de energía; número de subestaciones y magnitud aproximada de las cargas; posibilidades de expansión y crecimiento de la carga; inversión requerida y justificada de acuerdo a la energía esperada no suministrada; magnitud del espacio; estrategia del suministro energético; disponibilidad en tiempo de equipos principales y permisos legales para operar; alternativas de control, medición y protección, etc. Este proceso puede ser desarrollado con muy poco personal, altamente capacitado y conocedor del tipo de industria de la que se trata.

La principal forma en que la computadora puede participar en esta etapa, desde nuestro punto de vista, es mediante la utilización de la computadora en su capacidad numérica para resolver problemas que en esta etapa pueden ser de simulación, de programación matemática, de modelos energéticos de información de cargas y su comportamiento, así como de costos aproximados de equipo y sus estadísticas de confiabilidad.

### I.3.3 LA INGENIERIA BASICA Y LAS COMPUTADORAS.

El objetivo de esta etapa de ingeniería es la de obtener las especificaciones

caciones del equipo mayor para su adquisición, de modo que el proyecto sea viable tanto económica como técnicamente. Se estima que para ser útil esta etapa de ingeniería, los costos del proyecto deben estar dentro del 10% de precisión, los tiempos de construcción y proyecto, deben ser precisos dentro del 10% del tiempo estimado de su duración, y el proyecto debe integrar en forma "óptima" a los diferentes equipos que participan en el proyecto para dar una vida útil esperada de las máquinas de por lo menos 30 años a su plena capacidad.

Escoger como salida de esta etapa de ingeniería a las especificaciones de equipo mayor, establece una barrera natural en los procesos de selección y adquisición de equipo. Permite convocar a concurso a diferentes constructores y fabricantes, así como el asentar los pedidos, pagar anticipos, etc. permite conocer la inversión del equipo con un grado de precisión, solamente limitado por la incertidumbre que se permita en las ofertas de concurso. Si las especificaciones en ese sentido son claras y completas, esta etapa de ingeniería termina con la adquisición del equipo.

La forma en que las computadoras pueden ayudar en esta etapa, es con el apoyo de todos los modelos electrotécnicos tradicionales en primer lugar. En segundo lugar, la revolución del procesamiento de datos empieza a participar en el proceso de especificaciones, listas de equipos y materiales, dándole coherencia e integridad a la información, así como aprovechando información de proyectos anteriores. La computadora puede ayudar en el dibujo de los diagramas unifilares y los de arreglos preliminares de equipo. Finalmente puede ayudar en la evaluación y selección de equipo, computando diferencias de lo solicitado con respecto a lo ofertado, y dándole seguimiento a tales diferencias. Ayuda en el control de contratos, anticipos, y seguimiento de entrega de información para construcción de equipos.

#### I.3.4 LA INGENIERIA DE DETALLE Y LAS COMPUTADORAS.

El objetivo de esta etapa, es obtener los planos para construcción actualizados "tal como fué construida la instalación". La cuantificación de materiales, de volúmenes de obra, su control y seguimiento para efectos de calidad, son parte de los problemas que se tienen. Se maneja un gran volumen de información por parte de fabricantes, integrando planos y resultados de diferentes disciplinas. La cantidad de personal que participa en esta etapa del proyecto, es grande, y el proceso se simplificaría si los cambios al proyecto durante la construcción o el mismo proyecto, fueran pocos.

La forma en que la computadora puede participar mejor en esta etapa es aprovechando su capacidad de mantener integrada a la información, así como su capacidad para comunicarla a las personas interesadas. Mediante simulaciones, o "walkthrough" del proyecto, muchas interferencias pueden evitarse. Si se dispone del equipo, estas reuniones pueden hacerse más productivas si se cita, a través de la computadora, al personal requerido y para el problema requerido.

Cada cambio al proyecto que sea importante, puede invocar a una serie de rutinas que verifiquen que en el tablero o subestación existe capacidad, etc. Cuando se trata de cambios en los equipos menores, es posible verificar los diseños de los Centros de Control de Motores, para ver si dan la flexibilidad de acomodar éste o aquel motor adicional, así como de generar automáticamente los reportes y órdenes de cambio de ciertos equipos.

### I.3.5 LA CONSTRUCCION Y LAS COMPUTADORAS.

Este rubro en si mismo es toda una especialidad, y en México ha significado un reto introducir una computadora en forma exitosa en una construcción de cierta envergadura. Sabemos que existen computadoras especializadas y dedicadas a este propósito tan sólo con el ánimo de controlar el proyecto desde un punto de vista contable y constructivo.

Desde el control de proyectos por especialidades y frentes -a manera de ejemplo citaremos que el pronóstico de ingenieros para la construcción de Laguna Verde era de 18000, y en la realidad no se pasó de 8700- con identificación de recursos, rutas críticas, y sus resúmenes para los niveles ejecutivos, así como de los presupuestos ejercidos; hasta los procesadores de costos de proyectos, que pretenden asociar cada material empleado en cada ciclo a cuatro o cinco estructuras jerárquicas de control ya sea financiero, contable o de avance del proyecto.

Algunos de estos sistemas integran el control de partes, materiales y equipo requerido por el proyecto. Se recopilan los datos necesarios para medir la productividad, llegando a sacar reportes para las labores diarias del personal.

Según consultas que hemos realizado -y nuestra experiencia coincide- es que, por buenos que sean estos sistemas, por alguna razón no se integran con éxito en México. Ya sea porque no se cuenta con la información de productividad de las labores a realizar para hacer que los programas de trabajo sean realistas, o porque no se cuenta con una base de información de costos que permita cumplir un pronóstico de costos en forma aproximada, pero a manera de ejemplo, el antropólogo Miller, en un estudio que hizo en 1968 en la Comisión Federal de Electricidad ya apuntaba sobre los retrasos sistemáticos y sobrecostos de hasta 1000% en la construcción de plantas hidroeléctricas.

### I.3.6 LAS BASES LEGALES DE LOS PROYECTOS ELECTRICOS.

Los proyectos eléctricos, deben cumplir con normas de seguridad, que garanticen la integridad de las personas y de las instalaciones. En el caso de México, estas normas se conocen como las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas, editadas por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial y como el mismo reglamento lo indica, establece las normas MINIMAS de seguridad, para el proyecto y la construcción de instalaciones eléctricas.

### I.3.7 LA OPERACION DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS Y LAS COMPUTADORAS.

Es innegable el impacto de las computadoras en la operación de los sistemas eléctricos, ya sea de potencia o industriales. Desde el control de sistemas en tiempo real, (como el del Centro Nacional de Control, dependiente de la Comisión Federal de Electricidad, que ha sido desarrollado incorporando tecnología del Instituto de Investigaciones Eléctricas), hasta el de telemedición y control de plantas industriales (como los proyectos de control de coladas continuas de HYLISA). Resulta obvio que hasta las instalaciones eléctricas comerciales y residenciales en México, irán sintiendo el impacto de esta tecnología en su operación normal; así encontraremos desde controladores lógicos programables aplicados al control de iluminación para un uso racional de energía, hasta en la automatización de plantas generadoras (ver como ejemplo, al proyecto COSEX del Instituto de Investigaciones Eléctricas).

Como puede notarse en los ejemplos anteriores, es difícil lograr explicar dentro de lo que tradicionalmente significa el término "instalaciones eléctricas" con aplicaciones integradas de telemedición y control de elementos de potencia y otros términos relacionados con computadoras y sus aplicaciones. Nosotros pensamos que para nuestro objeto esta división es un tanto artificial. A manera de argumento diremos que en algunos países como en Suecia, no se establecen diferencias semánticas entre los ingenieros eléctricos que se dedican a lo "eléctrico" y a lo "electrónico".

### I.3.8 EL MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS Y LAS COMPUTADORAS.

Tradicionalmente el mantenimiento de las instalaciones eléctricas implica una serie de trabajos de registro con el objeto de tener niveles de referencia que permitan anticipar la falla de un cierto equipo. En fechas recientes, la tendencia en el mantenimiento de equipos eléctricos y sus respectivas instalaciones es hacer correr una serie de rutinas de prueba de cada uno de los elementos actuadores que deben reflejar en sus respectivos elementos sensores, las variaciones correspondientes; lo que es producto en primera instancia de la aplicación del control digital directo a los procesos o máquinas en cuestión.

Esta tendencia explica también la introducción de equipo para autodiagnóstico en caso de falla. Así encontramos una serie de analizadores industriales de diversa índole, y de propósito general, para diagnosticar desde motores hasta conexiones de baterías en sistemas de UPS, con sus respectivas tomas de lecturas para efectos de registro.

En un primer nivel, la computadora puede auxiliar en la emisión de órdenes de trabajo para mantenimiento preventivo o correctivo, y coadyuvar con la evaluación de los costos de mantenimiento en primera instancia. (Es impor

tante conocerlos para poder determinar no sólo que máquinas requieren reem plazo, sino también para justificar desde un punto de vista económico formas más avanzadas de mantenimiento e instrumentación). La computadora puede encargarse de llevar los registros de la maquinaria y en forma rutinaria, comparar las lecturas actuales con las anteriores, y de acuerdo a algún algoritmo heurístico, anticipar acciones correctivas.

### I.3.9 EL PROPOSITO DE NUESTRA TESIS.

El panorama descrito con anterioridad es verdaderamente amplio, y representa una invitación o reto para el profesional de hoy en día para enfrentar el futuro de nuestra sociedad. Hemos pasado varios años antes de poder elaborar esta tesis, pues nos hemos propuesto algo, que desde el principio era muy ambicioso, y es el de desarrollar por microcomputadora proyectos eléctricos. Para cumplir nuestro objetivo, primero aprendimos a diseñar instalaciones eléctricas industriales y comerciales, lo cual nos hizo pasar por todas las experiencias de conseguir los contratos para elaborar proyectos que fueran creciendo en complejidad. Luego aprendimos un lenguaje de computadora y desarrollamos o utilizamos programas de computadora a nuestro alcance para sacar la producción a la que nos habíamos comprometido. Vimos en un primer plano los puntos a los cuales conviene dedicar esfuerzo para manejar los proyectos de la magnitud que nosotros desarrollamos. Al final, hemos tratado de describir un marco coherente en el cual, futuros esfuerzos en esta área, podrían resultar productivos. Es mucho el trabajo que hemos realizado, y lamentablemente, tal vez no logremos transmitir todo lo útil de nuestras experiencias. Obviamente nuestros recursos son muy inferiores a los que en realidad se necesitan para culminar nuestro esfuerzo en el nivel en el que nosotros lo deseamos. Pero hemos decidido llegar hasta donde estamos, ser nosotros los que con nuestro empeño y hasta la magnitud de nuestras posibilidades los que construyamos nuestro propio camino.

#### I.3.9.1 UN MARCO DE REFERENCIA DE COMO LA COMPUTADORA PUEDE AYUDAR EN EL PROYECTO DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS.

En el capítulo II, desarrollamos el panorama que nosotros alcanzamos a visualizar, de como una computadora o microcomputadora, puede en nuestro medio, participar en las diferentes etapas del proyecto de una instalación eléctrica, tal como se entiende en México. Es importante anotar que en este capítulo se formulan y en algunos casos se resuelven problemas originales, o se bosquejan diseños de sistemas que pueden coadyuvar en el propósito de mejorar la calidad y la productividad de los proyectos que desarrollamos en el futuro, y que pueden ser de ayuda a otra persona que le interese el tema.

#### I.3.9.2 DESARROLLO DE UN PROYECTO DE UNA INSTALACION ELECTRICA CON EL AUXILIO DE UNA MICROCOMPUTADORA.

Desde el año de 1985 hemos empezado a desarrollar proyectos e instala-

ciones eléctricas, que han ido creciendo en magnitud y complejidad, empezando en una forma participativa, hasta terminar en una forma directiva o ejecutiva, tanto desde el punto de vista técnico como a últimas fechas desde el punto de vista administrativo. De particular importancia en nuestro camino ha sido nuestra participación en la construcción de instalaciones para un edificio, para un hospital, terminando con la automatización de una planta de asfalto y dos proyectos para dos fábricas. En los apéndices A y B, presentamos la memoria de cálculo y los planos, respectivamente, de un proyecto de una instalación eléctrica, mismo que elaboramos con los programas de computadora que desarrollamos o utilizamos, y cuya codificación se anexa en el Apéndice C.

Tal vez, no sea el caso más representativo del nivel que alcanzamos en algunas áreas, pero sí el ejemplo más acabado y completo.

**CAPITULO II  
EL PROYECTO DE  
INSTALACIONES  
ELECTRICAS Y  
LAS COMPUTADORAS**

CAPITULO II  
EL PROYECTO DE INSTALACIONES ELECTRICAS  
Y LAS COMPUTADORAS

II.1 INTRODUCCION.

Si revisamos los conceptos dados sobre ingeniería conceptual, ingeniería básica y de detalle, encontraremos que es muy útil transformar los objetivos que persigue cada etapa de ingeniería de modo que queden plasmados en una serie de documentos a obtener en cada una de dichas etapas. Pensando en producir cada uno de dichos documentos con alta calidad y con alta productividad, es posible imaginar lo que cada una de las "revoluciones computacionales" puede aportar a cada etapa de ingeniería, en forma matricial, tal como lo ilustra la siguiente figura:

REVOLUCION	INGENIERIA CONCEPTUAL	INGENIERIA BASICA	INGENIERIA DE DETALLE
Numérica			
Proceso de Datos			
Sistemas			
Memoria Social			
Control			
Gráficas			
Comunicaciones			
Inteligencia Artificial			

II.2 LA INGENIERIA CONCEPTUAL Y LAS COMPUTADORAS.

Como antes se indicó, en esta etapa de ingeniería es necesario evaluar un conjunto de alternativas diseñadas para satisfacer a un conjunto de cargas dadas, con objeto de tomar una decisión sobre los conceptos importantes sobre los que deberá desarrollarse la instalación eléctrica. Los principales problemas a atacar en esta etapa son:

Cargas. Localizarlas en un layout, determinar la carga de la planta, su naturaleza y su magnitud, estimar el alumbrado, el aire acondicionado. Elaborar un survey. Investigar cargas inusuales, arranque de grandes motores, o-



peración de hornos electrónicos, equipo electrónico de potencia, cargas que deban estar en operación bajo toda condición, cargas que tengan algún ciclo de carga especial. Para ello es necesario usar datos de plantas existentes.

Origen de la energía. Es conveniente revisar los conceptos relacionados con el suministro de energía, determinar si es necesaria una generación local, y en su caso de emergencia. Es necesario conocer también los voltajes y cantidad de unidades de generación o ligas con las empresas eléctricas para dicho propósito. Es necesario determinar bajo este punto el tamaño aproximado de las unidades de generación.

Voltajes para el sistema primario y secundario de la planta. Es necesario determinar, en caso de ser posible el voltaje de alimentación, el voltaje de subtransmisión y el voltaje de utilización dentro de la planta.

Cual es el arreglo del circuito más apropiado. Esto es, seleccionar si el sistema es radial, secundario selectivo, redes secundarias, etc. Para ello es necesario desarrollar estudios de confiabilidad que permitan evaluar:

- a) La energía esperada no suministrada
- b) La cantidad esperada de fallas por año, así como su duración esperada.

La primera alternativa permite a una empresa eléctrica evaluar sus costos de falla, pero desde el punto de vista industrial se ha generalizado la segunda alternativa.

¿Cuántas subestaciones y de que tamaño son las más económicas? Dependiendo del tamaño de la industria, dos niveles de transformación pueden ser necesarios.

Distribución Secundaria. Determinar el tipo de alimentadores, cables o buses si deben ser del tipo enchufable o no.

Determinar el número de Centros de Control de Motores y tableros de servicio.

Determinar el tipo de alumbrado.

Aún cuando no en forma muy precisa, es necesario hacer ciertos cálculos de regulación de voltaje y de corto circuito para seleccionar el equipo de switcheo. En esta etapa es tal vez apropiado que dichos bosquejos se hagan sobre la base del peor caso, ya que existe incertidumbre en las contribuciones de las cargas a dichos fenómenos, por un lado, y por el otro, de que establecemos la hipótesis de que el llamado "peor caso" afecte más o menos igual a las alternativas propuestas, aún cuando esto no sea totalmente cierto.

## II.2.1 ESTIMACION DE CARGAS.

Desde un punto de vista eléctrico estricto, una carga es un equipo eléctrico, igual que un transformador o un generador, con la diferencia de que la energía eléctrica en lugar de ser generada, es consumida. Esta primera caracterización permite pensar que las cargas deben aparecer en una lista de equipo. Suponiendo que se trate de un proyecto para una papelería o un ingeniero azucarero, encontraremos que en un nuevo proyecto, dependiendo de las decisiones de las disciplinas de proceso, los equipos necesarios son esencialmente similares a los de otras industrias del mismo tipo de tecnología y tamaño excepto algunas diferencias relacionadas con áreas donde se decide explorar el uso de algún nuevo equipo.

Es fácil conceptualizar un modelo de computadora que emulando a un escritorio donde se ubican tres documentos:

- + Un catálogo de equipo.
- + El archivo del proyecto en "limpio".
- + La hoja de trabajo.

le permita a la hoja de trabajo consultar al catálogo de equipo por las cargas requeridas, las que son transferidas a la hoja de trabajo donde éstas se editan y se completa la información de la carga para su identificación: su designación, referencia -apuntador al tipo de equipo-, su descripción, su localización, el plano donde aparece y su modo de operación. Así, el modo 1, puede ser arranque, el modo 2 el de plena operación, etc. y para cada uno de estos modos de operación el usuario debe poder asignar un porcentaje de carga.

Tratándose de motores (M), se necesita información adicional, como lo puede ser el valor nominal de la carga eléctrica y mecánica, su eficiencia, la corriente de rotor bloqueado así como su corriente nominal, velocidad, localización de las estaciones de control y ajustes de los interruptores, así como información adicional de interés particular para una instalación particular; una llave de entrada para los elementos de control, que en algún sentido es una extensión a la información del motor, como lo puede ser lo relacionado con sus dispositivos de protección, esquemas de control, medición y monitoreo, aún cuando en esta etapa de ingeniería no son necesarios estos datos. Al pasar la carga del catálogo a la hoja de trabajo, se copian todas las características de la carga que son posibles.

Como cargas, pueden haber otros tipos de cargas (L): cargas fijas o estáticas, equivalentes (E).

En el caso de la ingeniería conceptual, esta primera fase de recopilación de datos, podría denominarse como IDENTIFICACION. El objeto es identificar a las cargas probables por tipo de industria, y elaborar reportes de con

juntos de cargas según el tipo de energía que requieran, según estén asociados según se estima que pueda haber una subestación -o bus- de energía normal o de emergencia; por su localización en la red; por áreas (localización) por tipo de equipo, por su designación, o cualquier otra "cadena" establecida.

En segundo lugar, se pretende poder determinar la demanda instalada, asociar factores de demanda y de diversidad, así como pérdidas aproximadas para determinar la demanda máxima, así como una estimación de la energía consumida, con el propósito de poder elaborar figuras de costo relacionadas con la demanda y la energía, según diferentes alternativas de suministro de energía.

## II.2.2 OPTIMIZACION.

Bajo este rubro pueden cubrirse un conjunto de modelos matemáticos que pueden ayudar a encontrar la solución "óptima". Óptimo en este caso significa un máximo o un mínimo matemáticamente obtenido de una función objetivo, buscando que la solución satisfaga una serie de restricciones. Con frecuencia se simplifica la función objetivo y a las restricciones de modo que sean funciones lineales, permitiendo el uso y empleo de algoritmos y métodos de solución más eficientes que los no lineales, y que además cuentan con la ventaja de obtener óptimos globales.

### II.2.2.1 EL ALGORITMO DE TRANSPORTE.

El algoritmo de transporte puede ser aplicado con bastante éxito para determinar el número de subestaciones, centros de control de motores y, que motores o cargas deben conectarse a una u otra subestación o centro de control de motores.

En términos generales el problema de transporte en nuestro caso puede formularse de la siguiente manera:

$$\text{MIN } \sum_i \sum_j C_{ij} * HP_{ij}$$

Sujeto a:

$$\sum_j HP_{ij} \leq k * KW_i$$

$$\sum_i HP_{ij} = HP_j$$

Donde:

$C_{ij}$  = Costo de la conexión de la subestación  $i$  al motor  $j$ , por kilowatt de cada uno de sus HP, incluyendo costos fijos, como: interrupto-

res, arrancadores, etc.

- HPij = Kilowatts para satisfacer al motor j desde la subestación i.  
KWi = Capacidad en Kilowatts de la subestación i.  
k = Factor para utilizar un cierto porcentaje de la subestación y así tomar en cuenta factores de crecimiento.  
HPj = Kilowatts requeridos por la potencia del motor j.

Al aplicar este modelo, se leen los datos de las ubicaciones de las subestaciones y sus capacidades, así como los datos de los motores, sus ubicaciones y capacidades. Mediante el cálculo detallado de sus alimentadores e interruptores, se obtiene el costo del alimentador por Kilowatt de cada subestación a cada motor, recordando que normalmente no se puede alimentar a los motores con conductores que vayan en línea recta de la subestación al motor, sino que deben ir por ejes coordenados en la mayoría de los casos; se verifica que la capacidad de las subestaciones sea mayor que la demanda de los motores, y se entra a la subrutina de transporte.

La salida de este modelo indica esencialmente que motor se conecta a que subestación, de modo que no se excede la capacidad de la subestación. Las subestaciones que estén mejor ubicadas tienden a llenarse primeramente, y al llenarse éstas, se van conectando los motores a la subestación que en siguiente término es más económica. Siendo éste un problema planteado como de programación lineal, existe la posibilidad de que los resultados indiquen que una fracción de los Kilowatts de algún motor sean alimentados de una subestación y los restantes de otra. Formalmente esto significa una incongruencia de orden físico, sin embargo desde el punto de vista práctico es fácil asociar el motor a una de las subestaciones relajando la condición de capacidad de la subestación.

El problema de diferentes voltajes puede resolverse estableciendo subestaciones con los voltajes adecuados, y si el voltaje de motor no corresponde al de la subestación el costo de la interconexión se hace infinito.

El modelo se puede manejar iterativamente, evaluando costos de subestaciones de diferentes capacidades ubicadas en el mismo lugar. El costo asociado con los interruptores de diferentes capacidades interruptivas puede ser determinado según la impedancia típica de un transformador de la capacidad propuesta. Sin embargo, el modelo no puede decidir si una subestación debe o no existir, debido a que no toma en cuenta el costo de inversión de la subestación.

El modelo puede utilizarse para evaluar centros de control de motores, en lugar de subestaciones, y en una segunda aproximación la conexión de centros de control de motores y motores mayores a la subestación.

Si no se violan las restricciones de capacidad de las subestaciones, las cargas asociadas a cada subestación son las de costo mínimo, y corresponden a la subestación cuyo "centro de gravedad eléctrico" les es más cercano, de acuerdo a la tradicional fórmula:

$$X = \frac{\sum x_i * HP_i}{\sum HP_i}$$

#### II.2.2.2 FORMULACION INCLUYENDO EL COSTO DE LAS SUBESTACIONES.

Para mejorar el planteamiento pueden presentarse una cantidad de formulaciones, sin embargo, debe tomarse en cuenta que mientras más realista se dese el modelo, más complicada será la formulación, es decir, aumentará el número de variables, el número de restricciones, el modelo podrá ser de programación lineal, pero tal vez ya no tenga estructura de modelo de transporte, o tal vez será lineal con variables discretas, o tal vez la formulación, ya no sea lineal, etc.

A continuación se presentan tres formulaciones diferentes, cada una de ellas más poderosa que la anterior, pero obviamente más complejas también y ello redundará en una mayor necesidad de memoria y tiempo de cálculo en la computadora.

#### II.2.2.1 MODELO SIMPLE.

En esta primera formulación se incluye el planteamiento del modelo PD el costo de inversión de las subestaciones, se obliga a que cada CCM sólo pueda estar conectado a una subestación, se restringe a que en un sitio únicamente se pueda instalar como máximo un límite dado de subestaciones y se obliga a dejar una reserva de capacidad de las subestaciones. A esta formulación la llamaremos P1.

Planteamiento:

$$P1 = \text{MIN} \sum_i \sum_k I_{ik} * S_{ik} + \sum_i \sum_j \sum_k C_{ijk} * U_{ijk}$$

Sujeto a:

$$\sum_i \sum_k U_{ijk} = 1 \quad \forall j \quad (\text{Sólo una subestación puede conectarse a un un CCM dado}).$$

$$\sum_k S_{ik} \leq Q_i \quad \forall j \quad (\text{En un sitio } i \text{ dado, sólo pueden construirse cuando mucho } Q_i \text{ subestaciones}).$$

$$\sum_j U_{ijk} * B_j \leq A_{ik} * S_{ik}(1 - R_{ik})$$

(La demanda de todos los CCM conectados a la subestación k del sitio i debe ser menor o igual a su capacidad menos su reserva).

$$[U_{ijk}, S_{ik}] = \{0, 1\}$$

Notación:

Indices:

- i Índice de sitios candidatos para instalar una subestación.
- j Índice de la ubicación de los CCM.
- k Índice de tipos de subestaciones a instalar en un sitio i fijo.

Constantes:

- I<sub>ik</sub> Costo total de inversión de la subestación tipo k en el sitio i (\$).
- C<sub>ijk</sub> Costo total de conexión entre la subestación tipo k del sitio i al CCM del sitio j (\$).
- A<sub>ik</sub> Capacidad de la subestación del tipo k del sitio i (HP).
- B<sub>j</sub> Demanda del CCM del sitio j (HP).
- Q<sub>i</sub> Número máximo de subestaciones que es posible desarrollar en el sitio i.
- R<sub>ik</sub> Reserva de la subestación tipo k del sitio i (p.u.).

Variables:

- U<sub>ijk</sub> = 1 Si hay conexión de la subestación tipo k del sitio i y el CCM del sitio j.  
= 0 Si no hay conexión.
- S<sub>ik</sub> = 1 Si se hace la subestación del tipo k del sitio i.  
= 0 Si no se hace.

En la formulación P1, el planteamiento es muy similar a la del modelo P0, pues la solución total ha de obtenerse en dos etapas, una para las conexiones de los motores a los CCM y otra para las conexiones de los CCM a las subestaciones, sin embargo resuelve las desventajas del modelo P0, pues toma en cuenta los costos de inversión de los CCM como de las subestaciones por un lado, y por el otro es que al estar formulado con programación zero-uno,

el CCM sólo puede quedar conectado a una subestación. Este modelo es relativamente simple de manejar. Es recomendable que en las primeras corridas de uso del modelo, se relajen las condiciones de  $U_{ijk}$  y de  $S_{ik}$  por las siguientes:

$$0 \leq U_{ijk}, S_{ik} \leq 1$$

Que al ser un modelo de programación lineal continua, no debe tener ningún problema para resolverse.

Para la solución del problema lineal con variables  $\{0,1\}$ , puede proponerse el uso del algoritmo de Geoffrion o uno de Branch and Bound, dependiendo de la disponibilidad de códigos ya programados.

#### II.2.2.2.2 EL MODELO GENERALIZADO.

En esta formulación, tratamos de resolver el problema de trabajar en dos etapas a los CCM y a las subestaciones. Como puede observarse, la formulación se complica y ello redundará en una mayor cantidad de restricciones y variables, por consiguiente la cantidad de memoria y el tiempo de cálculo.

Esta nueva formulación sigue siendo de programación lineal  $\{0,1\}$ , por lo cual se permite el uso de algoritmos eficientes de solución. Llamaremos a esta nueva formulación P2.

##### Planteamiento:

$$\begin{aligned}
 P2 = \text{MIN } [ & \\
 + \sum_j \sum_m C_{ICCM} m_j * R_{mj} & \text{ Inversión en CCM.} \\
 + \sum_k \sum_n C_{ISn} k * S_{nk} & \text{ Inversión en Subestaciones.} \\
 + \sum_i \sum_j \sum_m D_{ijm} * U_{ijm} & \text{ Conexión Motores-CCM.} \\
 + \sum_j \sum_k \sum_m \sum_n E_{jkmn} * V_{jkmn} & \text{ Conexión CCM-Subestaciones.} \\
 + \sum_d \sum_k \sum_n D_{dkn} * U_{dkn} & \text{ Conexión Motores directos a Subestaciones.} \\
 + \sum_k \sum_n F_{kn} * S_{kn} ] & \text{ Conexión Subestaciones a Planta de Fuerza.}
 \end{aligned}$$

Sujeto a:

- $$+ \sum_j \sum_m U_{ijm} = 1 \quad V_i$$

Cada motor a un solo CCM.
- $$+ \sum_k \sum_n V_{jkmn} = R_{jm} \quad V_j$$

Cada CCM a no más de una Subestación.
- $$+ \sum_m R_{jm} \leq PI_j$$

No más de  $PI_j$  CCM por sitio.
- $$+ \sum_n S_{kn} \leq P_k$$

No más de  $P_k$  Subestaciones' por sitio.
- $$+ \sum_i F_{Di} * C_{Mi} * U_{ijm} \leq C_{Ejm} * (1 - R_{Ejm})$$

La demanda eléctrica conectada al CCM no debe exceder su capacidad menos su reserva.
- $$+ \sum_i L_i * U_{ijm} \leq C_{Fjm} * (1 - R_{Fjm})$$

La demanda física conectada al CCM no debe de exceder ' su capacidad menos su reserva.
- $$+ \sum_k \sum_n U_{dkn} = 1 \quad V_i$$

Cada motor "directo" a una sola subestación.
- $$+ \sum_d F_{Dd} * C_{Md} * U_{dkn}$$
- $$+ \sum_j \sum_m \left\{ \sum_i F_{Di} * C_{Mi} * U_{ijm} \right\} * V_{jkmn} \leq C_{ESkn} * (1 - Q_{kn})$$

La demanda de motores directos y CCM conectados a una Subestación no deben exceder su capacidad eléctrica' menos su reserva.
- $$+ \sum_j \sum_m L_{jm} * V_{jkmn} + \sum_d L_d * U_{dkn} \leq C_{FSkn} * (1 - T_{kn})$$

La demanda de Motores "directos" y CCM conectados a una subestación no debe exceder su capacidad física menos su reserva.

$S_{kn}, U_{ijm}, V_{jkmn}, U_{dkn} = \{0,1\}.$



Debe notarse que la restricción de la demanda de motores directos y CCM conectados a una subestación para que no exceda su capacidad eléctrica menos su demanda es una función no lineal por los productos  $U_{ijm}$  y  $V_{jkmn}$ , sin embargo se ha dejado planteada de esta manera por considerar que es la formulación adecuada. Para tener una formulación eficiente del problema desde el punto de vista de su solución en computadora, es conveniente que el modelo siga siendo lineal, por lo que se sugiere como restricción alternativa la siguiente:

$$\sum_d FDD * CMD * Udkn + \sum_j \sum_m (1.0/FDjm) * CEjm(1 - REjm) * Vjkmn \leq CESkn(1 - Qkn)$$

En donde  $FD_{jm}$  es el factor de diversidad del CCM tipo  $m$  del sitio  $j$ .

De igual manera que en el planteamiento P1, se recomienda que en las primeras corridas se relajen las restricciones de variables  $\{0,1\}$  y se sugieran por:

$$0 \leq Skn, U_{ijm} V_{jkmn}, Udkn \leq 1$$

Para obtener un modelo de programación lineal continua.

#### Notación:

##### Motores:

- $i$  Índice de sitio.
- $CM_i$  Capacidad del motor (HP).
- $L_i$  Longitud del arrancador e interruptor dentro del CCM (cm).
- $FD_i$  Factor de demanda (p.u.).

##### Centros de Control de Motores:

- $j$  Índice de sitio.
- $m$  Índice de tipo o gabinete del CCM del sitio  $j$ .
- $CE_{jm}$  Capacidad eléctrica (HP).
- $CF_{jm}$  Capacidad Física o longitud del gabinete  $m$  del CCM del sitio  $j$ .
- $CICCM_{jm}$  Costo de Inversión del CCM (\$).
- $R_{jm} =$  1 Si el CCM se hace.  
0 Si el gabinete  $m$  del CCM  $j$  no se hace.

REjm            Reserva Eléctrica necesaria.  
RFjm            Reserva Física necesaria (p.u.).  
PIj             Número Máximo de gabinetes para CCM.  
Ljm             Longitud del interruptor de la subestación al CCM (cm).

**Subestaciones:**

k                Índice del sitio.  
n                Índice del tipo.  
CESkn          Capacidad Eléctrica de la subestación (HP).  
CFSkn          Capacidad Física de la subestación o paquete de subestaciones (cm).  
CISkn          Costo de Inversión de la Subestación (\$).  
Skn =            1 si la subestación del sitio k tipo n se hace.  
                  0 si la subestación no se hace.  
Pk               Número Máximo de subestaciones permitidas en el sitio k.  
Qkn              Reserva eléctrica necesaria de la subestación (p.u.).  
Tkn              Reserva Física necesaria de la subestación (p.u.).

**Motores-CCM:**

Uijm =          1 si hay conexión del motor i al CCM (j,m).  
                  0 si no hay conexión.  
Dijm             Costo de la conexión del motor i al CCM (j,m) (\$).

**CCM-Subestaciones:**

Vjkmn =        1 si hay conexión del CCM (j,m) a la subestación (k,n).  
                  0 si no hay conexión.  
Ejkmn           Costo de la conexión del CCM (j,m) a la subestación (k,n) (\$).

**Subestaciones-Planta de Fuerza.**

Fkn              Costo de conexión de la subestación (k,n) a la Planta de Fuerza.

**Motores Conectados Directos a una Subestación:**

d                Índice de sitio de Motores "directos".  
CMD             Capacidad de Motores "directos" (HP).  
Ld               Longitud del interruptor o arrancador del motor en la subestación (cm).

FDD            Factor de Demanda (p.u.).  
Udkn =        1 si hay conexión del motor d a la subestación (k,n).  
              0 si no hay conexión.  
Ddkn         Costo de la conexión del motor d a la subestación (k,n)  
              (\$).

### II.2.2.2.3 MODELO DE SELECCION DE UBICACION.

Tradicionalmente se ha sugerido colocar a las subestaciones o centros de control de motores lo más cerca de las cargas, y más específicamente, en el centroide eléctrico de las cargas. Cuando las cargas son muchas, y rebasan la capacidad de una subestación, es necesario proponer otras subestaciones.

Si se sigue el criterio de ubicar a las subestaciones en los centroides eléctricos, entonces el problema de optimalidad se traslada a cuando hay que determinar cuales son los motores que deben conectarse a una u otra de las subestaciones, y entonces al quedar definido el conjunto de motores que se conectan a la subestación es fácil calcular la ubicación de la subestación. El problema real, es que pueden definirse muchos conjuntos de motores diferentes para cada subestación, y el criterio de optimalidad es el de los conjuntos de motores que produzcan el menor costo.

En el planteamiento que ahora identificaremos como P3, presentamos una formulación similar a la del problema P1, pero que fácilmente puede generalizarse al del problema P2, pero a diferencia de utilizar sitios idóneos, ahora se busca la ubicación óptima de las subestaciones, con las coordenadas como incógnitas a resolver en el modelo.

La diferencia con la formulación P1 consiste en que la primera tiene un número finito de sitios para construir las subestaciones, mientras que en esta nueva formulación el número de sitios a analizar es infinito.

Planteamiento:

$$P3 = \text{MIN} \sum_i I_i * S_i * \sum_i \sum_j C_{ij} * U_{ij}$$

Sujeto a:

$$\sum_i U_{ij} = 1 \quad V_j$$

$$\sum_j U_{ij} * B_j \leq A_i * S_i * (1 - R_i) \quad V_i$$

$$C_{ij} = \text{ALFA}_{ij} + \sum_{w=1}^N |X_{wi} - Y_{wi}| * \text{BETA}_{ij}$$

$$U_{ij}, S_i = \{0,1\}.$$

Notación:

Indices:

i                    Índice de subestación.  
j                    Índice de CCM.

Constantes:

Ii                    Costo total de inversión de la subestación i (\$).  
Ai                    Capacidad de la subestación i (HP).  
Bj                    Demanda del CCM del sitio j (HP).  
Yj = (Y1j, Y2j, Y3j) Vector de ubicación del CCM del sitio j.  
ALFAij, BETAij      Parámetros del costo de conexión del CCMj a la subestación i.

Variables:

Si =                    1 si se hace la subestación i en el sitio Xi.  
                          0 si no se hace.  
Uij =                    1 si hay conexión del CCM j a la subestación i (\$).  
                          0 si no hay conexión.  
Cij                    Costo de conexión del CCM j a la subestación i (\$).  
Xi = (X1i, X2i, X3i) Coordenadas de ubicación de la subestación i.

El significado de las funciones anteriores es el mismo que en el planteamiento P1. La ecuación de Cij es una parametrización del costo de conexión entre el CCM j y la subestación i, en función de las distancias y sus respectivas ubicaciones; sin embargo, este problema es mucho más complejo cuando menos manejar en forma lineal la ecuación del costo Cij, para ello se sugiere investigar dos opciones:

La función objetivo es una función cuadrática, y la ecuación Cij considera valores absolutos. Para construir un algoritmo eficiente se requiere cuando menos manejar en forma lineal la ecuación del costo Cij, para ello se sugiere investigar dos opciones:

1°. Existen técnicas en programación discreta que permiten trabajar valores absolutos, pero la complejidad del modelo aumenta mucho, por lo que se recomienda evaluar con cuidado las ventajas que esta formulación puede tener con respecto a las ya obtenidas con los planteamientos anteriores, antes de decidir la implementación de esta formulación.

2<sup>a</sup>. Buscar una linealización sin valores absolutos para representar el costo  $C_{ij}$  de la ecuación. Para las primeras corridas se recomienda nuvamente sustituir las restricciones:

$$U_{ij}, S_{ij} = \{0,1\}$$

por

$$0 \leq U_{ij}, S_{ij} \leq 1.$$

#### II.2.2.2.4 COMENTARIOS A LOS MODELOS ANTERIORES.

Si se desea que un conjunto de motores se conecten todos en bloque a un CCM, porque se considere que no es conveniente que unos motores se conecten a un CCM y otros a otro, el conjunto de motores puede manejarse en grupo como un motor equivalente, teniendo la ventaja de reducir la dimensionalidad <sup>1</sup> del problema.

Para representar economías de escala, en la construcción de subestaciones por ejemplo, se puede dar al modelo la opción de escoger entre una subestación de 1000 HP, una de 1500 HP ó una de 2000 HP, estas últimas contempladas como un paquete en el que el costo de inversión, la capacidad eléctrica y la capacidad física en el que no necesariamente son el doble de las correspondientes a una subestación de 1000 HP.

Si en alguna corrida para sensibilizar resultados por ejemplo, se considera que un motor dado no se conecte a un CCM dado, basta con considerar un costo infinito de conexión entre los dos. También se puede forzar a que el modelo construya un CCM o subestación dado, haciendo:

$S_{ik} = 1$	en P1,
$R_{jm} = 1$	en P2,
$S_{kn} = 1$	en P2,
$S_i = 1$	en P3.

Así mismo, se puede forzar una conexión:

$U_{ijk} = 1$	en P1,
$U_{ijm} = 1$	en P2,
$V_{jkmn} = 1$	en P2,
$U_{ij} = 1$	en P3.

Se puede acotar la ubicación de una subestación en P3:

$$-x_{wi} \leq x_{wi} \leq \bar{x}_{wi} \quad w = \{1, 2, 3\}.$$

Si se desea por criterio de confiabilidad que dos motores no queden conectados a un mismo CCM o dos CCM no queden conectados a una subestación, entonces se puede agregar la restricción:

$U_{i1k} + U_{i2k} \leq 1$	$V_i, k$ en P1 donde los CCM 1 y 2 no deben conectarse a una misma subestación.
$U_{1jm} + U_{2jm} \leq 1$	$V_j, m$ donde los motores 1 y 2 no deben conectarse a un mismo CCM.
$V_{1k1n} + V_{2k1n} \leq 1$	$V_{k,n}$ en P2, donde los motores 1 y 2 no deben conectarse a un mismo CCM.
$U_{i1} + U_{i2} \leq 1$	$V_i$ en P3, donde los CCM 1 y 2 no deben conectarse a una misma subestación.

### II.2.2.3 SIMULACION DIGITAL DE CARGAS.

Con la información de cargas, y el esquema de red propuesto, pueden simularse digitalmente las cargas industriales, con objeto de determinar la probabilidad de pérdida de carga asociada con una capacidad insuficiente de generación o transmisión bajo diferentes condiciones de falla, y así poder estimar los costos de energía generada o comprada -según los cargos por demanda y por energía-, así como estimar los costos de operación y mantenimiento, basados en el uso de las matemáticas de valor presente, considerando costos de inversión, mantenimiento y operación.

Desde el punto de vista industrial, se han desarrollado técnicas de cálculo de la confiabilidad, mediante los llamados conjuntos mínimos de corte. El objetivo es obtener un número de fallas esperadas por año así como su duración esperada. Esto se logra sumando las probabilidades de falla de cada equipo que se conecta en serie (cables, terminales, transformadores, etc.), y combinando los resultados de cada elemento en serie con las alternativas de suministrar energía por caminos en paralelo. Así cada configuración propuesta para el esquema vertebral de la instalación eléctrica tiene asociados estos dos parámetros. La metodología propuesta por el IEEE en sus recomendaciones incluye la forma de evaluar el costo de todos los elementos que intervienen en la instalación, desde que se inicia la construcción hasta que se termina de pagar.

En un cuadro comparativo, que puede elaborarse por medio de una "hoja electrónica de cálculo", pueden compararse los costos de los elementos de diferentes alternativas, que aunque diferentes en su estructura y en su costo al considerar el efecto a valor presente de que la planta debe de operar durante L fallas por año, cada una de una duración  $t_s$ , sobre la base del objetivo de suministrar energía eléctrica.

### II.3 LA INGENIERIA BASICA Y LAS COMPUTADORAS.

Como antes se indicó, el objetivo de la ingeniería básica es el de desarrollar técnicamente la alternativa seleccionada en la ingeniería conceptual con objeto de que sea una alternativa factible, robusta y económica, tanto desde el punto de vista de espacios y arreglos de equipo, como desde el punto de vista eléctrico.

Se afinan primeramente los datos de las cargas en una etapa que denominaríamos DOCUMENTACION. En esta etapa de ingeniería se resuelven fundamentalmente los problemas relacionados con los medios de regulación de voltaje, de factor de potencia, de aterrizaje de la instalación, la protección por corto circuito y sobrevoltaje. Se selecciona el equipo mayor y se especifica éste junto con sus accesorios de medición, control y protección. Se seleccionan los elementos de interconexión y control, el tipo de canalización; se estudia si las instalaciones de alumbrado y de fuerza pueden coexistir.

Un punto importante a considerar es el relacionado con la nomenclatura de los equipos. En muchos países existe una forma normalizada para nombrarlos. Tal es el caso de Estados Unidos, Suecia o Alemania. La selección de un nombre apropiado para los equipos es un auxilio muy importante para su localización, su función y su tipo de equipo. Nosotros utilizamos el término "designación" para esta función. La designación se compone esencialmente de tres componentes: UI, NIVEL y APARATO.

El concepto de UI o unidad de instalación, consiste en asignar a cada pieza de equipo tal como la entrega el fabricante a la planta cuya instalación se va a construir, un nemotécnico. Independientemente de que sea chico o sea un ensamble. Este nemotécnico normalmente se forma por las iniciales del tipo de función que realiza el equipo, y si en una instalación existen varios del mismo tipo, entonces se asocia un número secuencial. Bajo el orden alfabético, estos equipos se listan, junto con su descripción, con una referencia a su especificación, su función, la cantidad, la ubicación y en que planos aparece. El término NIVEL, dentro de la designación, corresponde a una letra que indica en que cara de la unidad se encuentra -ya sea interior, exterior, frente o fondo, de primera o segunda puerta- asociado con un número único para un ensamble que se coloca en forma vertical dentro de un gabinete por ejemplo. Dentro de este ensamble, el número de aparato se indica por una inicial del tipo de equipo y un número secuencial único.

El concepto de UNIDAD de INSTALACION así establecido es útil, entre otras cosas, porque establece el límite claro a partir del cual el contratista debe realizar el trabajo, y el proyectista obtiene diseños realizados en esta etapa al llamado "límite de batería".

Para terminar esta introducción, consideramos importante indicar que la función de la computadora en esta etapa de ingeniería por un lado es numérica, pero por el otro lado, es importante apreciar que si se acepta que los

modelos de computadora a emplear no deben dar la última palabra, sino que por ejemplo, nos ayuden a generar la información en un 95% precisa, podemos decir que la combinación de ingeniero con la computadora ha aumentado en 19 veces la productividad de éste, permitiendo que el ingeniero ejerza el control del proceso integrador del diseño, y que la computadora trabaje en proceso de datos, funciones en las que el ingeniero y la computadora son, supe-  
r-  
puestamente, mejores respectivamente.

## II.3.1 ESTUDIOS.

La primera participación de la computadora en esta etapa es como auxiliar en los diferentes estudios electrotécnicos importantes para la selección apropiada del equipo.

### II.3.1.1 ESTUDIOS DE CORTO CIRCUITO.

En uno de los apéndices se adjunta un listado de computadora de un programa para el cálculo de corto circuito trifásico. Aquí sólo abundaremos en algunos comentarios.

Es muy importante anotar que el objeto de el estudio de corto circuito es doble: por un lado sirve para especificar el equipo de potencia de modo que éste tenga la capacidad de soportar un corto circuito (momentáneo), aguantar hasta el momento en que la coordinación de protecciones indique que es el momento de operar, abrir el corto circuito (interruptivo) o soportar el recierre. Por otro lado también el cálculo de corto circuito sirve para coordinar a los elementos de protección; y es aquí donde queremos indicar que con frecuencia se encuentran condiciones de operación donde la magnitud del corto circuito puede llegar a ser muy pequeña comparada con la corriente NORMAL, que aún cuando se llegue a presentar un corto circuito, las protecciones no operan; como sucede cuando existe un generador de emergencia local un "UPS" o un transformador de alta reactancia.

Aún cuando se cuente con un procedimiento de cálculo tan efectivo como una computadora y un programa, es necesario conocer para que se necesita o requiere, y alimentar los datos apropiados. Por ejemplo, para selección de interruptores, dada la definición de la capacidad interruptiva para interruptores termomagnéticos, se requiere que el cálculo de corto circuito se haga con los parámetros de reactancia del primer ciclo, que el valor de los amperes, sea el RMS del cálculo, siempre que la relación X/R del lugar de aplicación sea menor de 6, pues de otra manera es necesario seleccionar un interruptor mayor que pueda manejar la componente asimétrica del corto circuito que se presenta en dichas circunstancias.

#### II.3.1.1.1 COORDINACION DE PROTECCIONES.

Este estudio busca darle a una instalación las características de selec-



tividad de las protecciones. Con ello queremos indicar que en caso de falla o corto circuito, el segmento mínimo indispensable para aislar la falla debe a su vez, ser aislado por los interruptores bajo instrucción o mando de las protecciones. En segundo lugar, el término coordinación implica que en caso de una falla opere sólo una protección, indicando de esta manera, que en el caso de una red radial, la falla está ubicada entre el interruptor que operó y el primero que no operó. Esto es importante para la seguridad de las personas de mantenimiento, y para emitir un diagnóstico que permita ubicar y corregir la falla rápidamente, así como permitir el retorno a la normalidad.

Con frecuencia sucede que opera una protección "rio arriba" en la instalación eléctrica, debido a que dicha protección cuenta con un elemento instantáneo, y actuó tan rápidamente que la protección de "rio abajo" no alcanza a operar, ya sea por mala calibración del elemento instantáneo, o por mala la selección de los interruptores, etc. Al operador le será más difícil localizar la falla. Si no lo hace, entonces intentará el recierre, pero en esta ocasión sabemos que se hará un recierre contra falla, lo que aparte de dañar más a la instalación, hará que el corto circuito pueda afectarle a él.

En el caso de las redes industriales encontramos diferencias importantes respecto a una coordinación de protecciones para una red de una institución como la de Comisión Federal de Electricidad. En primer lugar, las protecciones más habituales son las de los interruptores termomagnéticos, las cuales operan sobre la base térmica de una componente de "largo plazo" y sobre la base "magnética" para el corto circuito con una componente "de corto plazo", lo que hace que dos protecciones termomagnéticas en un esquema radial operen en forma instantánea, frecuentemente. Esto no es grave, siempre que operen las dos protecciones. Este comentario sirve también para indicar que existen normas que limitan, en el caso de los tableros de alumbrado, éstos sólo pueden o deben ser protegidos como máximo por dos interruptores desde su respectiva subestación.

Otra diferencia importante con respecto a una empresa generadora de energía eléctrica con respecto a las redes industriales o comerciales es el empleo frecuente de fusibles, tanto en alta como en baja tensión. La variedad de fusibles es amplia, y su aplicación requiere del conocimiento específico de la carga, y de los elementos de protección. Fusibles de alta capacidad interruptiva, de uno o de dos elementos, de tiempo largo, limitadores de corriente, etc. La coordinación de protecciones entre interruptores electromagnéticos de baja tensión y fusibles de alta tensión es comprometida con frecuencia, como se sabe, por la forma de las curvas de corriente-tiempo, de los "amptectors" o elementos de protección electrónica. Otra diferencia importante es que en muchos esquemas industriales no hay protección de una falla a tierra de magnitud pequeña, como lo puede ser un arqueo, y que sabemos puede tener serios efectos destructivos.

Por otro lado, la presencia de grandes motores hace que los esquemas de

protección y control de ellos sean función de las cargas que manejan, así como del tipo de control que tienen. Así encontramos motores asociados a grandes inercias, que requieren una protección independiente para la sobrecarga y otra parte para el corto circuito, y el ajuste apropiado para la protección de sobrecarga depende de la naturaleza de la carga, el tipo de arranque, y el tipo de motor.

Como antes indicamos, este estudio busca resolver este problema, buscando el ajuste más apropiado para una protección. En la etapa de ingeniería básica, este estudio es utilizado para seleccionar protecciones con rangos y elementos que permitan darle a la instalación una protección apropiada. Este estudio debe repetirse en el caso de ingeniería de detalle, ya que se cuente con información garantizada, para proteger en forma específica a motores, etc. En resumen, son dos procesos independientes: el de selección de las protecciones en el caso de ingeniería básica, así como el estudio de coordinación de protecciones propiamente dicho, en la ingeniería de detalle. Este problema de síntesis de la ingeniería básica, es tratado como parte de una herramienta más adelante, en el editor de redes: etapa de documentación.

### II.3.2. ESTUDIOS DE FLUJOS.

El estudio de flujos de potencia en las instalaciones eléctricas nos permite conocer el perfil de voltajes en la planta bajo condiciones normales o de arranque de uno, dos o más motores grandes de la planta. Nos sirve para conocer las pérdidas del sistema, e incluso para conocer el factor de potencia de la operación de la planta. Pueden simularse arranques de motores con diferentes tipos de controladores, o pueden emplearse, si hay generación local, para conocer la máxima depresión del voltaje en la planta, si es que se alimenta la información de reactancias apropiada, conjuntamente con los voltajes de "prearranque" de los generadores al arranque de los motores.

Este estudio tiene implicaciones especiales para la especificación de equipo de transformación de voltaje, de reguladores de voltaje, de capacitores y reactores, así como de generadores.

En uno de los apéndices se muestra el conjunto de ecuaciones que se resuelven con este modelo, así como se lista un programa de computadora para realizar este cálculo.

Cabe mencionar que a diferencia de los estudios de flujos para estudios de potencia, se puede emplear el mismo método que el de corto circuito para este propósito, debido a que la magnitud de las redes industriales no son tan grandes, y por ello las limitaciones de memoria de la computadora, tradicionales para las redes eléctricas nacionales no se aplican.

### II.3.3 ESTUDIOS DE ESTABILIDAD.

Es necesario recordar que el problema de estabilidad, propiamente dicho

sólo existe cuando hay dos o más máquinas eléctricas sincronizadas. En el caso de la industria papelera o de la industria azucarera, por ejemplo, que son las principales que cuentan con generación de energía eléctrica con varias unidades, la unión eléctrica entre ellas es muy grande ya que operan en el mismo bus.

La necesidad de realizar un estudio de este tipo aparece a nivel industrial en pocas ocasiones, ya que ya no es frecuente compensar el bajo factor de potencia con compensadores síncronos. Sin embargo, cuando existe generación de energía eléctrica, se pueden requerir estudios de estabilidad, ya sea cuando se tienen que arrancar motores muy grandes con respecto a la capacidad de generación instalada, o cuando se opera en forma sincronizada con la red, o cuando existe equipo muy sensible a la frecuencia o a sobrevoltajes como el equipo electrónico industrial de potencia con filtros sintonizados para eliminar armónicas o compensar factores de potencia. También se requiere conocer las variaciones de voltaje y de frecuencia esperada cuando se tienen, se requiere estudiar el efecto de éstos sobre el equipo, en particular cuando las redes son débiles, y existe equipo de generación de emergencia, o cargas menores, para conocer la respuesta de los reguladores de voltaje y de velocidad, ya que muchas cargas críticas pueden verse seriamente afectadas, especialmente cuando la carga es un UPS o equipo para el control electrónico de motores. No es siempre conocido que este tipo de equipos distorsionan la forma de onda del generador, y sus reguladores de voltaje responden de modo que generan muy altos voltajes, que variaciones de frecuencia mayores al 1% hacen que conecten y desconecten automáticamente la carga, causando fuertes interacciones electromecánicas entre los motores accionadores del generador y las cargas. Otro efecto, con frecuencia bajoestimado, es que la mayoría del equipo de regulación de voltaje, de equipo sensible, es de tipo ferorrresonante; de modo que al salirse de cierto rango la frecuencia de generación, se generan sobrevoltajes que pueden dañar al equipo.

Muchos de estos problemas, llevados a nivel industrial, no pueden ser resueltos en forma satisfactoria con los programas de estabilidad de las empresas eléctricas. Con frecuencia son lo suficientemente simples y pocos programas que pueden plantearse en forma atractiva para ser resueltos por programas de computadora que simulen en computadora digital a una computadora analógica.

#### II.3.4 ESTUDIOS DE ARMONICAS.

Las fuentes de distorsión armónica en los sistemas de potencia industriales son los rectificadores, los accionamientos de velocidad variable de motores de corriente directa, hornos eléctricos de arco, cicloconvertidores y UPS.

El problema inicial que plantean estos equipos es el de bajo factor de potencia, sin embargo, la corrección de este problema con capacitores o bien generaba sobrevoltajes o sobrecorrientes tales que afectaban seriamente a los propios capacitores así como a otros equipos eléctricos. El segundo pro

blema inicial fué la radio interferencia, y en tercer lugar, mucho equipo moderno como computadoras y máquinas de control numérico, empezaron a fallar.

Para conocer el efecto de la resonancia eléctrica de cualquiera de estas armónicas en el equipo, se requiere elaborar un modelo que permita calcular las impedancias del equipo a diferentes frecuencias, representando a las fuentes productoras de armónicas -inversores, rectificadores- como fuentes de voltaje o corriente a cada una de esas frecuencias, recordando que de la expansión en series de Fourier de la excitación, la magnitud de la corriente armónica de cada convertidor es igual a la corriente de carga de frecuencia fundamental dividida entre el orden de la armónica.

Los resultados esperados son: conocer la carga de los capacitores, los voltajes y corrientes pico y rms para los puntos críticos del sistema, y que deben poder ser manejados por terminales y equipos dentro de sus valores normales.

### II.3.5 ESTUDIOS DE REDES DE TIERRAS.

Con el conocimiento de la capacidad de corto circuito y con las características de tierra, se pueden realizar los estudios para mantener los voltajes de paso y de contacto dentro de límites de seguridad. En uno de los apéndices de esta tesis se anexa un programa de computadora para este estudio.

### II.3.6 ESTUDIOS DE CARGAS.

En la etapa de ingeniería básica que estamos considerando, los problemas relacionados con cargas más importantes son los que involucran el dimensionamiento del equipo mayor y toda característica de la carga que pudiera implicar la necesidad de especificar el equipo mayor con alguna característica fuera de lo normal.

En esta etapa, lo primero que se hace en relación a las cargas, es documentarlas en forma más amplia, según los requerimientos del proceso. Es importante recordar que no es hasta la compra del equipo, y a veces hasta que se ha fabricado, cuando no se cuenta con sus valores de carga exactamente, y el diseño debe basarse sobre estimaciones. El contar con información de otros proyectos similares ayuda, pero es necesario referenciar esta información de otro proyecto y adaptarla en forma inicial al nuevo proyecto, y aparte de identificarla, es necesario pasar de esta etapa de identificación (ver II.2.1) a la etapa de documentación.

En esta etapa es necesario considerar que las cargas requieren de un manejo efectivo de la información, por lo que según sus usos, deben diseñarse reportes. Varias formas de uso de esta información, pueden verse más adelante.

De especial importancia es el impacto de las cargas en características especiales de el equipo mayor, como puede ser el caso de un horno eléctrico en una fundición, un horno de inducción en una planta automotriz, el motor de un Kilner en una cementera, las bombas de vacío en una papelería, las bombas centrífugas en un ingenio azucarero, un compresor en una prensa de extrusión, un molino en una planta laminadora de algún metal, la bomba de alimentación de una caldera en una planta generadora de energía eléctrica, etc. Tanto en funcionamiento normal, como al arranque de la planta con transformadores auxiliares, etc. Estas características de la carga pueden derivar en estudios que hemos listado en esta sección, impactando el diseño estructural de la instalación -generando nuevos buses- con conexiones directas de motores a subestaciones o a la alimentación de energía eléctrica, selección de un voltaje de subtransmisión mayor, la presencia de un reactor especial, la configuración especial de un arrancador a tensión plena en un mayor voltaje, la necesidad de filtros para reducir el flicker producido por el arco, la compensación estática del factor de potencia, la contratación de una demanda máxima mayor, la necesidad de establecer un control secuencial del arranque de la planta, la necesidad de un regulador de voltaje en la alimentación de energía eléctrica, la independización de un conjunto de cargas para aislarlas de ruido producido en otras áreas de la planta, la necesidad de especificar cambiadores de taps bajo carga, requerimientos especiales de protección del amarré con la empresa de servicio público, con el objeto de evitar invertir el flujo de energía, etc.

Siempre hay una primera manera de realizar los cálculos que no es posible contemplarla a priori. Es igualmente obvio que esta forma de calcular el equipo para cada tipo de problema y para cada tipo de industria, es la especialidad que se tiene adquirida del proceso de tal o cual empresa diseñadora. Pero una vez conocido el camino, lo que se requiere es integrar "esa hoja de cálculo" para seleccionar el equipo. Las proposiciones que realizamos en II.3.11, II.3.12 y II.3.13, pueden ser útiles.

Los datos de cargas, sus magnitudes, así como las asociaciones a subestaciones y CCM propuestas en la ingeniería conceptual, se revisan y se documentan, estableciendo lo que podríamos llamar el caso base. A partir de la edición del "caso base", es necesario llevar un control de las revisiones, como si los archivos de datos fueran "planos". El manejo de las cargas a partir de este momento requerirá de una manera de efectuar revisiones desde un punto de vista histórico, sobre las modificaciones propuestas en la ingeniería de detalle, y su impacto en el equipo mayor.

### II.3.7 ESTUDIOS DE TRANSITORIOS DE SOBREVOLTAJE.

Este tipo de estudios tiene por objeto principalmente coordinar los aislamientos de los diferentes componentes de una red de alta tensión. La principal fuente de transitorios de sobrevoltajes son las maniobras de switcheo, otras fuentes son: las descargas atmosféricas, estática, contacto físico con un sistema de voltaje mayor, efectos de resonancia en serie de circuitos

cuitos inductivo-capacitivo, recierres repetitivos (tierras intermitentes), interrupción forzada de corriente en cero, conexiones de autotransformadores.

En efecto, cada maniobra de switcheo de un sistema de potencia inicia la transición entre dos estados estables. Cada uno de dichos estados tiene un conjunto único de energías almacenadas y tasas de intercambio de energía. Este cambio no puede ser instantáneo, y al realizarse en un tiempo finito, se desarrollan en la red voltajes y corrientes transitorios compuestos de oscilaciones amortiguadas de frecuencia natural, que dependiendo de la naturaleza y tiempo en que ocurra dicho cambio, los voltajes y corrientes transitorias pueden ser amplificadas, lo que afecta al aislamiento de los diferentes componentes.

Las matemáticas involucradas son ecuaciones diferenciales parciales. Su solución puede hacerse por computadora, y el programa de computadora más conocido es el EMPT (Electro-Magnetic Transient Program) desarrollado por la Bonneville Power Administration, o mediante computadoras analógicas especiales, denominadas Transient Network Analysers.

La aplicación consistente de estos programas tiene por objeto conocer las magnitudes de los sobrevoltajes producidos para coordinar los aislamientos de los diferentes componentes del sistema, así como mitigar y controlar los transitorios, mediante la introducción en el sistema de componentes como lo son: resistencias de preinserción en los interruptores, reactores sin tonizados y capacitores de supresión de transitorios, apartarrayos, filtros cambio de secuencia de cierre y apertura de interruptores, etc.

Por ello, este tipo de estudios se realiza muy pocas veces al diseñar sistemas industriales. Solamente cuando hay una gran cantidad de maniobras de switcheo, como en el caso de las instalaciones de fundición con hornos eléctricos de arco, o cuando se desea conocer el efecto de un transitorio severo en equipo importante para la operación de la planta.

### II.3.8 ESTUDIOS DE ATERRIZAJE DE LOS SISTEMAS DE POTENCIA.

Este concepto, con frecuencia abarca el de las redes de tierra (ver II.3.5), el aterrizaje de equipos, y el de aterrizaje de los sistemas. Nos referiremos exclusivamente a este último.

Las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas contemplan para todos los circuitos de baja tensión un aterrizaje sólido del neutro (Art. 206.5.b) con algunas excepciones. En cuanto a las instalaciones eléctricas de alta tensión, estas "pueden" estar conectadas a tierra, siendo obligatoria la conexión cuando estas instalaciones alimenten de energía eléctrica a equipo portátil.

La mayoría de las instalaciones eléctricas de media tensión en México, están aterrizadas ya sea sólidamente a tierra, o a través de un elemento limitador de la corriente de corto circuito a tierra, de manera que la resistencia de aterrizaje de secuencia cero es menor que tres veces la reactancia de secuencia positiva del sistema, con objeto de limitar los efectos de un corto circuito monofásico a tierra.

Estas políticas de aterrizaje, a nuestro modo de ver, dan la mayoría de los beneficios: limitación de las tensiones por switcheo, buena coordinación y selectividad de las protecciones de tierra. Sin embargo, los efectos de esta práctica común son los extensos daños que una falla monofásica puede tener, cuando la falla es a través de una resistencia a tierra, y la magnitud de la falla es menor que la de la corriente de fase, y no se cuenta con protección de falla de neutro, que es lo usual en el medio de protección principal exigido por la reglamentación mexicana.

Las excepciones más relevantes que se encuentran en México, de sistemas no aterrizados son: hornos eléctricos de inducción, salas de quirófanos de hospitales, trolés de gruas, controles de sistemas vitales que deben poder soportar una falla de un sistema a tierra sin dejar de operar. En todos ellos la reglamentación exige la presencia de detectores a tierra.

Desde el punto de vista computacional, estas consideraciones impactan en primer lugar a la forma de calcular el corto circuito monofásico, haciendo que con frecuencia este corto circuito tenga una magnitud de corriente mayor que la del corto circuito trifásico, dependiendo de la reactancia de secuencia cero del transformador, que es mucho menor que la de secuencia positiva con frecuencia.

En segundo lugar, este tipo de aterrizaje del sistema simplifica la coordinación de protecciones de tierra y sus ajustes.

En los casos que hay generación de energía eléctrica, es necesario determinar las características de los reactores zig-zag de aterrizaje o las características de los elementos de aterrizaje del neutro de los generadores. Sin embargo son tan poco frecuentes estos cálculos, que en una primera instancia no serían los primeros en ser calculados en computadora.

### II.3.9 OPTIMIZACION DE LA REACTANCIA DE TRANSFORMADORES.

Una vez determinadas las cargas de una subestación, la ubicación de los centros de control de motores, es posible formular un problema de programación lineal tal que maximice la reactancia del transformador de la subestación unitaria, con objeto de reducir al máximo el corto circuito y así reducir el costo de las protecciones e interruptores asociados al equipo y a la subestación.

Las restricciones que hay que satisfacer son: la caída de voltaje en la carga debe estar dentro de los límites aceptables (menor que el 5%), y el corto circuito debe ser menor que el nivel de corto circuito "standard" de el equipo existente en el mercado.

La forma práctica de hacerlo, es en forma iterativa:

- 1) Se propone una reactancia inicial del transformador,
- 2) Se aumenta la carga en todos los buses en forma proporcional hasta que se viola una restricción de voltaje (flujos) o del valor nominal de alguna característica de los buses o interruptores (corto circuito).

De esta manera la reactancia propuesta define el rango de carga que puede ser suministrado sin exceder alguna limitación en especial.

Los dos pasos anteriores se repiten para diferentes impedancias de transformador, y se grafican en dos ejes: carga suministrada contra impedancia de transformador. La intersección de las rectas de las diferentes limitaciones definen una región aceptable, y el valor óptimo de reactancia es el que se tiene en una intersección de dos rectas que definen la región con vena como de operación aceptable.

## HERRAMIENTAS Y DOCUMENTOS.

### II.3.10 EL EDITOR DE REDES.

Se puede visualizar un programa de computadora que en forma interactiva vaya construyendo una instalación eléctrica. Por su similitud con un editor de texto -el cual construye un texto en forma interactiva- lo hemos denominado el editor de redes, y uno de sus objetivos es que debe manejar por lo menos la misma información que un diagrama unifilar.

Al construir una instalación eléctrica de potencia, requerimos en primer lugar de una base de datos con relaciones definidas entre:

- a) los motores y las cargas,
- b) la configuración del sistema -interconexiones y generación-, y
- c) los elementos de control.

Esta propuesta de relaciones corresponde también a la forma de introducir datos de cargas y de líneas en un programa de flujos.

### II.3.11 LA INFORMACION DE MOTORES Y CARGAS.

En esta relación se contiene la lista de motores y cargas estáticas te



niendo como llave de acceso el nombre o número de bus alimentador y el compartimiento o número de cubículo. La información más relevante de la carga o motor es:

- a) Descripción de la carga,
- b) Nombre o identificación de la carga (tag),
- c) Diagrama de alambrado,
- d) Número de esquema de circuito,
- e) Código de sistema,
- f) Valores nominales de carga mecánica, eléctrica y eficiencia,
- g) Corriente de motor bloqueado y a plena carga,
- h) Velocidad,
- i) Localización de las estaciones de control,
- j) Ajustes de los disparos de las protecciones o elementos térmicos,
- k) Llave de acceso al archivo de los elementos de control -clasificación-.

### II.3.12 LA INFORMACION DEL ARCHIVO DE CONFIGURACION DEL SISTEMA.

La información de este archivo define como se conectan las cargas. También define los datos y valores nominales de el equipo que suministra energía eléctrica a la carga en cuestión, como lo son los generadores, transformadores y ligas o enlaces; esto es, el archivo tiene información de los buses -nodos eléctricos- y conexiones -elementos con impedancia no nula- que conecta a dos buses como lo pueden ser de transformadores, cables y generadores (conectan el bus de referencia al sistema). De cada bus y conexión se debe contar con información que indique si está conectado o no para ese modo de operación.

La información relevante de los buses que se contiene en este archivo, es:

- a) Descripción.
- b) Capacidades interruptivas y momentáneas de los interruptores,
- c) Límites de voltaje, y
- d) Límites de reactivos.

La siguiente información se contiene para las conexiones en este archivo:

- a) Identificación de los buses inicial y final,
- b) Descripción (s=equivalente, t=transformador de dos devanados, x=transformador de tres devanados, b=conexión que puede ser cable, inductor, capacitor, interruptor de potencia, etc.),
- c) Valores nominales,
- d) Impedancia, y
- e) Reactancia capacitiva.

### II.3.13 INFORMACION DEL ARCHIVO DE ELEMENTOS DE CONTROL.

Para cada esquema de control, protección y medición se asigna una clasificación. Así, para un arrancador a tensión plena o un alimentador de un motor síncrono, bajo la llave de la CLASIFICACION se accesa al conjunto de componentes que definen ese esquema de protección y control como pueden ser los siguientes componentes:

- a) Transformadores de instrumento (tipo y valores nominales),
- b) Relevadores de protección,
- c) Switches de control,
- d) Indicadores,
- e) Dispositivos de medición,
- f) Transductores,
- g) Tamaño y tipo de arrancadores, y
- h) Características físicas del tamaño de compartimento o cubículo.

Con la anterior base informativa, se pueden escribir programas de computadora que ayuden en forma efectiva a lo largo de un proyecto. Se definen cuatro etapas en la aplicación del sistema para cada una de las fases de ingeniería: identificación, documentación, verificación y análisis del impacto.

### II.3.14 LA ETAPA DE IDENTIFICACION.

En esta etapa, los archivos iniciales de datos para un proyecto son construidos de acuerdo a las necesidades de un proyecto específico, basados en un diagrama de tubería e instrumentación, o pueden ser tomadas de un proyecto similar realizado anteriormente. La información inicial de los tipos de equipo puede venir de una base de datos con información de catálogos o proveniente de normas técnicas como las de NEMA o ANSI, y en forma interactiva ir formando la topología de la red. Conforme más plantas se construyen del mismo tipo, es fácil inicializar la información de un nuevo proyecto con partes de información de otras plantas que en el nuevo proyecto no cambian, como pueden ser áreas completas.

Los programas de computadora que hemos mencionado anteriormente pueden tomar la información requerida por ellos, y formar sus redes según el modo de operación. Así un programa de flujos o de corto circuito, dado el modo de operación, puede calcular los perfiles de voltaje o niveles de corto circuito en los diferentes nodos de la red.

Según estos resultados de análisis, la información de estos archivos es modificada en forma casi continua, y por ello es necesario asignar números de revisión oficiales similares a los números de revisión al editar los planos de una instalación.

### II.3.15 LA ETAPA DE DOCUMENTACION.

Conforme los proyectos se definen y se consolidan se va requiriendo información para diferentes usos y propósitos. Los usos más importantes son:

Directorio de cargas. Elaborado como si fuera un diagrama unifilar. Pudiendo listar equipo por cada bus eléctrico, sorteado por nombre, o por función, o por plano, pudiendo ser deseable diseñar los reportes según las necesidades.

Como herramienta de diseño. Utilizado para calcular el tamaño total de cada tablero, centro de control de motores, subestación, etc. De esta manera, conforme la carga va creciendo, se van agregando equipos, arrancadores, etc. y es necesario recalcular desde partes hasta todo un ensamble, como base para los cálculos de sistema y simulación de la operación de la planta, según el estado o modo definido previamente.

Como herramienta de procuración de equipos. Como se ha visto se cuenta con la información de cargas y equipos. Es fácil obtener del archivo de control de motores en lugar de los diagramas unifilares. Puede ser usado también como suministro de tableros de interruptores y protecciones de tensión media.

Especificaciones. De particular interés son las especificaciones de equipo, y a manera de ejemplo comentaremos que el formato de las especificaciones de equipo de grandes compañías de ingeniería como BECHTEL, las han desarrollado con un formato que parece apropiado para su elaboración por computadora; una primera parte que es aplicable a un generador por ejemplo, es de naturaleza esencialmente estática, esto es, la especificación tiene un alcance de suministro, los estándares de calidad, la forma como debe ser elaborada la propuesta del equipo por parte de los fabricantes, los requerimientos de servicio de diseño, la fabricación, el almacenamiento, manejo y transporte del equipo, la inspección y prueba, los requerimientos de documentos de ingeniería y los requerimientos de verificación de la calidad del equipo. La segunda parte de la especificación son los llamados Datos de Ingeniería, esto es, los datos específicos del generador que se trata de adquirir, datos como lo puede ser la capacidad, el voltaje, la relación de fases, o cualquier otro dato que varía de uno a otro generador en dos proyectos diferentes. Estos datos son los que esencialmente se manejan en el archivo de configuración del sistema, y se pueden elaborar programas de computadora que extraigan la información del archivo de configuración del sistema y la inserten en la especificación correspondiente a la manera de MAILMERGE, que es el módulo de insertar este tipo de información en el procesador de palabra denominado WORDSTAR.

### II.3.16 MODELO DE USO OPTIMO DE GABINETES.

A manera del ejemplo, planteamos el problema resuelto de minimizar el número de gabinetes necesario para que quepa el equipo de control y protección de un conjunto dado de motores que hay que colocar en ellos.

La formulación matemática sería:

$$\min \sum_i C_i * S_i$$

sujeto a:

$$\sum_j L_j * U_{ij} \leq L_i * S_i$$

$$\sum_i U_i = 1$$

$$U_{ij}, S_i = \{0,1\}$$

Donde:

$C_i$  = Costo de inversión del gabinete  $i$

$L_i$  = Longitud del gabinete  $i$

$L_j$  = Longitud del arrancador del motor  $j$

$S_i = 1$  si se usara el gabinete  $i$   
0 en caso contrario

$U_{ij} = 1$  si el motor  $j$  se coloca en el gabinete  $i$   
0 en caso contrario.

El problema anterior tiene una solución heurística. Si se acepta como restricción que la longitud de todos los gabinetes es la misma, es decir  $L_i = L$  para toda  $i$ , entonces es posible encontrar una solución heurística al problema de una manera muy eficiente. El algoritmo de solución es el siguiente:

1. Buscar el número mínimo necesario de gabinetes  $N_0$ :

$$N_0 = \left\lceil \frac{\sum_j L_j}{L} \right\rceil$$

Donde el tipo de corchetes escogido significa el menor entero mayor

o igual a la cantidad que resulte de la división.

2. Ordenar de mayor a menor la longitud de los motores, de modo que:

$$L_k \geq L_{k+1}$$

3. Acomodar los arrancadores de los motores en los gabinetes, empezando por el de mayor longitud aún no colocado.
4. Comparar el número N de gabinetes usados con el obtenido de la fórmula del paso 1 del algoritmo NO. Si  $N = NO$ , entonces la solución es óptima, en caso contrario, si la diferencia entre N y NO es significativa, buscar un nuevo acomodo de los motores según el punto 5 del algoritmo.
5. Buscar el conjunto K de motores de modo que:

$$a) \sum_{j \in K} L_j \leq L \quad \text{y} \quad \{L - \sum_{j \in K} L_j\} \text{ sea mínimo}$$

(La manera como lo hemos logrado, es sacando el arrancador del motor más grande colocado, cuando no caben en forma entera en el gabinete, colocando el de tamaño menor que le sigue, hasta pasar el tamaño del gabinete, al rebasar, si queda espacio libre, se saca el arrancador del motor más grande que se llevaba en la cadena, y se prosigue con el de menor tamaño).

b) Una vez satisfecho el criterio a), procurar siempre colocar primero los motores de mayor longitud.

#### II.4 LA INGENIERIA DE DETALLE Y LAS COMPUTADORAS.

La realidad de un proyecto de ingeniería es que las cargas y los detalles de los equipos que afectan al diseño se llegan a conocer una vez que han sido adquiridos y el fabricante entrega los planos PARA CONSTRUCCION. A estas alturas el diseño de detalle está bien avanzado, y con frecuencia la construcción del proyecto ha empezado. Si la información de construcción del fabricante difiere de la utilizada para el diseño, puede haber una sobrestimación o bajoestimación de los requerimientos de carga, teniendo un efecto negativo en cascada en todo el proyecto: se afectan planos de ingeniería, la programación de la construcción, la procuración de equipos, etc. Es hasta este momento en que toma significado la siguiente etapa del editor de redes del que se hablaba anteriormente.

##### II.4.1 LA ETAPA DE VERIFICACION.

En esta etapa, la idea de utilizar el editor de redes, tiene por obje-

to verificar que todos los cambios propuestos sean hechos en forma consistente. Se pueden contemplar programas dirigidos a verificar la consistencia de un cambio en la información de un equipo a lo largo de la documentación del proyecto. A manera de ejemplo diremos que un nuevo motor puede ser agregado después de haber puesto un pedido de un centro de control de motores. Debido a que el editor de redes está dirigido a la revisión de versiones, es posible generar una especificación complementaria del CCM.

Las siguientes habilidades del editor de redes deben estar presentes, para hacer más efectiva su ayuda: selección por tipo de equipo, actualizaciones globales de un cambio en un nombre, seleccionar a todo el equipo que es controlado desde un tablero, localizar a todos los motores que tienen un tipo de control o clasificación, indicar todos los planos en los que aparece un cierto equipo, editar listas de equipo a partir de cierto número de revisión.

#### II.4.2 LA ETAPA DE CUANTIFICACION DEL IMPACTO DE UN CAMBIO.

Un aumento de carga en un proyecto, cuando éste se encuentra en la etapa de ingeniería de detalle, puede provocar lo siguiente:

- 1) Se requiere capacidad adicional de transformadores.
- 2) Se requieren interruptores y alimentadores nuevos que no han sido especificados ni adquiridos.
- 3) Elementos de charolas y tuberías adicionales.
- 4) Elementos adicionales de los centros de control de motores y tableros de interruptores.
- 5) La carga agregada provoca una caída de voltaje inaceptable.
- 6) Se requiere control e instrumentación adicional.
- 7) Se introduce una corriente de corto circuito adicional, que originalmente no estaba planeada.
- 8) Puede requerirse una capacidad de corriente de carga continua superior en buses y tableros.

Se requieren una serie de programas de análisis -flujos, corto circuito, arranque de motores, etc.- y de síntesis que permitan cuantificar el impacto de un cambio, y que coadyuven en la preparación de los datos para los diferentes programas de análisis y síntesis de elementos requeridos en un proyecto eléctrico.

Una idea tomada de los simuladores de las plantas químicas que puede ser aplicada a la síntesis o análisis de equipo eléctrico diverso es el del programa MACS. Este programa cuenta esencialmente con dos módulos. El primero es lo que podríamos llamar el ejecutivo, y el segundo, es el grupo de subrutinas que efectúan los estudios de cada uno de los equipos involucrados. El ejecutivo tiene la tarea de fijar el modo de operación de las subrutinas, por ejemplo el modo 1 indica que cada subrutina al ser llamada debe de leer datos. Antes de mandar llamar a la subrutina de motores, el módulo ejecutivo prepara la información requerida por el módulo de motores en una lista de parámetros y en otra de "corrientes de entrada al módulo". La subrutina tiene la obligación de tomar la información de los parámetros y de las "corrientes de entrada", y calcular las "corrientes de salida". El módulo ejecutivo toma las "corrientes de salida" del módulo, y se encargará de entregar esta información como una "corriente de entrada" al equipo que se interconecte con este módulo. Alguno de los módulos es un módulo de convergencia, que determina en que momento se ha alcanzado la convergencia, lo que permite entonces que el módulo ejecutivo pase al modo en el que todos los módulos reportan sus resultados de salida, y editan sus parámetros sintetizados o especificaciones.

#### II.4.3 COMPUTER AUTOMATED DESIGN (CAD).

Los planos llamados ARREGLOS DE EQUIPOS así como los DIAGRAMAS UNIFILARES, y otros tipos de planos, siguen siendo la base de información para la construcción de los proyectos eléctricos.

La realidad es que en el pasado ha sido poco lo que las microcomputadoras han podido hacer en forma efectiva en esta etapa. La dificultad real no estriba en hacer uno o dos planos de esta naturaleza con una microcomputadora y la ayuda de programas como AUTOCAD. Dos son los tipos de problemas que se encuentran en una microcomputadora para poder hacer este trabajo en forma efectiva:

- 1) La cantidad de información. Las instalaciones eléctricas requieren que sus planos de arreglo de equipo sean verificados por otras especialidades civiles, tuberías, etc. con el objeto esencial de evitar colisiones o cruces con otros equipos y tuberías. Esto requiere que la microcomputadora personal almacene información de una diversidad muy grande de disciplinas, lo que casi automáticamente hace que las capacidades de disco y memoria necesarias para un gran proyecto que justifica este tipo de herramientas salga de las capacidades de un sistema personal.

- 2) La mayoría de los sistemas de CAD no entienden en esencia de que componente se trata. En otras palabras, los programas son capaces de tener incluso lo que se llama macroprogramación, esto es, uno describe los elementos de dibujo que componen un motor: círculo, las letras "MOT", los caracteres "x HP", e indicarles a los programas que se desea una copia del símbolo

Una idea tomada de los simuladores de las plantas químicas que puede ser aplicada a la síntesis o análisis de equipo eléctrico diverso es el del programa MACS. Este programa cuenta esencialmente con dos módulos. El primero es lo que podríamos llamar el ejecutivo, y el segundo, es el grupo de subrutinas que efectúan los estudios de cada uno de los equipos involucrados. El ejecutivo tiene la tarea de fijar el modo de operación de las subrutinas, por ejemplo el modo 1 indica que cada subrutina al ser llamada debe de leer datos. Antes de mandar llamar a la subrutina de motores, el módulo ejecutivo prepara la información requerida por el módulo de motores en una lista de parámetros y en otra de "corrientes de entrada al módulo". La subrutina tiene la obligación de tomar la información de los parámetros y de las "corrientes de entrada", y calcular las "corrientes de salida". El módulo ejecutivo toma las "corrientes de salida" del módulo, y se encargará de entregar esta información como una "corriente de entrada" al equipo que se interconecte con este módulo. Alguno de los módulos es un módulo de convergencia, que determina en que momento se ha alcanzado la convergencia, lo que permite entonces que el módulo ejecutivo pase al modo en el que todos los módulos reportan sus resultados de salida, y editan sus parámetros sintetizados o especificaciones.

#### II.4.3 COMPUTER AUTOMATED DESIGN (CAD).

Los planos llamados ARREGLOS DE EQUIPOS así como los DIAGRAMAS UNIFILARES, y otros tipos de planos, siguen siendo la base de información para la construcción de los proyectos eléctricos.

La realidad es que en el pasado ha sido poco lo que las microcomputadoras han podido hacer en forma efectiva en esta etapa. La dificultad real no estriba en hacer uno o dos planos de esta naturaleza con una microcomputadora y la ayuda de programas como AUTOCAD. Dos son los tipos de problemas que se encuentran en una microcomputadora para poder hacer este trabajo en forma efectiva:

1) La cantidad de información. Las instalaciones eléctricas requieren que sus planos de arreglo de equipo sean verificados por otras especialidades: civiles, tuberías, etc. con el objeto esencial de evitar colisiones o cruces con otros equipos y tuberías. Esto requiere que la microcomputadora personal almacene información de una diversidad muy grande de disciplinas, lo que casi automáticamente hace que las capacidades de disco y memoria necesarias para un gran proyecto que justifica este tipo de herramientas salga de las capacidades de un sistema personal.

2) La mayoría de los sistemas de CAD no entienden en esencia de que componente se trata. En otras palabras, los programas son capaces de tener incluso lo que se llama macroprogramación, esto es, uno describe los elementos de dibujo que componen un motor: círculo, las letras "MOT", los caracteres "x HP", e indicarles a los programas que se desea una copia del símbolo



del motor aquí, allí y allá. Pero estas programaciones no permiten guardar la información del metacomponente motor, que tiene un símbolo de dibujo, y que a su vez esa información puede ser tomada de un programa de flujos o de corto circuito o de especificaciones para que cumplan su cometido. Normalmente existe un conjunto básico de símbolos de dibujo, al que puede superimponerse un programa que es capaz de comandar al primer programa para que el símbolo de un motor cuando es seleccionado, entonces genere los componentes de dibujo elementales que integran al símbolo del motor.

#### II.4.4 CORETS.

Con este nombre se conoce el módulo gráfico de el paquete IPS de la WSSC (WESTERN SYSTEM COORDINATING COUNCIL) que resuelve los problemas de estabilidad y flujos para la red eléctrica más grande del mundo. Los resultados de sus cálculos, cuando uno los desea en forma gráfica, se obtienen de un conjunto de datos que uno prepara para la red. Los diagramas unifilares para una red pueden ser dibujados en uno de seis mundos. Cada mundo consta de 99 páginas en un arreglo de 9x11 páginas, cada una de ellas integrada por 900 celdas de ocho caracteres, en un arreglo de 15x60 celdas. Al dibujar un diagrama unifilar uno indica en que celda desea dibujar un bus o una línea o un transformador. Cada uno de estos elementos cuenta con una información que le es característica, por ejemplo el voltaje del bus, o el flujo real de la línea. Después de solicitar que se dibuje el bus n, uno indica en que parte desea que se imprima el resultado del voltaje del bus o dato en cuestión. Esto se puede hacer en forma gráfica o mediante tarjetas. Después de correr los programas para una red dada, uno puede solicitar que los resultados sean graficados, esencialmente en dos etapas: la primera corresponde a la generación del diagrama unifilar, y la segunda corresponde al vaciado de datos resultado del proceso de cálculo. Con objeto de mantener la integridad de los datos, sólo se permite que una variable determinada de un bus, sea desplegada en un solo lugar de un diagrama unifilar.

En este esquema, cada bus, línea, transformador, carga o generador es lo que se llama un metacomponente. Algo similar puede hacerse para los arreglos de equipo o diagramas de fuerza.

#### II.4.5 CUADROS DE CARGAS, DISEÑO DE CIRCUITOS DE ALUMBRADO Y DE MOTORES.

A lo largo del desarrollo de la tesis, se intentó desarrollar un programa de computadora que permitiera la elaboración de los cuadros de cargas en la forma como están elaborados los del apéndice; éste es, en la pantalla se despliega el cuadro de carga, con las columnas que corresponden a las barras del tablero. Al oprimir la tecla correspondiente a la flecha derecha, se puede seleccionar el amperaje de la protección, al oprimir una vez más la flecha derecha, se puede anotar y seleccionar una carga. Si se oprime CTRL/Z, equivale a hacer un zoom en el circuito, y se puede ir describiendo en forma incremental las coordenadas de cajas de conexiones, y el alumbrado del circuito. Se oprime otra tecla y se pueden calcular los conductores,

sus caídas de voltaje, su ampacidad y su color.

La utilización de las flechas para direccionar el cursor sigue una filosofía similar al de las hojas electrónicas de cálculo. Al bajar de renglón en la pantalla, automáticamente uno se refiere a otro circuito.

Con este sistema se pueden cuantificar los materiales de una instalación de iluminación, incluidas sus tuberías. Se pueden hacer diagramas isométricos con objeto de utilizarlos como números generadores, y obviamente se pueden elaborar los cuadros de cargas.

#### II.4.6 DETALLES DE CONSTRUCCION.

Una manera de simplificar el montaje de equipo y dispositivos comunes es mediante la elaboración de detalles de construcción, los cuales han mostrado a lo largo del tiempo que son capaces de mejorar la calidad y apariencia de las instalaciones eléctricas. Estos detalles constructivos, cuando son altamente repetitivos, conviene integrarlos dentro de los sistemas de cuantificación de materiales y/o de precios unitarios.

#### CABLES

#### II.4.7 GENERADORES DE CABLES.

Cada una de las clasificaciones de los esquemas de control, protección y medición de las que se habló en el inciso del editor de redes permite identificar cuantos cables de fuerza y de control se generan. Así, para un arrancador de motor a tensión plena de 460 volts con control desde el centro de control de motores, se sabe que se generan tres cables de fuerza, y si hay control local, otros tres cables de control para el llamado control a tres hilos.

Cuando la cantidad de cables es considerable, como lo puede ser en una planta de generación de energía eléctrica, o una fábrica de papel, u otra de magnitudes considerables, la cantidad de cables que se manejan es numerosa. Su nomenclatura es importante y varias instituciones como ANSI han intentado normalizarla. Cualquiera que sea la forma de nomenclaturarla, para efectos de mantenimiento así como para el control de la construcción, es importante que existan formas de identificar de donde a donde va un conductor, por que ruta de charolas o tubos, que conductores llegan a una unidad de instalación, etc. Estas listas de conductores pueden ser elaboradas por programas que se encarguen de generar los conductores de las tensiones adecuadas, tanto de fuerza como de control, protección y medición. Estas listas de conductores deben manejar también los conductores de instrumentación y los que aparezcan en los diagramas de control e interconexiones. En las plantas altamente automatizadas, se requiere algo equivalente para manejar los cables de datos para las computadoras.

Dos nuevas aplicaciones han aparecido en el mercado, que pueden ser derivadas de este programa: en el primer caso se generan por computadora los identificadores de los conductores en sus dos extremos. La otra aplicación que merece una mención aparte es la de ruteo automático y cálculo de charolas.

#### II.4.8 RUTEO AUTOMATICO Y CHAROLAS.

Una de las aplicaciones principales de los programas generadores de cables consiste en la determinación automática de la ruta de charolas por las que va pasando un conductor. Dadas las reglas implícitas en los códigos --- eléctricos de los países, como que no pueden mezclarse los conductores de dos voltajes diferentes, o que los cables de control de un motor si pueden ir - si se trata de bajo voltaje - con los conductores de fuerza de ésta, el objeto es calcular la sección de las charolas y tubería por donde van los miles de conductores.

Con los resultados del programa generador de conductores, y con la definición de los puntos extremos de las rutas de charolas, el objeto es determinar por que tramos de charolas van pasando los conductores. Esto se logra conociendo el punto de entrada de un conductor a la charola (punto más cercano a la carga) así como el punto de salida del conductor (centro de control de motores o tablero de control), y las longitudes de cada tramo de charola. La ruta puede ser determinada mediante la aplicación de los algoritmos de Dijkstra, Dantzing, tal como los desarrolla Ruhlen o alguno otro de programación dinámica, que resuelva el problema de la ruta más corta entre dos nodos de una red.

#### DOCUMENTACION.

#### II.4.9 PLANOS.

Es posible generar ayudas para el dibujo de planos, tanto diagramas unifilares como de arreglos de equipos como lo indicamos en CAD, con una microcomputadora. Otros resultados importantes serían las revisiones y los equipos que son impactados como parte de un cambio. Recuerdese que en el archivo de cargas aparece el número o plano de referencia. A similitud de un programa de computadora, un plano es modificado con frecuencia. Bajo el sistema operativo UNIX se ha desarrollado el paquete SCCS para llevar la documentación del sistema bajo desarrollo. Algo similar puede desarrollarse para las diferentes versiones de los planos.

Bill Frost, de Dupont, desarrolló un modelo relacional de datos para la elaboración de un proyecto. Las entidades normalizadas que resultan de tal diseño son:

- + Proyecto (#proyecto, constantes-de-proyecto)
- + Specs (#proyecto, spec-id, área, peso)
- + System (#proyecto, id-de-sistema, código-de-sistema, dibujo-de-referencia, #-de-última-revisión, descripción)
- + Cable (#proyecto, #cable, #alambre, código-de-sistema, de-dispositivo, de-terminal, de-dibujo, a-dispositivo, a-terminal, a-dibujo-de-referencia)
- + Equipo (#proyecto, #equipo, edificio, localización)
- + Ruta (#proyecto, de-#equipo, a-#equipo, ruta, longitud)
- + Dibujo (#-de-dibujo, título,...)
- + Índice-de-alambre (#-de-dibujo, #cable, #alambre, #proyecto)

Las restricciones semánticas modeladas son:

- + Un sistema, especificación de cable, cable, alambre, equipo, ruta, tienen cada uno un solo proyecto.
- + Un cable tiene una especificación, una ruta, un equipo en cada extremo.
- + Un alambre tiene un cable, un sistema, un dibujo en cada extremo.
- + Una ruta tiene un equipo en cada extremo.
- + Un cable y sus alambres van todos al mismo equipo.
- + Existe sólo una ruta óptima entre dos equipos.

De modo que pueden obtenerse las siguientes relaciones entre entidades:

proyecto									
1:M	sistema								
1:M		spec							
1:M		1:M	cable						
1:M	1:M		1:M	alambre					
1:M			M:2		equipo				
1:M			M:1		2:M	ruta			
				M:2				dibujo	

#### II.4.10 BITACORAS Y DOCUMENTACION OFICIAL DEL PROYECTO.

Para microcomputadora existe un conjunto de programas que facilitan mucho la edición de documentos y cartas oficiales, así como la retribución de información a través de búsquedas dentro del texto, con programas como Filling Assistant o Document Retrieval Assistant.

#### II.4.11 MEMORIAS DE CALCULO.

La memoria de cálculo de un proyecto puede ser algo muy elaborado. Debe estar constituida por los estudios que hayan sido elaborados como parte de la ingeniería conceptual, básica y de detalle. Como mínimo debe tener:

- + Criterio de diseño de los alimentadores.
- + Cargas y sus modos de operación.
- + Alimentadores y circuitos derivados: ampacidades y regulaciones de voltaje.
- + Protecciones.
- + Redes de tierra.
- + Especificaciones de equipo y materiales.
- + Cantidad de materiales.

#### II.4.12 SEGUIMIENTO DE DOCUMENTOS Y PERMISOS.

Uno de los problemas principales en la elaboración de los proyectos en México, para poder contar con energía eléctrica y con los permisos necesarios para operar, es el relacionado con los trámites respectivos. Un paquete de seguimiento de información o de control de proyectos como TIMELINE puede ser de utilidad.

#### II.4.13 COMUNICACION.

La elaboración de un proyecto de una instalación eléctrica más o menos grande, requiere de la participación de mucha gente. La coordinación de sus respectivos trabajos, de sus agendas de trabajo, la disseminación de información, la administración de los recursos que van desde salas de juntas hasta llamados telefónicos, la recepción o solicitud de información catalogada en los archivos electrónicos de proyecto, así como el correo electrónico en una forma similar a la de PROFS de IBM, sea una herramienta que está llamada a aumentar la productividad de un grupo de trabajo en proyectos.

**CAPITULO III  
EL PROYECTO DE  
UNA INSTALACION  
ELECTRICA**

## CAPITULO III

### EL PROYECTO DE UNA INSTALACION ELECTRICA

#### III.1 INTRODUCCION.

Cuando se decide elaborar un programa de computadora es importante evaluar que parte o proceso de ingeniería es el que debe sistematizarse, con el objeto de invertir los recursos en el veinte por ciento de las tareas que representan en realidad el ochenta por ciento del trabajo o del costo de un proyecto. Con esta idea, este capítulo revisa el alcance de un proyecto de ingeniería, y el tipo de personal que participa en él, tratando de arrojar luz sobre las áreas que consumen muchos recursos humanos o de cálculo.

#### III.2 PROPUESTA DE PROYECTO.

La propuesta de proyecto de una instalación eléctrica es un documento que pretende constituirse en un medio de comunicación con el cliente, y explicar con claridad el alcance del proyecto en términos legales y financieros. A continuación se presenta el índice del documento y sus propósitos.

##### III.2.1 CARTA DE PRESENTACION.

Dirigida a la persona encargada de decidir sobre la aceptación de la propuesta económica, su objeto es el de asentar la fecha de entrega de la propuesta, lo que tiene importancia para efectos de comprobaciones de participación en los concursos, en escalaciones de precio, etc.

##### III.2.2 ANTECEDENTES.

###### III.2.2.1 INTRODUCCION.

Esta sección tiene por objeto situar el problema a resolver, asentar citas y referencias personales de quienes han planteado el proyecto, así como la información clave sobre la que se basa la propuesta.

###### III.2.2.2 OBJETIVOS.

Con objeto de mostrar al cliente que se conocen sus motivos para elaborar el proyecto, así como dejar constancia de las causas o motivos que determinan la necesidad de el proyecto, es conveniente incluir los objetivos que el cliente persigue al elaborar un proyecto de esta naturaleza. Los objetivos a considerar pueden ser de carácter general o particular.

###### III.2.2.3 DOCUMENTACION.

Los planos topográficos, y mucha otra información, pueden ser tales

que un cambio o error en ellos tiene un efecto negativo en el proyecto. La idea de este inciso es hacer conciente al cliente de su responsabilidad en la información que el mismo suministra.

### III.2.3 ALCANCE DEL PROYECTO.

#### III.2.3.1 SUSTANCIA DEL PROYECTO.

Con ello se quiere indicar el sujeto del proyecto, esto es, ubicación de los inmuebles, si se incluye en el alcance desde la acometida hasta las cargas, tanto para energía de suministro normal, de emergencia, etc.

#### III.2.3.2 ALCANCE DEL PROYECTO.

Las fases de ingeniería que incluye la propuesta, desde el levantamiento de datos, la elaboración de memorias de cálculo, la ingeniería conceptual, básica o de detalle, así como lo que significan. De particular consideración para el cliente, es el establecimiento de si los planos, motivo de la propuesta deben o no ser firmados por un perito, y si el alcance del proyecto incluye la consecución de aprobaciones por la SECOFI o la tramitación del servicio eléctrico por parte del organismo suministrador ya sea CLFC o CFE.

#### III.2.3.3 RESULTADOS DEL PROYECTO.

Este párrafo intenta especificar con claridad que documentos integran el paquete de entrega del proyecto. Tiene por objeto delimitar con precisión en que momento el profesionista ha terminado su proyecto y su trabajo. Al ser un índice detallado de documentos así como el alcance aproximado de cada uno de ellos -ya sea plano o memoria de cálculo- se puede concluir que es una lista de actividades a realizar por parte del grupo de trabajo, y su mejor delimitación permite la mejor administración del proyecto.

#### III.2.3.4 BASES DEL PROYECTO.

Es conveniente establecer las bases sobre las cuales el proyecto se basa tanto desde el punto de vista técnico como financiero. Esto es con objeto de establecer un punto firme de partida a partir del cual se puedan cuantificar volúmenes adicionales de trabajo por efectos de cambios imputables al cliente o al profesionista. A manera de ejemplo, aquí se menciona si los maduros de los planos topográficos y plantas arquitectónicas serán suministrados por el cliente, si la información de equipos es responsabilidad del cliente o del profesionista. Un punto importante a tratar, es el del llamado CRITERIO DE DISEÑO, que es un documento que se elabora después de la ingeniería conceptual, y en el que el profesional asienta las características estructurales en las que se basa el proyecto, y que es firmado por el cliente, con el objeto de establecer la base a partir de la cual se inyectan recursos económicos fuertes para la elaboración del proyecto.



### III.2.3.5 REGLAMENTACION.

Es conveniente asentar la reglamentación existente al elaborar los proyectos, su versión. Esto puede tener un impacto importante desde el punto de vista legal, si la legislación sobre la materia cambia. En especial se hace cita a las Normas Técnicas de Instalaciones Eléctricas, y los acuerdos del diario oficial vigentes.

### III.2.4 PROGRAMACION Y TIEMPO DE ENTREGA.

#### III.2.4.1 PROGRAMACION.

En este párrafo se enlistan las actividades a realizar, de acuerdo a III.2.3.3, así como la cantidad que se ha planeado para la actividad, así como un diagrama de barras simplificado.

#### III.2.4.2 TIEMPO DE ENTREGA.

Aquí se hace mención de la cantidad de días calendario en la que el profesional se compromete a realizar el trabajo. Con cuidado habrán de establecerse condicionantes que pueda haber, como por ejemplo, "a partir de la fecha de entrega de la información contemplada en el párrafo xx".

### III.2.5 MONTO DE LOS SERVICIOS PROFESIONALES.

La mayoría de las compañías de ingeniería cobran los proyectos con base en la cantidad de horas de ingeniería contempladas en el alcance del proyecto. El cálculo del costo de hora de ingeniería se debe hacer con base en el costo pesado del equipo de trabajo, sin incluir trabajo de mensajería o secretarial, ya que estos son costos que acostumbran incluirse como indirectos. El concepto de hora de ingeniería aparte de que debe ser comprobable, conviene que quede claramente especificado, y debe ser medible con las tarjetas de utilización de horas para cada plano, ya que son la base de una buena administración así como también son la base para justificar aumentos de precio por cambios al proyecto.

Debido a los constantes aumentos en los precios, es conveniente aclarar que el precio de la hora de ingeniería se modificará por cualquier factor que altere la base de cálculo. Estos factores pueden ser directos, como los aumentos decretados a los salarios mínimos, o pueden ser indirectos al disminuirse la cantidad de horas laborables por semana, o cualquier otro tipo de acuerdo comercial, tripartita, etc.

### III.2.6 FORMA DE PAGO.

En este inciso se especifican las cantidades a cobrar, y que eventos deben cumplirse para que SINE QUA NON se efectuen los respectivos pagos.

### III.2.7 GASTOS REEMBOLSABLES.

En este inciso se aclaran los gastos variables que pueden presentarse, sujetos a comprobación y previa autorización del cliente, que no han sido incluidos como parte de la propuesta.

### III.2.8 RESPONSABILIDADES Y GARANTIAS.

Una delimitación clara a lo que el profesional se compromete en esta propuesta. Desde los aspectos laborales hasta los de calidad de resultados, producto de la propuesta, y los implicados desde el punto de vista legal.

### III.2.9 EXCLUSIONES.

En este punto se aclara lo que NO ESTA INCLUIDO en el alcance del proyecto, y que el cliente en una forma derivada o implícita puede estar esperando.

### III.2.10 ACLARACIONES.

Este inciso tiene por objeto dar forma a un sinnúmero de problemas que pueden presentarse en el desarrollo del proyecto. Aclaraciones que van desde los límites de responsabilidad y las facilidades de acceso a las instalaciones, hasta los términos en que se habrá de proceder en caso de suspensión del proyecto.

### III.3 INGENIERIA CONCEPTUAL.

La ingeniería conceptual que proponemos tiene por objeto permitirle al cliente decidir sobre las variables importantes del proyecto, y que frecuentemente son exógenas al proceso de diseño. Se cubren fases relacionadas con la factibilidad económica del proyecto.

Esta fase es importante, pues es tal vez, el único momento en el que se revisa el proyecto en forma sistemática, así como sus perspectivas. Su objetivo es ampliar el aspecto de soluciones, e incluir en la estructura eléctrica medios de poder soportar el crecimiento de la planta u oficina, tal como se ve desde el punto de vista de la planeación estratégica de toda la unidad fabril o empresa.

Quando se tiene cierta experiencia en el proceso industrial o comercial en cuestión, es relativamente fácil estimar las cargas eléctricas, y poner una cota superior a las capacidades eléctricas a instalar. La tabla 1 muestra una forma que puede utilizarse para la estimación de cargas normales y de emergencia.

1 GRUPO DE CARGAS	2 DESCRIPCION DE LA CARGA	3 CANTIDAD		4 CARGA UMT.	5=3.4 CARGA INSTALADA	6 FACTOR DE DEMANDA EST	7=5.6 CARGA DEMANDADA KW	8 FACTOR DE POTENCIA EST	9=7/8 CAPACIDAD REQUERIDA	
		NUMERO		W/m2 W/m3 W/UNIT	KW				KWA INDIVIDUAL	KWA GRUPO
	PERDIDAS DEL SISTEMA									
a	CARGA INSTALADA (CL)									
b	CARGA DEMANDA (CD)									
c	FACTOR DE DIVERSIDAD ESTIMADO									
c	CAPACIDAD DE RESERVA % * GDL en KVA									
d	CAPACIDAD DEL SISTEMA ASER SUMINISTRADA (GSC = (a/b)*c)									

TABLA 1. Forma para estimación de cargas.

Hay que reconocer que para muchos procesos industriales, la ingeniería conceptual y la ingeniería básica, ha sido realizada por grandes empresas de ingeniería extranjera, hasta que se logra la transferencia de tecnología. Así sucedió con proyectos de plantas termoeléctricas, de plantas nucleares, de ingenios azucareros, y muchos otros.

### III.3.1 VARIABLES QUE GENERAN LAS ALTERNATIVAS.

Con las capacidades máximas a instalar, se pueden establecer varias alternativas para la satisfacción de la demanda eléctrica. Estas alternativas son función esencialmente de:

- \* Los proyectos de expansión que sean probables en un horizonte del tiempo dados,
- \* De la inversión que se quiera o pueda realizar, según lo justifique el producto esperado.
- \* De la confiabilidad esperada del suministro de energía eléctrica.
- \* Y de la flexibilidad que se justifique para suministrar la energía eléctrica en las diferentes áreas de la planta.

Cada una de las alternativas generadas, es desarrollada en un anteproyecto, al cual se le estudian los problemas principales desde el punto de vista eléctrico: Regulación de voltajes, corto circuito, etc.

Luego sigue una evaluación económica de las alternativas. La idea es calcular los costos de cada alternativa con objeto de decidir sobre la mejor alternativa. La formulación del problema sería:

$$\text{MIN } I\$ + O\$ + F\$$$

Donde:

I\$ Costo de inversión  
O\$ Costo de operación.  
F\$ Costo de falla.

Los resultados de estos estudios se presentan en un documento, en el que se documenta el problema, las bases de éste, las alternativas generadas, y la comparación de alternativas en un cuadro similar al de la tabla 2, donde se presentan junto con sus ventajas y desventajas, así como una recomendación desde el punto de vista técnico según diferentes escenarios juzgados como probables. La idea es comparar alternativas sobre la misma base de costos, y para los efectos de estas decisiones, estimamos que una aproximación del 30% puede ser conveniente.

MUESTRA DE PROBLEMAS ECONOMICOS EN LA REHABILITACION

PARTIDA	EJEMPLO 1 SISTEMA RADIAL SIMPLE 23 KV C.F.E.*	EJEMPLO 2 SELECTIVO PRI- MARIO A 23 KV.	EJEMPLO 3 SELECTIVO PRI- MARIO DEL TRANSFORMA- DOR.	EJEMPLO 4 SISTEMA SELEC- TIVO SECUNDA- RIO.
(1) r= TIEMPO DE REPARACION DEL COMPONENTE O TIEMPO DE TRANSFERENCIA PARA RE-ESTABLECER EL SERVICIO.	1.0	2.52	0.69	0.32
(2) s= TIEMPO DE PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA, HORAS POR FALLA.	1.0	1.0	1.0	1.0
(3) r+s PARTIDA [(1) + (2)]	1.0	1.27	0.94	0.88
(4) gp= RENTAS PERDIDAS POR HORA DE INTERRUPCION DE PLANTA, \$/h.	\$1.0	\$1.0	\$1.0	\$1.0
(5) xp= VARIABLE DE COSTO RECUPERADO \$/h	\$1.0	\$1.0	\$1.0	\$1.0
(6) gp-xp [ TEMS (4)(5) VALOR DE LAS PERDIDAS DE PRODUCCION \$/h.	\$1.0	\$1.0	\$1.0	\$1.0
(7) (gp-xp)(r+s) = [PART.(6)x(3)] \$/FALLA	\$1.0	\$1.27	\$0.94	\$0.88
(8) xi= VARIABLE DE COSTO IRRECUPERABLE POR FALLA, \$/FALLA	\$1.0	\$1.0	\$1.0	\$1.0
(9) PARTIDAS (7)(8)	\$1.0	\$1.0	\$1.0	\$1.0
(10) =RAZON DE FALLAS POR AÑO	1.99	0.35	1.99	0.32
(11) PARTIDAS (9)x(10)=X, \$/AÑO	\$1.0	\$0.20	\$0.97	\$0.15
(12) C= INVERSION, \$	\$1.0	\$2.3	\$2.8	\$3.27
(13) F= FACTOR FIJO DE INVERSION POR AÑO.	0.4	0.4	0.4	0.4
(14) CF= COSTO FIJO DE INVERSION, \$/AÑO.	\$1.0	\$2.3	\$2.8	\$3.27
(15) g=x+CF, [PART (11)+(14)] , REQUERIMIENTOS DE RENTA MINIMA, \$/AÑO.	\$1.0	\$0.66	\$1.37	\$0.83

\* COSTO BASE

TABLA 2. Cuadro de Comparación de Alternativas.

	EJEMPLO 1		EJEMPLO 2		EJEMPLO 3		EJEMPLO 4		
	SISTEMA RADIAL SIN C.F.E.		SISTEMA SELECTIVO VO PRIMARIO A 23 KV.		SISTEMA SELECTIVO PRIMARIO PARA EL TRANSFORMADOR C.F.E.		SISTEMA SELECTIVO SECUNDARIO		
PARTIDA	UNIDAD COSTO	CANTIDAD	COSTO TOTAL	CANTIDAD	COSTO TOTAL	CANTIDAD	COSTO TOTAL	CANTIDAD	COSTO TOTAL
EQUIPO BASICO CIRCUITO INTERRUPTOR EN ALTA TENSION CADA UNO		1		1		2		2	
CIRCUITO ALIMENTADOR EN ALTA TENSION.		600		600		1200		1200	
TRANSFORMADOR DE 1000 KVA CON 2 SWITCH DE POSICION, CADA UNO.		1		1		—		2	
TRANSFORMADOR DE 1000 KVA CON 3 SWITCH DE POSICION, CADA UNO.		1							
CIRCUITO INTERRUPTOR 1800A BAJA- TENSION, CADA UNO.		1		1		1		3	
MCCB 600A, CADA UNO.		1		1		1		1	
ALIMENTADOR, BAJA TENSION.		300		300		300		300	
<b>COSTO EQUIPO BASICO</b>									
<b>SUB TOTAL</b>									
<b>COSTO TOTAL</b>									

TABLA 2. (Continuación). Cuadro de Comparación de Alternativas.

PARTIDA	UNIDAD COSTO	EJEMPLO 1		EJEMPLO 2		EJEMPLO 3		EJEMPLO 4	
		CANTIDAD	COSTO TOTAL	CANTIDAD	COSTO TOTAL	CANTIDAD	COSTO TOTAL	CANTIDAD	COSTO TOTAL
EQUIPO BASICO CIRCUITO INTERRUPTOR EN ALTA TENSION CADA UNO		1		1		2		2	
CIRCUITO ALIMENTADOR EN ALTA TENSION.		600		600		1200		1200	
TRANSFORMADOR DE 1000 KVA CON 2 SWITCH DE POSICION, CADA UNO.		1		1		—		2	
TRANSFORMADOR DE 1000 KVA CON 3 SWITCH DE POSICION, CADA UNO.		1							
CIRCUITO INTERRUPTOR 1600A BAJA-TENSION, CADA UNO.		1		1		1		3	
MCCB 600A, CADA UNO.		1		1		1		1	
ALIMENTADOR, BAJA TENSION.		300		300		300		300	
<b>COSTO EQUIPO BASICO</b>									
<b>SUB TOTAL</b>									
<b>COSTO TOTAL</b>									

TABLA 2. (Continuación). Cuadro de Comparación de Alternativas.

### III.3.2 EL CRITERIO DE DISEÑO.

Después de tomada la decisión, ésta se documenta en el llamado criterio de diseño. Este documento describe cualitativamente la columna vertebral del diseño. Se anotan en él las decisiones tomadas respecto a las fuentes de energía eléctrica normal y de emergencia; los criterios de expansión de los tableros o subestaciones principales; se describe el tipo de esquema eléctrico seleccionado -radial, secundario selectivo, etc-; se anotan los voltajes seleccionados, el tipo de protecciones a emplear en alta y baja tensión; los tipos de canalizaciones a emplear en alta y baja tensión; se preseleccionan los lugares para las subestaciones; el método de aterrizaje a emplear; los tipos de alumbrado esenciales en las áreas exteriores, de oficinas y de producción; la filosofía fundamental de control, protección y medición del equipo de planta y de servicios, así como los medios dispuestos para controlar el factor de potencia.

Este documento revisado, junto con los cuadros de cargas correspondientes, pasa a constituir el principio de la memoria de cálculo.

En el caso de las plantas nucleares diremos que se genera un documento llamado criterio de diseño, que se escribe para cada sistema o componente de la planta, donde se especifican con claridad las normas, límites de diseño, así como las especificaciones de "Quality assurance". En este documento se asientan los siguientes conceptos para cada sistema: Función principal, standares o normas que se aplican, criterio de diseño -capacidades y funciones que debe cumplir el diseño-, restricciones impuestas en el diseño, interfaces con otros sistemas (nombre, y tipo de interfase), así como referencias documentales a normas y regulaciones.

### III.4 INGENIERIA BASICA.

La idea de la ingeniería básica, como antes se indicó, es la de desarrollar el proyecto de la instalación eléctrica establecido en el criterio de diseño en todo lo relacionado con el equipo mayor con el propósito de adquirirlo.

La ingeniería básica así contemplada tiene la ventaja de que divide el proceso de ingeniería de un modo natural, pues el equipo mayor impone restricciones en el ensamble de sistemas, requerimientos de espacios y de servicio auxiliares. Con objeto de poder diseñar todos estos auxiliares, con frecuencia es necesario haber determinado quien es el fabricante, el cual, al suministrar información certificada para construcción permite el inicio de la ingeniería de detalle.

Así contemplada la fase de ingeniería básica, es fácil reconocer las necesidades de documentación, y que documentos la constituyen; esto es, se intenta garantizar la adquisición de equipos mayores y sistemas que cumplan con un propósito productivo, y que las soluciones de espacio asignadas a



cada unidad o equipo, sea desarrollada al llamado "límite de batería". Desde el punto de vista de función, de eficiencia y de calidad se escogen y especifican los equipos. Los planos que se desarrollan en esta etapa, buscan asignar espacio suficiente para poder dar mantenimiento a los equipos, para que su operación sea segura, y para que puedan entrar y ser instalados.

Así, los planos y documentos importantes de la ingeniería básica son los siguientes:

#### III.4.1 MEMORIA DE CALCULO.

Como su nombre lo indica, este documento registra los cálculos, y las bases de las decisiones tomadas respecto a las magnitudes principales de los equipos.

El siguiente índice para la memoria de cálculo ha sido obtenido de revisar con detalle el diario oficial del 25 de junio de 1984: Criterio de diseño; cargas por subestación, tablero o área; Cálculo de alimentadores: selección por ampacidad, caída de voltaje y corto circuito - flujos-; Cálculo de protecciones; selección para alimentadores, circuitos derivados, equipos y motores de protecciones por corto circuito y por sobrecarga -cálculo de corto circuito trifásico y monofásico -; Cálculo de la red de tierras, selección de conductor de puesta a tierra, puente de unión principal, calibre de conductores de aterrizamiento. Especificaciones de materiales, Especificaciones de equipos, cálculo de las cantidades de materiales, listas de equipos.

#### III.4.2 DIAGRAMA UNIFILAR Y DIAGRAMAS LOGICOS.

El diagrama unifilar ha sido desde hace mucho tiempo la base de comunicación de los ingenieros, y es la base para preparar la información de los estudios necesarios para los estudios eléctricos y para registrar la información fundamental de los equipos eléctricos.

Asociado a un diagrama unifilar, explicando el funcionamiento del equipo eléctrico y su interacción con los elementos mecánicos, de control, de instrumentación, hidráulicos, etc., se encuentran los diagramas lógicos. Estos diagramas se constituyen en la base de comunicación del ingeniero electricista con sus colegas de otras disciplinas. Los símbolos para los diagramas unifilares y los diagramas lógicos han sido normalizados. El Instituto de Ingenieros en Electricidad y Electrónica ha publicado los símbolos en "Electrical and Electronic Graphic Symbols and Reference Designations". El elemento de como desarrollar un Diagrama Unifilar completo se pueden encontrar en el llamado Libro rojo del IEEE, Std. 241. La simbología nacional exclusivamente para los elementos eléctricos más comunes ha sido publicada en un adendum al diario oficial del 14 de junio de 1984.

Diagramas Unifilares para Centros de Control de Motores y subestaciones han sido integrados en planos machotes con las llamadas "Cédulas de Cable y Conduit" por empresas de ingeniería nacionales, como Bufete Industrial.

### III.4.3 ARREGLOS DE EQUIPO.

Estos diagramas tienen por objeto mostrar el espacio asignado a cada equipo, buscando localizar al equipo eléctrico en forma temprana en sitios que minimicen el costo de transmisión de energía eléctrica, así como establecer una referencia de las trayectorias de los alimentadores principales. La localización de estos espacios deben de haber considerado las distancias mínimas de seguridad, de acceso, montaje del equipo, así como las distancias mínimas para el mantenimiento de los equipos. También deben considerarse los cruces e interferencias principales de alimentadores y charolas de cables con líneas de vapor, drenajes, y otro tipo de tuberías debe quedar resuelto, al menos en sus rutas y ejes principales.

### III.4.4 ESPECIFICACIONES Y LISTAS DE EQUIPO.

Dado que el objetivo de esta etapa de ingeniería es la adquisición de equipos mayores, resulta que las listas de equipo y las especificaciones son tal vez los documentos más importantes. Con frecuencia son usados como base para que los fabricantes de equipo participen en un concurso, donde el ganador es el que suministra el equipo.

Una especificación completa de equipo mayor de una compañía de ingeniería (BECHTEL) tiene los siguientes incisos:

- 1) Alcance de suministro;
- 2) Normas o Stándares de calidad (institución, número y nombre de la norma);
- 3) La documentación que se debe incluir como parte de la propuesta:
  - a) Las formas de la propuesta del concurso con información simplificada de ingeniería,
  - b) Formas de pruebas y de control de calidad,
  - c) Los planos, manuales y documentos de ingeniería que se deben incluir como parte de la propuesta -mismos planos que después de ser revisados por la empresa de ingeniería, deberán ser certificados para construcción por el fabricante- así como la información que dichos planos deben incluir como mínimo, y
  - d) Documentos de verificación por laboratorios;
- 4) Condiciones de servicio;
- 5) Requerimientos de diseño: valores nominales, elevaciones de temperatura y carga del equipo, características mecánicas de tanques y cazas, sus controles, auxiliares y provisiones de conexión y expansión de los mismos, equipo de medición y protección, el tipo y características de alambrado de fuerza y control;

- 6) Garantías que debe dar el fabricante, en el área de la eficiencia, de las elevaciones de temperatura, de corto circuito, etc.;
- 7) Fabricación (acabados);
- 8) Manejo, transporte y almacenamiento -responsabilidades, instrumentación interior para registrar impactos, dimensiones máximas de empaque para galibos-;
- 9) Inspección y prueba;
- 10) Datos de ingeniería;
- 11) Formas de propuesta: de costos, de transporte, de información de ingeniería, etc.

Asociado a cada especificación existe un comentario de ingeniería que indica lo que se incluye y lo que no se incluye, así como datos que pueden ser prototipo pero que antes de ser insertados en una especificación requieren del conocimiento e implicaciones por parte de la persona que especifica. Como información propietaria, viene el procedimiento de diseño y selección de parámetros del equipo mayor.

Gran parte de los "activos" de una empresa de ingeniería están constituidos por las especificaciones y procedimientos de diseño.

En la figura 1, se muestra una especificación de un transformador industrial. Esta especificación que desarrollamos, es una simplificación de una completa para un equipo mayor, y da una idea de la magnitud ajustada de una especificación a la media de las instalaciones industriales o comerciales que se encuentran en el país.

#### III.4.5 TABLAS DE CONEXIONES EXTERIORES.

Cuantificaciones mayores de cable de fuerza y control se anexan como parte de la ingeniería básica. Esto tiene como objeto estimar las cantidades y dimensiones de charolas, así como forzar la consideración temprana de rutas para cables en el conglomerado de tuberías y equipo por la llamada "ingeniería de planta".

#### III.4.6 PLANOS DE TIERRAS.

Debido a que la construcción de la obra civil de la planta, edificio o construcción debe contemplar como punto de inicio el sistema de tierras, ya que éste debe colocarse antes de las cimentaciones e ir sujeto a los miembros estructurales de las columnas y de las mismas cimentaciones, es conveniente su diseño completo en esta etapa de ingeniería.

#### III.4.7 DOCUMENTOS OFICIALES.

Las compañías suministradoras de energía eléctrica requieren construir facilidades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica para satisfacer la demanda que puede imponerle la construcción de una fábrica o un edificio comercial.

REVISION	NO. PORPEC.	AUTOR	DESCRIPCION	TIPO DOC.	PARTES		PARA		
					NIVEL	TRA-	CONTRATO No.	HOJA	
<b>TRANSFORMADOR:</b>				B) EN OTROS PUNTOS: DE ACUERDO CON ANSI C57.12.00 PARRAFO 7.3				SISTEMA SECUNDARIO: <input type="checkbox"/> NO ATERRIZADO <input type="checkbox"/> ATERRIZADO A SOLIDAMENTE	
CLASIFICACION <input type="checkbox"/> DE DISTRIBUCION <input type="checkbox"/> DE POTENCIA CONSTRUCCION <input type="checkbox"/> INTERIOR <input type="checkbox"/> INTERFERIE				CONDICIONES AMBIENTALES: DE ACUERDO A ANEXO A.				CARACTERISTICAS DE AISLAMIENTO DE TERMINALES DE DEVANADOS:	
CAPACIDAD NOMINAL _____ KVA				ALTA TENSION _____ KV BAJA TENSION _____ KV				VOLTAJE DE ALIMENTACION A VENTILADORES V/O BOMBAS (SI ES APLICABLE) _____ VOLTS CA	
FRECUENCIA: 60 HZ				PRUEBA DE BAJA FRECUENCIA _____ KV				TRANSFORMADORES DE CORRIENTE TIPO BOQUILLA, ALAMERADOS A CAJA DE TERMINALES:	
FASES _____				NIVEL BASICO DE AISLAMIENTO, BIL., ONDA COMPLETA DE 1.2 x 50 _____ KV _____ KV				<input type="checkbox"/> EN PRIMARIO <input type="checkbox"/> EN SECUNDARIO (VER ESPECIFICACION CORRESPONDIENTE)	
TIPO DE ENFRIAMIENTO				ONDA CORTADA _____ KV _____ KV				LIMITACIONES DE TEMPERATURA EN CONDICIONES DE CORTO CIRCUITO:	
<input type="checkbox"/> CA <input type="checkbox"/> OA/FA <input type="checkbox"/> OA/FA/FA <input type="checkbox"/> FOA				TIEMPO MINIMO DE ARQUEO _____ 1/SEG _____ 1/SEG				DE ACUERDO CON ANSI C57.12.00 PARRAFO 10.4	
<input type="checkbox"/> OA/FA/FOA <input type="checkbox"/> AA <input type="checkbox"/> OTRO _____				LA CLASE DE AISLAMIENTO DE LA TERMINAL DEL NEUTRO SERA _____ KV DE ACUERDO CON EL PARRAFO 4.2 DE ANSI C57.12.00 (TABLA 12).				DESPLAZAMIENTO ANGULAR ENTRE DEVANADOS: DE ACUERDO CON ANSI C57.12.00 PARRAFO 9.3.2	
LIQUIDO DE ENFRIAMIENTO:				LAS CARACTERISTICAS ELECTRICAS DE LAS BOQUILLAS DE ALTA Y BAJA TENSION SERAN SIMILARES A LAS DE EL AISLAMIENTO DE LOS DEVANADOS QUE CONECTAN.				LOS PICOS DE CARGA QUE EL TRANSFORMADOR DEBE SOPORTAR SIN DETERIORO DE SU VIDA NORMAL SERAN LOS INDICADOS EN LA TABLA 2-2 DE LA NORMA NEMA TR-98.	
<input type="checkbox"/> ACEITE <input type="checkbox"/> ASKAREL				LAS CARACTERISTICAS DE LA BOQUILLA DE NEUTRO (CUANDO EXISTA) SERAN SIMILARES A LAS DE LA TERMINAL DEL NEUTRO.				EL NIVEL DE RADIO INFLUENCIA MAXIMA SERA EL INDICADO EN LA NORMA NEMA TR-1, PARRAFO TR1-0.04	
NUMERO DE DEVANADOS _____				SALIDA DEL NEUTRO AISLADA EN LA CONEXION ESTRELLA: <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO				NORMAS APLICABLES:	
TENSION NOMINAL DE DEVANADOS:				NIVEL MAXIMO DE SONIDO DE (DE ACUERDO CON NEMA TR 1, TABLAS 0-1 A 0-4).				ANSI C57.12.00 NEMA TR 1	
PRIMARIO _____ VOLTS				SISTEMA PRIMARIO: <input type="checkbox"/> NO ATERRIZADO <input type="checkbox"/> ATERRIZADO A TRAVES DE UNA IMPEDANCIA.				C57.12.10 TR 11	
SECUNDARIO _____ VOLTS								C57.12.70 TR 98	
OTRO _____ VOLTS								C57.12.90	
CONEXION DE DEVANADOS:									
PRIMARIO _____									
SECUNDARIO _____									
OTRO _____									
IMPEDANCIA _____ %									
DERIVACIONES EN EL DEVANADO DE ALTA TENSION DE _____ % C/U, _____ ARRIBA Y _____ ABAJO DEL VOLTAJE NOMINAL.									
ELEVACION DE TEMPERATURA SOBRE UN AMBIENTE PROMEDIO DE 30 °C Y MAXIMA DE 40 °C :									
A) EN DEVANADOS									
<input type="checkbox"/> 55°C <input type="checkbox"/> 65°C <input type="checkbox"/> 55/65°C <input type="checkbox"/> OTRA _____ °C									

FIGURA 1. Especificación de un Transformador Industrial.

SECCION	NO.	PARTE	DESCRIPCION	TIPO DOC.	PARTES		PARA
					NEVEL	TRA--	
							CONT. HOJA
							HOJA
<p>PRUEBAS DE RutINA (DE ACUERDO CON ANSI C57. — 12.00, SECC. B)</p> <p>A) RESISTENCIA DE TODOS LOS DEVANADOS.</p> <p>B) RELACION A TENSION NOMINAL EN CADA UNA DE LAS DERIVACIONES.</p> <p>C) POLARIDAD Y RELACION DE FASES.</p> <p>D) PERDIDAS DE EXCITACION A TENSION Y FRECUENCIA NOMINALES.</p> <p>E) CORRIENTE DE EXCITACION A TENSION Y FRECUENCIA NOMINALES.</p> <p>F) IMPEDANCIA Y PERDIDAS CON CARGA A CORRIENTE Y FRECUENCIA NOMINALES.</p> <p>G) PRUEBA DE TEMPERATURA.</p> <p>H) PRUEBAS DIELECTRICAS (POTENCIAL APLICADO, — POTENCIAL INDUCIDO O AMBAS).</p>				<p>ELEVACION DE TEMPERATURA DE DEVANADOS: _____ °C</p> <p>CARACTERISTICAS DE AISLAMIENTO DE DEVANADOS:</p> <p>ALTA TENSION BAJA TENSION</p> <p>CLASE DE AISLAMIENTO _____ KV _____ KV</p> <p>PRUEBA DE BAJA FRECUENCIA. _____ KV _____ KV</p> <p>BIL., ONDA COMPLETA DE 1.2 X 50 1/2 SEG. _____ KV _____ KV</p> <p>ONDA CORTADA _____ KV _____ KV</p> <p>TIEMPO MINIMO DE ARQUEO _____ 1/2 SEG. _____ 1/2 SEG.</p> <p>CLASE DE AISLAMIENTO DE LA TERMINAL DEL NEUTRO _____ KV.</p>		<p>PESO INCLUYENDO LIQUIDO DE ENFRIAMIENTO _____ KG.</p> <p>DIMENSIONES MAXIMAS:</p> <p>ANCHO _____ CM</p> <p>LARGO _____ CM</p> <p>ALTO _____ CM</p>	
<p>ESTAS PRUEBAS SERAN EFECTUADAS DE ACUERDO CON LA NORMA ANSI C57.12.90 (IEEE STD. 262).</p> <p>QUESTIONARIO (PARA SER LLENADO POR EL FABRICANTE)</p> <p>FABRICANTE _____</p> <p>CAPACIDAD NOMINAL _____</p> <p>CAPACIDAD MAXIMA CONTINUA _____</p> <p>(APLICABLE SI OVA/FA, 55/65° O SIMILAR).</p> <p>TIPO DE ENFRIAMIENTO _____</p> <p>TENSION NOMINAL DE DEVANADOS:</p> <p>PRIMARIO _____ VOLTS</p> <p>SECUNDARIO _____ VOLTS</p> <p>OTRO _____ VOLTS</p> <p>IMPEDANCIA _____ ± _____</p> <p>NUMERO Y PORCENTAJE DE TENSION NOMINAL DE LAS DERIVACIONES: _____</p>				<p>CARACTERISTICAS DE BOQUILLAS:</p> <p>ALTA TENSION BAJA TENSION NEUTRO</p> <p>CLASE DE AISLAMIENTO _____ KV _____ KV _____ KV</p> <p>PRUEBA DE BAJA FRECUENCIA, SECC 1 MIN. _____ KV _____ KV _____ KV</p> <p>PRUEBA DE BAJA FRECUENCIA, HUMEDO, 10 — SEG. _____ KV _____ KV _____ KV</p> <p>BIL., ONDA COMPLETA DE 1.2 X 50 SEG _____ KV _____ KV _____ KV</p> <p>DISTANCIA DE FLASHEO SUPERFICIAL _____ CM _____ CM _____ CM</p> <p>NORMAS EMPLEADAS EN EL DISEÑO, CONSTRUCCION Y PRUEBAS: _____</p>			

FIGURA 1. (Continuación) Especificación de un Transformador Industrial.

REVISION	NO.	MODIFICACION	APRUBICACION	DESCRIPCION	TIPO DOC.	PARTES		PARA
					NIVEL			CONTRATO No.
					DENOMINACION	TRA.-		CONT. HOJA HOJA
<b>ACCESORIOS</b>								
	<input type="checkbox"/>			CAMBIAUTOR DE DERIVACIONES DE 5 POSICIONES PARA OPERACION MANUAL DESENERGIZADA EN ALTA TENSION CON BLOQUEO FOR MEDIO DE CANDADO.				<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>			CAMBIAUTOR DE DERIVACIONES CON CARGA.				<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>			INDICADOR MAGNETICO DE NIVEL DE LIQUIDO AISLANTE CON CONTACTOS.				<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>			TERMOMETRO DE CARATULA INDICADOR DE LA TEMPERATURA DEL ACEITE TIPO MAGNETICO CON AGUJA INDICADORA DE MAXIMO AJUSTABLE Y CON CONTACTOS DE ALARMA.				<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>			ARRANQUE DE VENTILADORES EN DOS ETAPAS.				<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>			VALVULA PARA DRENAJE.				<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>			VALVULA PARA EL FILTRO PRESNA.				<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>			BASE ESTRUCTURAL DESLIZABLE EN DOS DIRECCIONES PERPENDICULARES.				<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>			SUPERFICIES PLANAS NECESARIAS PARA EL APOYO DE GATOS DE LEVANTAMIENTO.				<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>			GANCHOS PARA LEVANTAR LA TAPA PRINCIPAL.				<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>			GANCHOS PARA LEVANTAR EL TRANSFORMADOR.				<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>			DISPOSITIVO PARA LEVANTAR EL CONJUNTO NUCLEO-LEVANTADOS.				<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>			2 CONECTORES PARA TIERRA PARA CABLE DE _____.				<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>			PLACA DE DATOS.				<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>			BANCO DE RADIADORES.				<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>			VENTILADORES.				<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>			PREVISION PARA FA.				<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>			TERMINALES DE ALTA TENSION CON GARGANTA.				<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>			TERMINALES DE ALTA TENSION EN GABINETE AUXILIAR.				<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>			TERMINALES DE ALTA TENSION EN LA TAPA.				<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>			TERMINALES DE BAJA TENSION CON GARGANTA.				<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>			TERMINALES DE BAJA TENSION SIN GARGANTA.				<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>			INDICADOR DE PRESION (VACUOMETRO).				<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>			APARTARRAYOS ( VER. ESPECIFICACION CORRESPONDIENTE ).				<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>			VALVULA DE SOBREPRESION MECANICA.				<input type="checkbox"/>

FIGURA 1. (Continuación). Especificación de un Transformador Industrial.

Tratándose de una fábrica, y dependiendo de la magnitud de energía eléctrica a considerar, resulta conveniente entrar en contrato con la empresa eléctrica hasta con siete años de anticipación, ya que este puede ser el tiempo en que la empresa construya las facilidades de generación que la nueva demanda puede imponer.

Cuando se trata de plantas menores, o de edificios residenciales, hemos encontrado que el tiempo de respuesta de la CLFC en México, puede ir de dos años, hasta un mínimo de seis meses. Al terminar la ingeniería básica, se cuenta con suficiente información para iniciar estos trámites.

### III.5 INGENIERIA DE DETALLE.

El objetivo de la ingeniería de detalle es el de dar toda la información para construir el edificio o la instalación requerida, con el mínimo de costo y con el máximo de calidad. Es fácil imaginar que entre menor sea el detalle y precisión de los equipos, y cantidades de materiales, así como el que la información esté disponible con la antelación necesaria, las instalaciones en cuestión pueden ser mejor construidas, y disminuir los retrasos por un mejor suministro de materiales y equipos. La idea, al terminar la ingeniería de detalle, es la de poder cuantificar el costo de la instalación con una precisión del  $\pm 10\%$ .

Así, la documentación de un proyecto de ingeniería de detalle, está constituido por:

#### III.5.1 SIMBOLOGIA.

Los primeros planos de un proyecto hacen referencia a la simbología de una instalación. Asociado a cada símbolo, se acostumbra poner algún identificador, que permite adicionalmente dar la especificación de los materiales en cuestión. Así, al lado del símbolo de una lámpara, puede ponerse un número, con el que revisando estos planos de simbología bajo el encabezado del símbolo, se encuentran las especificaciones de la lámpara.

#### III.5.2 CROQUIS DE LOCALIZACION.

Este croquis ubica a la instalación con respecto a accidentes geográficos importantes. De especial importancia es el establecimiento del norte geográfico, y con frecuencia en él se anotan los ejes de construcción. La temprana y sólida decisión de estos ejes es de capital importancia. Una versión reducida de este croquis es necesaria para integrar los planos de diferentes áreas, y con frecuencia se llama croquis de ubicación.

#### III.5.3 CUADROS DE CARGAS.

En los cuadros de cargas se consignan las bases de cálculo de todos

los tableros de distribución de energía. La forma de cálculo utilizada en México, sigue de cerca la representación de los tableros de distribución de energía.

#### III.5.4 DIAGRAMAS UNIFILARES.

De los diagramas unifilares, se acostumbra desarrollar uno para toda la instalación eléctrica hasta las subestaciones. Posteriormente se desarrolla uno por cada subestación y por cada Centro de Control de Motores, casi siempre acompañado de la llamada Cédula de Cable y Conduit.

#### III.5.5 DIAGRAMAS DE FUERZA.

Los diagramas de fuerza son planos topográficos o arquitectónicos en los que se ha vaciado en planta el dibujo del equipo eléctrico del área. En ellos se consigna el nombre de las máquinas, a que circuitos están conectadas, la ruta de tuberías y charolas que sigue el alimentador, asentándose en el plano las características de los conductores. Cuando la referencia a un detalle constructivo típico, y entregado al cliente como parte del proyecto no es suficiente para transmitir la forma como debe realizarse la instalación eléctrica, se hace un uso liberal de cortes y detalles, en los que se consigna información de montaje de subestaciones, tableros, equipos, componentes y elementos de charolas, de arreglos de conductores, y de espacios o áreas de seguridad. En estos planos se vacía información relacionada con las máquinas a montar, y existen referencias cruzadas a la información del fabricante y a otros planos para información adicional. Considerable impacto tienen las notas que acostumbran ponerse al lado de los planos, ya que pueden tener un alcance global, como puede ser la nota "toda la tubería empalmada debe ser de pared gruesa de 13 mm".

La cantidad de planos está dada en principio por las escalas, y por la cantidad de cortes y detalles a considerar. Es conveniente revisar que los planos arquitectónicos sean elaborados en las escalas aceptadas por las normas eléctricas, y normalmente se hacen divisiones un tanto naturales de áreas, aunque no siempre se pueden determinar las áreas con base en un criterio consistente de independencia del área, etc.

#### III.5.6 PLANOS DE ALUMBRADO Y CONTACTOS.

Estos planos son similares a los de fuerza, pero de alumbrado y contactos. Según el caso y la densidad del dibujo, el alumbrado y los contactos pueden hacerse en el mismo plano o en planos separados. Múltiples referencias a detalles de construcción previamente tipificados se hacen para indicar variaciones o puntos de conflicto.

#### III.5.7 PLANOS DE TIERRAS.

Estos, son planos arquitectónicos en los que se han trazado las redes



de tierras, y la forma como se le da continuidad a las canalizaciones metálicas. Se consignan detalles del puente de unión principal, del aterrizaje de los equipos, y en cada unión de materiales, se consigna el tipo de soldadura.

### III.5.8 PLANOS DE TELEFONIA.

En estos planos se consigna el cableado de telefonía así como su canalización, y es un lugar pertinente para el cableado de control por medio de controles distribuidos de acuerdo a los nuevos protocolos de datos de cómputo para controlar procesos industriales (MAP) y de procesos de oficina, (TOP).

### III.5.9 PLANOS DE CONTROL E INTERCONEXION.

Estos planos pueden tomar diferentes formas según lo que se requiera para interconectar el equipo de diferentes fabricantes. En realidad debiera decirse entre diferentes UNIDADES DE INSTALACION.

Estos planos, pueden ser trifilares, o esquemáticos de control, con frecuencia seccionados para indicar las conexiones entre una tablilla de conexión de una consola de control con sus sensores, etc. Están íntimamente ligados con las listas de instrumentos desarrolladas por la disciplina de instrumentación y control.

Suelen ser los últimos planos que se desarrollan, pues requieren que el llamado Ingeniero Arquitecto haya asimilado la información de los diferentes fabricantes y la consigne de modo que se integren los equipos en la forma funcional requerida.

Se acostumbra complementar estos planos con un diagrama simbólico de interconexiones, en donde cada interconexión entre equipos se identifica, de modo que un detalle o diagrama corresponda a esta interconexión.

### III.5.10 LISTAS DE VERIFICACION DE PLANOS.

Las siguientes páginas, consignan los requerimientos oficiales sobre cada uno de los planos antes mencionados, tal como se derivan del acuerdo del diario oficial del 14 de junio de 1984.

**REQUERIMIENTOS OFICIALES  
GENERALES PARA PLANOS ELECTRICOS PLANO \_\_\_\_\_**

ART DO	REQUERIMIENTO	CUMPLE SI/NO	OBSERVACIONES	
6.1	TINTA			
	REPRODUCIBLE			
6.2	TAMARO			
	70 x 110, 55 x 70, 35 x 55, 28 x 40, 21.5 x 28			
6.3	LETRA 2mm CLARA			
6.4	ESCALAS			
	1:1000 1:500 1:2000 1:1000 1:500 1:2000 1:100 1:50			
6.5	SISTEMA METRICO DECIMAL			
6.6	SOLO DATOS ELECTRICOS CLAROS			
	PERMITE INTERPRETACION CLARA NOTAS ADICIONALES REQUERIDAS			
6.7	SIMBOLOS DE NORMA			
	SIMBOLOS ADICIONALES			
6.8	CUADRO INFERIOR DERECHO			
	A) NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL SOLICITANTE			
	B) DOMICILIO: (CALLE, NUMERO, COLONIA, CODIGO POSTAL, POBLACION, MUNICIPIO, ENTIDAD)			
	C) USO AL QUE SE DESTINE LA INSTALACION			
	D) NOMBRE DEL PERITO			
	REGISTRO DEL PERITO			
	FIRMA DEL PERITO			
	E) FECHA DE ELABORACION DEL PROYECTO			
	F) ESPACIO PARA APROBACION SECOFIN	SELLOS		
	FIRMAS			
6.9	PLANO DE CONTINUIDAD DEL CONJUNTO MOSTRANDO	ACOMETIDA	PLANO	
			ACOTACION	
	SUBSTACION	PLANO		
		ACOTACION		
	ALIMENTADORES	PLANO		
		ACOTACION		
CENTROS DE CARGA	PLANO			
	ACOTACION			

**LISTA DE REQUERIMIENTOS OFICIALES  
DE LA DOCUMENTACION DE UN PROYEC-  
TO DE UNA INSTALACION ELECTRICA**

PROYECTO \_\_\_\_\_  
REVISO \_\_\_\_\_

POR \_\_\_\_\_

ART.	REQUERIMIENTOS	CUPLE SI / NO	OBSERVACIONES
6.10A	DIAGRAMA UNIFILAR		
6.10B	CUADRO DE DISTRIBUCION DE CARGA		
6.10C	PLANOS DE PLANTA Y ELEVACION		
6.10D	CROQUIS DE LOCALIZACION		
6.10E	LISTA DE MATERIALES Y LISTA DE EQUIPO		
6.10F	MEMORIA TECNICA		
8	PLANOS DE DETALLE		
9	SOLICITUD DE APROBACION DE PROYECTO		
12	SOLICITUD DE APROBACION DE LA CONSTRUCCION E INSTALACION ELECTRICA		

## REQUERIMIENTOS OFICIALES DEL DIAGRAMA UNIFILAR

PLANO \* \_\_\_\_\_  
 POR \_\_\_\_\_  
 FECHA \_\_\_\_\_

ART.	REQUERIMIENTOS	CUMPLE SI / NO	OBSERVACIONES
6.II A	MOSTRAR ACOMETIDA		
6.II B	SUBESTACION	CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS	
		SUBESTACION UNITARIA	
		* DE AUTORIZACION SI	
6.II C	ALIMENTADORES A CENTROS DE CARGA, FUERZA, ALUMBRADO	LONGITUD	
		CAIDA DE TENSION	
6.II D	ALIMENTADORES Y CIRCUITOS DERIVADOS	LONGITUD	
		CAIDA DE TENSION	
6.II E	PROTECCION DE ALIMENTADORES PRINCIPALES Y DERIVADOS	TIPO	
		MARCO	
		CAPACIDAD INTERRUPTIVA	
		RANGO DE AJUSTE	
6.II F	CONDUCTORES ACTIVOS Y NEUTROS DE ALIMENTADORES PRINCIPALES Y NEUTROS	CALIBRE	
		TIPO DE MATERIAL	
		AISLAMIENTO	
6.II G	CANALIZACION DE CADA ALIMENTADOR	TIPO	
		MATERIAL	
		DIMENSIONES	

## REQUERIMIENTOS OFICIALES DEL CUADRO DE CARGAS ( ALUMBRADO )

PLANO # \_\_\_\_\_ REV. # \_\_\_\_\_  
 POR \_\_\_\_\_  
 FECHA \_\_\_\_\_

ART.	REQUERIMIENTOS	CUMPLE SI / NO	OBSERVACIONES
6.12A	ALUMBRADO		
	NUM. DE CIRCUITO		
	NUM. DE LAMPARAS		
	DISPOSITIVOS ELECTRICOS		
	FASE A QUE SE CONECTA		
	CARGA EN WATTS		
	CORRIENTE EN AMP DE c/CIRCUITO		
	CONDUCTORES DE FASE	CALIBRE	
		PROTECCION	
		DIAMETRO DEL TUBO	
		NUMERO DE CONDUCTORES	
		TIPO DE AISLAMIENTO	
		COLO R	
	CONDUCTOR DEL NEUTRO	CALIBRE	
		TIPO DE AISLAMIENTO	
		COLOR	
	TIERRA	CALBRE	
		TIPO	
	DESBALANCEO		
	VOLTAJE		
	AMPERAJE BARRAS		
	W CTOS. 1 10 AMP		
	PROTECCION AMP DEL ALIMENTADOR		

## REQUERIMIENTOS OFICIALES DEL CUADRO DE CARGAS ( FUERZA )

PLANO# \_\_\_\_\_ REV.# \_\_\_\_\_  
 POR \_\_\_\_\_  
 FECHA \_\_\_\_\_

ART.	REQUERIMIENTOS		CUMPLE SI / NO	OBSERVACIONES
6.12 B	CIRCUITOS	NUMERO DEL FASE		
	MOTORES O APARATOS	CARACTERISTICAS : ( HP o KW ), VOLT, TIPO FS, FASES, RPM		
		NOMBRE DE LA MAQUINA QUE ACCIONE		
	CIRCUITOS	CALIBRE CONDUCTORES DIAM. DE TUBERIA		
	DESBALANCEO			
	RESUMEN			
	ZAPATAS AMPERES CAJA NEMA CATALOGO CONDICIONES DE HUMEDAD EMPOTRADO o SOBREPUESTO ALIMENTADOR C.C. CALIBRE DE ZAPATAS			

## REQUERIMIENTOS OFICIALES DE PLANOS DE PLANTA Y ELEVACION

PLANO \_\_\_\_\_ POR \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_  
 REVISION \_\_\_\_\_

ART DO	REQUERIMIENTOS	CUMPLE SI/NO	OBSERVACIONES	
6.13 A	MOSTRAR LA LOCALIZACION	ACOMETIDA		
		INTERRUPTOR GRAL. EQUIPO PRINCIPAL		
6.13 B		TABLEROS CCM TAB. ALIM. Y CTOS. FUERZA		
6.13 C	ALIMENTADORES Y CIRCUITOS DE ALUMBRADO Y DE FUERZA > 4M	TRAYECTORIA HORIZON. TRAYECTORIA VERTICAL CALIBRE		
		CANALIZACION	TIPO DIMENS.	
		# CONDUCTORES		
		AISLAMIENTO TIPO		
		NEUTRO		
		TIERRA		
		CORTES		
	MOTORES Y EQUIPO	NOMBRE LOCALIZACION LOCALIZACION DE SUS ARRO. LOCALIZACION DE SUS MEDIOS DE DESCONEJION		
		CONTACTOS	LOCALIZACION CIRCUITO TIPO	
			UNIDADES DE ALUMBRADO	LOCALIZACION IDENTIFICAR CIRCUITO IDENTIFICAR TABLERO LOCALIZAR APAGADORES Y CONTROLADORES ALTURA DE MONTAJE TIPO

### REQUERIMIENTOS OFICIALES DE PLANOS DE PLANTA Y ELEVACION (Cont.)

PLANO# \_\_\_\_\_ REV. \_\_\_\_\_

POR \_\_\_\_\_

FECHA \_\_\_\_\_

ART.	REQUERIMIENTOS		CUMPLE SI / NO	OBSERVACIONES
6.13D	AREA PELIGROSA	CLASIFICACION NTPIE		
6.13 E	DETALLES	CONCENTRACION DE INTERRUPTORES		
		DERIVACIONES DE ALIMENTA- DORES PRINCIPALES		



## REQUERIMIENTOS OFICIALES CROQUIS DE LOCALIZACION

PLANO# \_\_\_\_\_

ART.	REQUERIMIENTOS	CUMPLE SI / NO	OBSERVACIONES
6.14	LA MANZANA		
	CALLES QUE CIRCUNDAN		
	UBICACION DEL PREDIO DENTRO DE LA MANZANA		
	NUMERO DE LOTE ó OFICIAL		
	ORIENTACION		
	COLONIA		
	POBLACION		
	OTRAS REFERENCIAS		

## REQUERIMIENTOS OFICIALES LISTA DE MATERIALES

PLANO # \_\_\_\_\_ REV. \_\_\_\_\_  
 POR \_\_\_\_\_  
 FECHA \_\_\_\_\_

ART.	REQUERIMIENTOS	CUMPLE SI / NO	OBSERVACIONES	
6.15	POR CADA MATERIAL	MARCA		
		NUMERO DE REGISTRO ANTE SECOFI		
		DESIGNACION		
		TIPO		
		CATALOGO		
		TIPO		
	POR CADA EQUIPO	MARCA		
		NUMERO DE REGISTRO ANTE SECOFI		
		REFERENCIA		
		DESIGNACION		
		TIPO		
		ESPECIFICACION CARACTERISTICAS CATALOGO		

## REQUERIMIENTOS OFICIALES MEMORIA DE CALCULO

POR \_\_\_\_\_

FECHA \_\_\_\_\_

ART DO	REQUERIMIENTOS	CUMPLE SI/NO	OBSERVACIONES	
7	ANTECEDENTES E INTRODUCCION			
7.1	CRITERIO DE DISEÑO	FORMA DE OPERAR DE LA INSTALACION		
		CUADROS DE CARGA		
		SELECCION DE EQUIPO PAL		
		ALIMENTACIONES PRINCIPALES Y DERIVADOS	AMPACIDAD	
			TEMPERATURA	
		CAIDAS DE VOLTAJE		
		FACTORES DE DEMANDA		
	MOTORES Y EQUIPOS	(VER CUADROS DE CARGA) REGIMEN DE TRABAJO		
		TIPO DE SERVICIO		
	PROTECCIONES PRINCIPALES	CORTO CIRCUITO INTERRUPTIVO SIMETRICO		
		CAPACIDAD NOMINAL DE PROTECCIONES PRINCIPALES		
8.7	SISTEMA* DE TIERRAS	CRITERIOS		
		CALCULOS		

\* puede ser en planos

## REQUERIMIENTOS OFICIALES PLANOS DE DETALLES, SUBESTACION

PLANO \_\_\_\_\_ REV. \_\_\_\_\_  
 POR \_\_\_\_\_  
 FECHA \_\_\_\_\_

ART.	REQUERIMIENTOS	CUMPLE SI / NO	OBSERVACIONES	
8.1 a	a) MUESTRA ARREGLO DE LA SUBESTACION			
	b) DISTANCIAS ENTRE PARTES ENRGIZADAS Y LA TIERRA			
	( SUBESTACIONES ABIERTAS ) ALTURA DE MONTAJE	CUCHILLAS		
		INTERRUPTORES		
		APARTARRAYOS		
		POSTES		
		OTROS		
	VISTA DE PLANTA			
	VISTA DE ELEVACION			
	DETALLES ADICIONALES			
	ACOMETIDA ; INDICAR			
	SUBIDAS Y BAJADAS DE CONDUCTORES			
	CRUZAMIENTOS ENTRE LINEAS			
	MUFAS			
	INST. DE AISLADORES DE SUSPENSION			
DE ALFILER				
DE TENSORES				
DE RETENIDAS , ETC.				
8.1 b	LOCALIZACION DE:	DRENAJE		
		VENTILACION		
		EXTINGUIDORES		
		ACCESORIOS DE SEGUNDA		
		ACCESOS AL LOCAL		
		CERCAS		
		SISTEMAS DE TIERRA		

## REQUERIMIENTOS OFICIALES

PLANO \_\_\_\_\_ REV. \_\_\_\_\_  
 POR \_\_\_\_\_  
 FECHA \_\_\_\_\_

ART.	REQUERIMIENTOS	CUMPLE SI/NO	OBSERVACIONES	
8.1 b	Cont.	ANUNCIOS DE PELIGRO		
		TARIMAS AISLANTES		
		UNIDADES DE ALUMBRADO EMERGENCIA		
8.1 c	LOCALIZACION DE:	DUCTOS Y SUS CORTES		
		REGISTROS		
		VUELTAS DE CONDUCTORES		
	CONDUCTORES & CABLES	SU LOCALIZACION EN DUCTOS		
		CARAC. TENSION		
		TERIS- TIPO		
		TICAS. MARCA		
	AISLAMIENTO TIPO			
	AISLAMIENTO CLASE			
8.1 d	CONEXION ENTRE INTERRUPTOR AT Y PRIMARIO TRA	INDICARLA		
		MEDIOS DE SOPORTE		
		TERMINALES		
8.1 e	APARTARRAYOS	TIPO		
		TENSION NOMINAL DE OPR.		
	INTERRUPTORES:	TIPO		
		CORRIENTE NOMINAL (Amp.)		
		RANGO DE AJUSTE DISPARO		
		CALIBRACION		
		MUAcc. SIMETRICO d KA dc. SIMETRICO		
	FUSIBLES	TIPO	EXPULSION ó NO	
			LIMITADORES DE CORTE. POTENCIA	
		INDICADOR TIENEN	SI NO	
CORRIENTE NOMINAL				
VALOR DE CAPACIDAD INTERRUPTIVA				

### REQUERIMIENTOS OFICIALES

ART.	REQUERIMIENTOS	CUMPLE SI / NO	OBSERVACIONES
8.1 f	ACOMETIDA : MUA <sub>cc</sub> DEL SUMINISTRADOR		
8.1 g	BLOQUEOS		
	DE OPERACION CON CARGA DE DESCONECTADORES		
	DE PUERTAS		
8.1 h	TRANSFOR- MADOR		
	DATOS DE PLACA COMPLETA		
	TENSION ENTRADA		
	FASES		
	TAPS		
	CONEXION		
	TENSION SALIDA		
	FASES		
	HILOS		
	NEUTRO AISLADO		
	PESO ACEITE		
	PESO FIERRO		
	BIL		
	h. s. n. m.		
	TEMPERATURA		
	REACTANCIA		
8.1 i	DESCONECTADORES E INTERRUPTORES		
	TIPO DE		
	TIPO DE MECANISMO DE OPERACION		
	MATERIAL AISLADORES		
	MATERIAL		
	TIPO		
	TENSION DE OPERACION		
	BARRAS Y CONDUCTORES DE HT		
	TIPO BARRAS CONDUCTORES		
	DIMENSIONES		
	MATERIALES		
	CAPACITORES		
	CARACTE- RISTICAS		
	KVAS		
	KV		
	MONTAJE		
	DESCARGA		
	MEDIOS DE DESCONEXION		
	MEDIOS DE PUESTA A TIERRA		

**REQUERIMIENTOS DE DETALLES (PLANOS)**  
**PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE**

ART DO	REQUERIMIENTOS		CUMPLE SI/NO	OBSERVACIONES	
8.2	<b>TIPO DE PROTECCION</b>				
	<b>FUSIBLE</b>	<b>DOBLE ELEMENTO</b>			
		<b>LIMITADOR DE CORRIENTE</b>			
		<b>CONVENCIONAL</b>			
		<b>TENSION</b>			
		<b>CORRIENTE NOMINAL</b>			
	<b>TERMO MAGNETICO</b>	<b>CALIBRACION</b>			
		<b>CORRIENTE NOMINAL</b>			
		<b>TENSION</b>			
		<b>MARCO</b>			
		<b>CAPACIDAD</b>			
	<b>RELEVADORES</b>	<b>TIPO</b>			
		<b>RANGO DE AJUSTE</b>	<b>TAPS.</b>		
			<b>TD</b>		
		<b>CALIBRACION</b>	<b>TAPS.</b>		
<b>PICK UP</b>					
		<b>DIAL</b>			

LISTA DE REQUERIMIENTOS OFICIALES  
DE PLANOS DE DETALLES -CONDUCTORES-

PLANO \_\_\_\_\_ REV. \_\_\_\_\_  
POR \_\_\_\_\_  
FECHA \_\_\_\_\_

ART DO	REQUERIMIENTOS	CUMPLE SI/NO	OBSERVACIONES
8.3	CONDUCTORES	CALIBRE	
		TIPO DE MATERIAL	
		CLASE DE AISLAMIENTO	
		TENSION EN VOLTS	
		CABLE O ALAMBRE	
		TIPO DE MATERIAL DE CUBIERTAS	
		PANTALLAS SEMICONDUCTORAS	



**LISTA DE REQUERIMIENTOS OFICIALES  
DE PLANOS DE DETALLES -CANALIZACIONES-**

PLANO \_\_\_\_\_ REV \_\_\_\_\_  
 POR \_\_\_\_\_  
 FECHA \_\_\_\_\_

ART DO	REQUERIMIENTO	CUMPLE SI/NO	OBSERVACIONES
8.4 A	TUBOS CONDUIT	TIPO DE MATERIAL	
		ESPEJOR DE PARED	
		RECUBRIMIENTO	
		DIAMETRO NOMINAL	
		RIGIDEZ (FLEXIBLE O RIGIDO)	
8.4 B	DUCTO METALICO	AREA O SECCION TRANSVERSAL	
8.4 C	CHAROLAS	TIPO DE MATERIAL	
		ANCHO DE CHAROLA	
		DETALLE DE ACOMODO DE CABLES EN CADA TRAMO	
	CAMAS DE DUCTOS		

## LISTA DE REQUERIMIENTOS OFICIALES DE PLANOS DE DETALLES - MOTORES-

PLANO \_\_\_\_\_ REV. \_\_\_\_\_  
POR \_\_\_\_\_  
FECHA \_\_\_\_\_

ART.	REQUERIMIENTOS		CAMBIO SI / NO	OBSERVACIONES
8.5 a	MOTOR	DATOS DE PLACA		
8.5 b	SOLDADORAS	DATOS DE PLACA		
8.5 c	CONTROLADOR	TIPO	CLAVIJA, DESCONECTOR, INTERRUPTOR, CONTACTOR.	
			AUTOMATICO / MANUAL	
			A VOLTAJE PLENO ó A TENSION REDUCIDA	
			TAMAÑO	
		TIPO DE CUBIERTA		
8.5 d	PROTECCION DE SOBRE CORRIENTE	AMPERES		
8.5 e	MEDIO DE CONEXION	TIPO		
		CAPACIDAD		
		TENSION		
		CUBIERTA		
8.5 f	MOTORES	IDENTIFICARLOS (DAG)		
		VISTAS FISICAS		
		CUADROS DE CARGA		

## REQUERIMIENTOS OFICIALES ALUMBRADO Y CONTACTO

ART.	REQUERIMIENTOS	CUMPLE SI/ NO	OBSERVACIONES
<b>8.6 a</b>	<b>LAMPARAS</b>	TENSION	
		WATTS	
		PERDIDAS DE REACTOR	
		NUMERO	
	<b>REACTOR</b>	No. DE LAMPARAS	
		PERDIDAS	
		INDICAR SI INTEGRA EL PORTA LAMPARAS	
<b>PORTA LAMPARAS</b>	TIPO		
	TIPO DE CUBIERTA		
<b>8.6 b</b>	<b>CONTACTOS</b>	CAPACIDAD EN W	
		No. DE FASES	
		TENSION	
		TIPO DE CUBIERTA	

## REQUERIMIENTOS OFICIALES DE PLANOS DE DETALLES \_\_\_\_\_ TIERRAS\*

PLANO \_\_\_\_\_ REV. \_\_\_\_\_

POR \_\_\_\_\_

FECHA \_\_\_\_\_

ART.	DESCRIPCION	CUMPLE SI/ NO	OBSERVACIONES	
<b>8.7</b>	<b>SISTEMA ELECTRICO</b>	MUESTRA ATERRIZADO		
	<b>EQUIPO ELECTRICO</b>	PARTES METALICAS NO CONDUCTORAS MUESTRA ATERRIZADO		
	<b>ELECTRODOS</b>	DIMENSIONES		
		TIPO DE MATERIAL		
		LONG. ENTERRADA		
	<b>PUNET DE UNION</b>	CARACTERISTICAS		
		CONEXION C/ELECTRODOS		
		CONDUCTOR DE TIERRAS DEL SISTEMA (CONEXION)		
		CONDUCTOR DE TIERRA DEL EQUIPO (CONEXION)		
	<b>CONDUCTORES DE TIERRA DEL SMA</b>	CARAC- TERIS- TICAS	CALIBRE	
			MATERIAL	
			CONEXIONES	
	<b>CONDUCTOR DE TIERRA A EQUIPOS Y APARATOS</b>	CARAC- TERIS- TICAS	CALIBRE	
			MATERIAL	
			CONEXIONES	
<b>CONECTORES</b>	TIPO (SOLDABLE Y/ O TORNILLABLE)			
	MARCA			
	CATALOGO			

\* PUEDE SER MEMORIA DESCRIPTIVA

**DOCUMENTOS PARA SOLICITAR APROBACION  
DEL PROYECTO ELECTRICO**

ART.	REQUERIMIENTOS	CUMPLE SI / NO	OBSERVACIONES	
9	SE PRESENTA ANTE DGN/SECOFIN			
9.1	SOLICITUD	NOMBRE DEL RESP. DEL PROY.		
		No. DE REGISTRO DEL RESP. DEL PROYECTO		
		NOMBRE PERSONA ( FISICA o MORAL) DEL PROP. DE LA INST.		
	INSTALACION	DIRECC.	CALLE	
			NUMERO	
			POBLACION	
			MUNICIPIO	
			ENTIDAD	
	USO			
	CARGA ( KW)			
	UNA COPIA DEL PROYECTO (ART. 6.10)			
	MEMORIA TECNICA : UN TANTO			

## REQUERIMIENTOS DE CONSTRUCCION DE INSTALACIONES ELECTRICAS

POR \_\_\_\_\_  
FECHA \_\_\_\_\_

ART.	REQUERIMIENTOS	CUMPLE SI/NO	OBSERVACIONES	
10	CONSTRUCTOR	NOMBRE		
		No. DE REGISTRO		
		REGISTRO VIGENTE		
10.1	PROYECTO	APROB. PREVIAMENTE *		
10.2	MATERIALES	APROB. OFICIALMENTE *		
	APARATOS Y EQUIPOS	APROB. OFICIALMENTE *		
10.3	DEFICIENCIAS DEL PROYECTO	REPORTADAS CON ANTICIPACION		
10.4	CAMBIOS AL PROYECTO	APROBADOS POR SECO FI		
II	PRUEBAS MINIMAS	CONDUC- TORES	RESIST. AISLAM. CONTINUIDAD	
		CANALI- ZACIONES	CONTINUIDAD	
		RESISTEN- CIA	ELECTRODOS ARTIFICIALES	
			SISTEMA DE TIERRAS	

\* CONVIENE QUE ANTES DE EMPEZAR LA CONSTRUCCION SE TENGA  
LOS DOCUMENTOS DE APROBACION DE LA INSTALACION

## REQUERIMIENTOS DE APROBACION DE INSTALACION ELECTRICA

ART.	REQUERIMIENTOS			CUMPLE SI / NO	OBSERVACIONES	
<b>12.1</b>	<b>AVISO DE TERMINA- CION</b>	<b>PROPIETARIO</b>	NOMBRE			
			DIRECCION			
			FIRMA			
		<b>RESPONSA- BLE DE LA CONSTRU- CCION</b>	NOMBRE			
			NUMERO DE REGISTRO			
			VIGENCIA DE REGISTRO			
			FIRMA			
		<b>BAJO PROTES- TA DE DECIR VERDAD</b>	<b>PRO- YEC- TISTA</b>	NOMBRE		
				No. DE REGISTRO		
			<b>QUE LA INST. ELEC. SE HIZO</b>	FECHA DEL PROYECTO		
				AJUSTANDOSE AL PROY. APROB.		
				USANDO SOLO MATERIALES APROB.		
				USANDO SOLO EQUIPO APROB.		
		QUE SE HIZO CUMPLIENDO CON NTIE.				
		QUE LA CARGA EN KW (KVA DE LA SUBE) ES LA DEL PROYECTO				
<b>SOLICI- TANTE</b>	NOMBRE DEL SOLICITANTE					
	DIRECCION DE LA INSTALACION					
	GIRO					
<b>12.1h</b>	<b>RELACION DE CARGA</b>					
<b>12.1i</b>	<b>RESULTADOS DE PRUEBAS</b>	RESISTENCIA DE AISLAMIENTO				
		CONTINUIDAD CONDUCTORES				
		CONTINUIDAD CANALIZACION				
		RESISTENCIA ELECTRODOS				
		ZONA TIERRAS				

### III.6 PLANEACION Y ADMINISTRACION DE UN PROYECTO.

En los párrafos anteriores se ha intentado bosquejar los criterios para determinar las cantidades de planos que deben constituir un proyecto. Con objeto de cuantificar el trabajo involucrado, es conveniente indicar la manera usual de estimar la participación del personal en cada plano.

#### III.6.1 PERSONAL.

Un departamento de proyecto de instalaciones eléctricas usualmente cuenta con el siguiente tipo de personal: Jefe de departamento, jefe de ingenieros, ingenieros, supervisores, proyectistas, diseñadores y dibujantes. Con frecuencia, con varios niveles cada uno de ellos.

Las siguientes tablas indican en forma porcentual las participaciones del personal en las diferentes fases de la ingeniería:

##### III.6.1.1 INGENIERIA CONCEPTUAL.

	JEFE DEPTO.	JEFE PROY.	JEFE ING.	ING.	DIB.	MEC.
PROPUESTA DE PROYECTO	30	60				10
CARGAS	5	10	30	50		5
ESTUDIOS	5		10	85		
ALTERNATIVAS	5	10	12	63	5	5
CRITERIO DE DISEÑO	15	25	25	25	5	5

##### III.6.1.2 INGENIERIA BASICA.

	JEFE DEPTO.	JEFE ING.	ING.	PROY.	DIS.	DIB.	MEC.
MEMORIA DE CALCULO	5	20	70				5
ESPECIFICACIONES	5	10	55				30
DIAG. UNIF. Y LOG.	5	40	20		10	25	
ARREGLOS DE EQUIPO	2	10	30	40		18	
TABLAS DE CONEXIONES	1	5	60				34
LISTAS DE EQUIPO Y MAT.	1	10	40		30		19



III.6.1.3 INGENIERIA DE DETALLE.

	JEFE PROY.	JEFE ING.	ING.	SUP.	PROY.	DIS.	DIB.
MEMORIA DE CALCULO	5	15	60				20
SIMBOLOGIA Y CROQUIS	2	5		10	30		53
DIAGRAMAS UNIFILARES	10	15	35			10	30
CUADROS DE CARGA		3	15		50	12	20
PLANOS DE FUERZA		3	7	10	20	25	35
DIAGRAMAS DE ALUMBRADO		3	10	5	12	40	30
PLANOS DE TIERRAS		10	20	20	10		40
PLANOS DE TELEFONIA		10			40		50
DIAGR. DE CTRL. E INTERC.	5	10	50			15	20

III.6.2 TIEMPOS.

A continuación se muestra una tabla que intenta ayudar a estimar los tiempos de desarrollo de cada una de las actividades de ingeniería. Estas deberán ser matizadas por los grados de dificultad que se esperen en los levantamientos de datos de equipo, en la consecución de información, y en la dificultad global del proyecto. Las unidades de medición son, para datos: la unidad de equipo; para la memoria de cálculo: el estudio -vgr. flujos-; para los planos: el plano.

	CONCEPTUAL		BASICA		DETALLE	
PROPUESTA	250	1200				
MEMORIA DE CALCULO						
DATOS:		0.1	1	5		1
POR MOT			2	10		20
POR TBL			10	40		100
POR SUB		3				
FLUJOS		15	80	1200		
CORTO CIRC.		10	80	2400		
COORD PROT.			60	800		
TIERRAS		10	40	600		
ESPECIFICACIONES			40	1100		
DIAGRAMAS UNIFILARES		5	180	320	90	600
CUADROS DE CARGA		30	50	180	30	250
SIMBOLOGIA Y ESP MAT			20	50	30	110
PLANOS DE FUERZA			60	210	80	450
PLANOS DE TIERRAS		30	40	180	40	150
PLANOS DE ALUMB Y CONT			40	120	40	150
PLANOS DE TELEFONIA					60	***
PLANOS DE CTRL E INTERC.					90	300

### III.7 REQUERIMIENTOS OFICIALES.

#### III.7.1 ANTE EL ORGANISMO SUMINISTRADOR DE ENERGIA ELECTRICA.

La figura 2 muestra el conjunto de actividades y su secuencia que el usuario debe realizar para que logre firmar un contrato de suministro de energía eléctrica.

Las partes más relevantes del proceso, son la llamada SP, la OC y la firma del contrato. Como se observa en dicha figura 2, hay requerimientos que deben llenarse por parte del cliente ante la SECOFI, mismos que se describen en III.7.2.

##### III.7.1.1 SOLICITUD PRESUPUESTAL (SP).

La Solicitud Presupuestal (SP) es un trámite en el cual, el cliente interesado en conseguir un contrato de suministro de energía eléctrica para su instalación, efectúa ante la compañía suministradora, y que tiene por objeto que la compañía suministradora de energía eléctrica (CFE o CLFC) revise sus instalaciones en el área geográfica donde va a construirse la nueva instalación. Dependiendo de la disponibilidad de instalaciones y de energía la compañía suministradora determina las modificaciones y ampliaciones que debe realizar para este objeto, y determina el costo de construcción de la acometida y redes auxiliares. Finalmente le comunica al usuario el monto de la aportación económica que debe realizar si desea el servicio.

La figura 3, describe los requerimientos de documentación necesarios para iniciar una SP.

##### III.7.1.2 OBRA CIVIL (OC).

En este trámite el cliente paga la aportación patrimonial requerida por el organismo suministrador, y este último empieza la construcción de las instalaciones necesarias para dar el servicio de energía eléctrica.

Como esta actividad, puede convertirse en un cuello de botella del proyecto, debe ser vigilada muy de cerca.

##### III.7.1.3 CONTRATO.

La figura 4 muestra los requerimientos para la elaboración y firma del contrato de suministro de energía eléctrica.

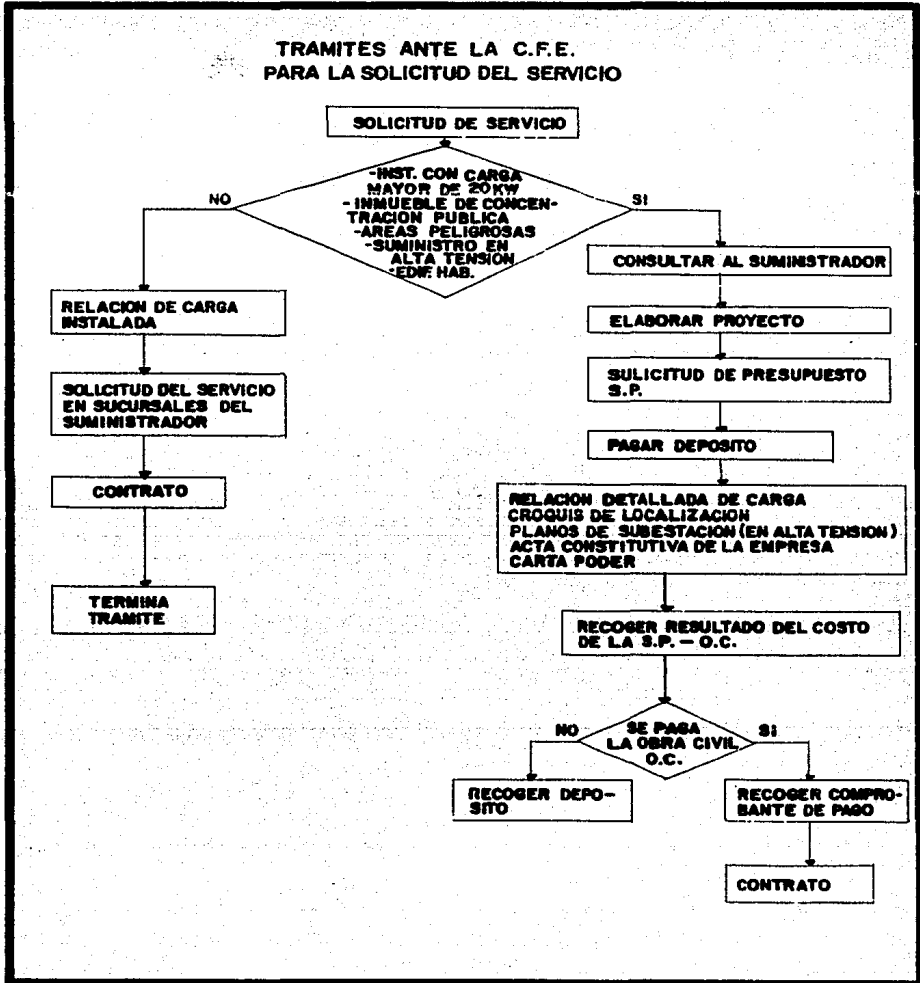


FIGURA 2. Secuencia de Actividades para realizar un contrato de Suministro de Energía Eléctrica.

SERVICIOS INDIVIDUALES CON CARGAS MAYORES DE 20 KW.

DATOS Y DOCUMENTOS QUE DEBEN PRESENTAR LOS SOLICITANTES.

- 1.- Presentar escrito u oficio del interesado o su representante legal (original y dos copias), dirigido a:

Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S.A.  
Presupuestos a Consumidores  
Melchor Ocampo No. 171-7º piso  
México 11379, D.F.

Indicando lo siguiente:

- a) Nombre o Razón Social
- b) Dirección del servicio (calle, número oficial, calles transversales, colonia, delegación o municipio y entidad federativa, código postal), anexando 3 croquis de localización.  
Dirección comercial para recibir notificaciones.
- c) Actividad o giro (oficinas, fábricas de . . . . . fundición, etc.)
- d) Tensión requerida (baja tensión 220/127 volts o alta tensión 20/23 KV).
- e) Relación detallada de la carga total según ejemplo del anexo 1 y tabla anexo 2.
- f) Si actualmente existe servicio de energía eléctrica, indicar:
  - Nombre
  - Número de Cuenta
  - Número o contrato (OC)
  - Carga en KW
  - Demanda en KW
  - Tensión en volts
- g) Nombre y teléfono de la persona que atenderá al personal de Proyectos de esta Compañía en el lugar del servicio para recibir indicaciones técnicas relacionadas con su solicitud.

FIGURA 3. Requerimientos de Documentación necesarios para iniciar una SP.

- 2.- Para conjuntos de dos o más servicios en baja tensión con cargas conjuntas mayores de 100 KW, adjuntar carta de compromiso según anexo 3, indicando en un plano el lugar cedido para la localización de la subestación propiedad de esta Compañía.
- 3.- Los servicios individuales que se suministrarán con un solo contrato, con cargas mayores de 100 KW deberán ser en principio solicitados en Alta Tensión. En caso de existir impedimentos técnicos por parte la Compañía o en caso de así pedirlo expresamente el usuario por escrito manifestando sus motivos, el servicio será proporcionado en baja tensión debiendo el solicitante entregar la carta compromiso de cesión de local para subestación a que hace referencia el inciso 2.
- 4.- Para servicios en Alta Tensión, proporcionar dos copias heliográficas del plano eléctrico de la subestación propiedad del solicitante con sus características técnicas y su localización dentro de su predio. En su caso deberá presentar la carta de falta de cuchillas de prueba según anexo 4.
- 5.- Cubrir un depósito de \$ \_\_\_\_\_
- 6.- Agradeceremos a usted que si su servicio se encuentra comprendido en cualquiera de los siguientes casos:
  - Industrial con más de 20 KW de carga.
  - En Alta Tensión.
  - Lugar de Concentración pública.
  - Area considerada peligrosa, contemplados en el acuerdo publicado -- por la SECOFI en el Diario Oficial del 18 de junio de 1984, inicie su gestión ante la Dirección de Electricidad en Puente de Tecama -- chalco No. 6, Sección Fuentes Tecamachalco, Naucalpan, Méx., a fin de obtener la aprobación de sus instalaciones eléctricas. La aprobación de la SECOFI en estos casos es requisito indispensable para la contratación y conexión de los servicios por lo que se sugiere -- iniciar de inmediato este trámite.

FIGURA 3. (Continuación). Requerimientos de Documentación para iniciar una SP.

NOTA: La tramitación de solicitudes de presupuesto deberá realizarse de 8:00 a 12:30 hrs., que es nuestro horario para recepción de pagos. --

A T E N T A M E N T E

COMPañIA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A.

( en liquidación ).

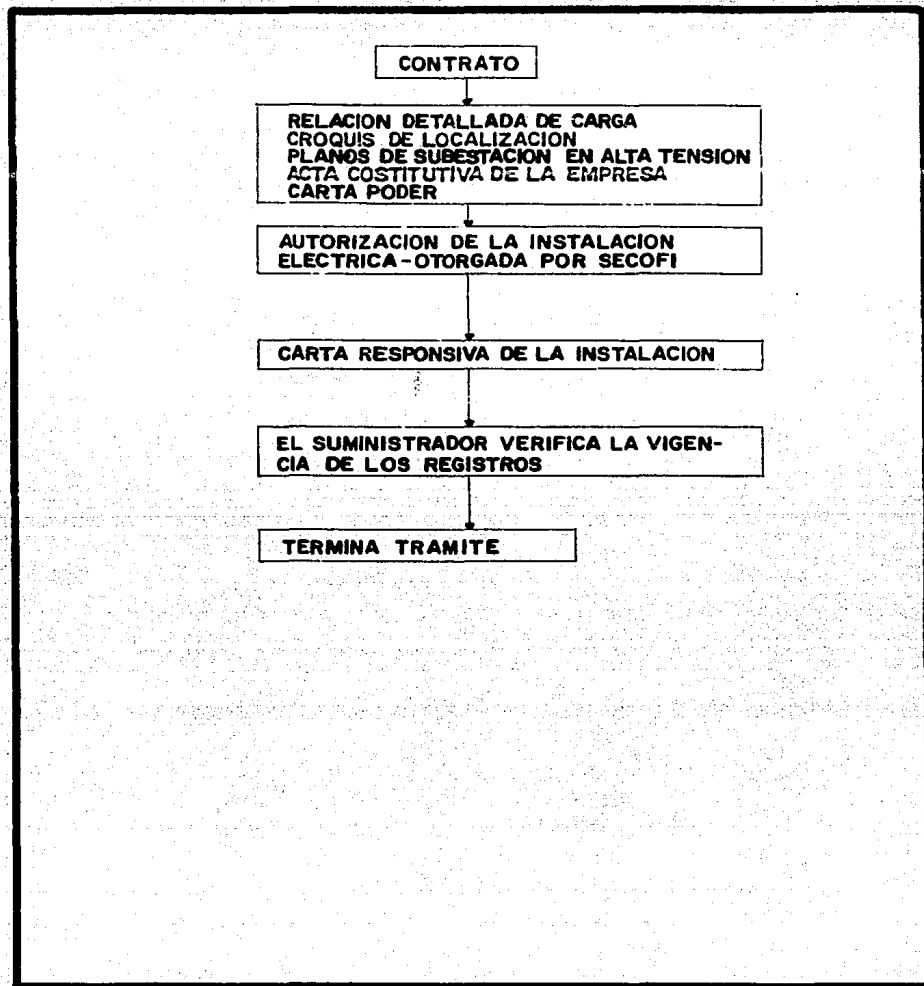


FIGURA 4. Requerimientos para la Elaboración y Firma del Contrato de Suministro de Energía Eléctrica.

### III.7.2 TRAMITES ANTE LA SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL.

La Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, a través de la Dirección General de Electricidad y Gas, debe aprobar un proyecto de una instalación eléctrica antes de que se construya, así como autorizar la operación de las instalaciones construidas de acuerdo al proyecto. Aún cuando se pueda objetar la participación de la SECOFI en la ruta crítica del proyecto, por su burocratismo, pensamos que su participación está ampliamente justificada, ya que su objeto es vigilar la seguridad de las personas y de las instalaciones.

#### III.7.2.1 SOLICITUD DE APROBACION DE UN PROYECTO ELECTRICO.

El trámite de solicitud de aprobación del proyecto eléctrico se inicia al registrar en la oficialía de partes una copia heliográfica del proyecto eléctrico, de la memoria de cálculo acompañada de la documentación adicional que se solicita en el siguiente formato de "Solicitud de Revisión de Proyectos", (figura 5).

Dentro de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial sigue el proceso de revisión y autorización que se ilustra en la figura 6. Por medio de un oficio similar al que se muestra en la figura 7, la SECOFI informa al perrito que ha sido aprobado el proyecto cuya revisión se ha solicitado.

#### III.7.2.2 SOLICITUD DE APROBACION DE LA CONSTRUCCION DE LA INSTALACION ELECTRICA.

Una vez terminada la construcción de la instalación eléctrica, es necesario recabar el permiso de operación de la instalación eléctrica, con objeto de que se pueda iniciar el trámite del contrato de suministro de energía ante la CFE o la CLFC. La construcción de la instalación o su ampliación debe estar a cargo de una persona previamente autorizada por la SECOFI, debiendo haber sido construida, tomando en cuenta lo siguiente:

- a) Apegándose al proyecto previamente aprobado por SECOFI.
- b) Utilizar materiales y equipos oficialmente aprobados por la SECOFI, con especial cuidado de los materiales y equipos empleados en las áreas peligrosas.
- c) Actualizar los cambios al proyecto y ponerlos a consideración de la SECOFI.

La figura 8, muestra una solicitud de autorización de la instalación eléctrica, a la cual debe anexarse una relación de cargas del proyecto y la llamada "carta responsiva", cuyo formato se muestra en la figura 9, y que es el documento en el cual el profesionista previamente registrado ante la



SOLICITUD DE REVISION DE PROYECTOS

SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL  
DIRECCION GENERAL DE INSPECCION Y VIGILANCIA,  
DIRECCION DE ELECTRICIDAD Y GAS,  
SUBDIRECCION DE ELECTRICIDAD,  
DEPARTAMENTO DE PROYECTOS,  
DR. CLAUDIO BERNARD No. 159  
COL. DOCTORES  
C.P. 06720 MEXICO, D.F.

México, D.F., a \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 19\_\_.

Por medio de la presente y con fundamento en los Artículos 28, 44 y demás relativos de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, solicito la revisión y dictamen del proyecto que muestra las instalaciones eléctricas correspondientes a \_\_\_\_\_

(Describir brevemente el giro o actividad a que se vaya a destinar), propiedad de \_\_\_\_\_ (Nombre de la persona física o moral), ubicadas en \_\_\_\_\_ (Calle, Número, Colonia, Delegación, Ciudad, Código Postal, Número Telefónico).

El proyecto en cuestión está elaborado bajo la responsabilidad del

C. \_\_\_\_\_ (Nombre completo)

con base a su registro No. \_\_\_\_\_ (S E C O F I), con domicilio en \_\_\_\_\_ (Calle, Número, Colonia, Ciudad, Código Postal, Número Telefónico);

dicho proyecto consta de \_\_\_\_\_ (Número) copias heliográficas, con una carga de \_\_\_\_\_ KW y/o \_\_\_\_\_ KVA, en \_\_\_\_\_ Volts. (Tensión)

FIGURA 5. Formato de Solicitud de Revisión de Proyectos.

Asímismo se anexa la siguiente información:

1)Fotocopia de la credencial vigente del responsable del proyecto y el de la construcción eléctrica, (en caso -- de ser distinto, mencionar el domicilio completo y número telefónico). \_\_\_\_\_

2)Programa de obras.

Obra nueva

Ampliación

3)No se anexa programa de obras debido a que las instalaciones eléctricas están terminadas a la fecha.

Por omisión, el responsable de la construcción eléctrica no presentó previamente el proyecto -- eléctrico correspondiente para su revisión y -- dictamen.

Por tratarse de un levantamiento de instalaciones eléctricas inexistentes.

El proyecto de referencia contempla las modificaciones que son necesarias de realizar en las instalaciones eléctricas de acuerdo a Normas Técnicas.

El proyecto de referencia concuerda con la instalación eléctrica existente y satisface las Normas Técnicas.

Por tratarse solamente de un proyecto, mismo -- que se ignora cuando se ejecutará la obra eléctrica correspondiente.

Por tratarse de una regularización del contrato de suministro eléctrico.

Por tener servicio provisional.

Por cambio de tarifa.

Por tener conexión directa con las cargas del -  
suministrador, sin el contrato correspondiente.

Por cambio de razón social.

Otros casos \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

A T E N T A M E N T E .

\_\_\_\_\_  
(NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL RESPONSABLE)

### REVISIÓN Y AUTORIZACIÓN DEL PROYECTO ELÉCTRICO, TRAMITACIÓN ANTE LA SUBDIRECCIÓN GENERAL DE ELECTRICIDAD.

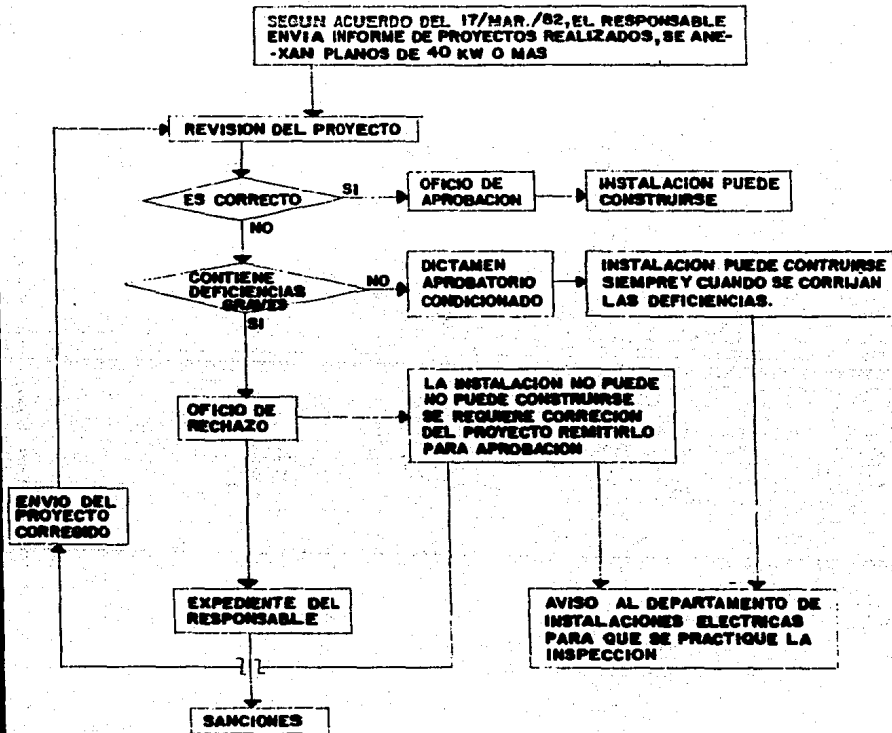


FIGURA 6. Proceso interno de SECOFI de Revisión y Autorización de un Proyecto Eléctrico.



MINISTERIO DE ENERGIA Y OBRAS PUBLICAS

SECRETARIA DE COMERCIO Y INDUSTRIA - DIRECCION DE LA INDUSTRIA Y COMERCIO - DEPARTAMENTO DE INDUSTRIA Y COMERCIO - JUNTA DE TRABAJO TECNICO Y COMERCIAL

NUMERO DE OFICIO 4325 EJECUTIVO 1257305-0

ASUNTO Se autoriza proyecto de instalacion electrica en bajo tension en finca...

Municipalidad de Jufres, Ldo. de Mex., 20 de Junio de 1966

U. E. de Jufres S.A. No. 223-105

14 JULIO 1966 SECRETARIA DE COMERCIO Y INDUSTRIA OFICINA DE ARCHIVO DESPACHADO

Con fecha 23 de mayo de 1966, se recibieron para revisión y estudio correspondiente, 3 copias heliográficas y una memoria técnica sobre el proyecto eléctrico de una procesadora de plátano, elaborada bajo su número bibliográfico, con licencia de registro I-III-193-0. La instalación referida a dicho proyecto es para finca de la finca El Gallo, zona de cultivo, ubicada en Calle No. 11, Ciudad de Barranquilla.

La instalación eléctrica en bajo tensión, consistente en faros, alumbrado y circuitos en una carga total de 24.370 kw.

Se autoriza el proyecto de referencia, de conformidad con el reglamento de instalaciones eléctricas y sus normas técnicas, con excepción de los puntos que a continuación se señalan, mismos que deben ser corregidos en la instalación eléctrica correspondiente.

- 1.- Los motores mayores de 10 CV., deben contar con un arranque a tensión reducida, como se indica en el artículo 4.3.66.
- 2.- Es necesario que el pl no está formado por usted en forma autógrafa.

Reitera a usted el atento reconocimiento. SECRETARIO GENERAL DE LA INDUSTRIA Y COMERCIO

- 3.- 3 copias heliográficas y memoria técnica descriptiva.
- 4.- 1 copia del plan de instalación y vigila.
- 5.- 1 copia del plan de instalación y vigila.
- 6.- 1 copia del plan de instalación y vigila.
- 7.- 1 copia del plan de instalación y vigila.
- 8.- 1 copia del plan de instalación y vigila.

AL CONTAR ESTE OFICIO, CENSEN LA PAGINA Y LOS DATOS CONTENIDOS EN EL ARCHIVO SUPERIOR DERECHO.

SECRETARIO GENERAL

FIGURA 7. Oficio de Aprobación de un Proyecto Eléctrico.

Solicitud de autorización  
de la instalación eléctrica.

SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL  
DIRECCION GENERAL DE INSPECCION Y VIGILANCIA  
DIRECCION DE ELECTRICIDAD Y GAS  
AV. PTE TECAMACHALCO No. 6  
LOMAS DE TECAMACHALCO  
SECC. FUENTES C.P. 53950  
NAUCALPAN, MEX.

De conformidad a lo previsto en el Artículo 202 del Nuevo Reglamento  
de la Ley de la Industria Eléctrica se solicita a esa Dependencia la autori-  
zación de la instalación eléctrica de la Empresa \_\_\_\_\_

Ubicada en \_\_\_\_\_

cuya actividad es \_\_\_\_\_

DESCRIPCION

CARGA

NOMBRE Y FIRMA DEL SOLICITANTE.

CARTA DE RESPONSABILIDAD

SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL.  
DIRECCION GENERAL DE NORMAS.  
DIRECCION DE ELECTRICIDAD Y GAS.  
SUBDIRECCION DE ELECTRICIDAD.  
P R E S E N T E .

El suscrito \_\_\_\_\_  
con domicilio para recibir notificaciones en \_\_\_\_\_ y  
Clave de Registro en la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial No. \_\_\_\_\_,  
manifiesta a esa Dependencia, ser el responsable de la construcción de las instalaciones eléctricas de la empresa denominada \_\_\_\_\_  
cuyo giro es \_\_\_\_\_  
con domicilio en \_\_\_\_\_

según lo prescribe el Capítulo XIX del Reglamento vigente de la Ley de la Industria Eléctrica.

Asimismo declara, bajo protesta de decir verdad lo siguiente:

- a) Que la construcción eléctrica se realizó ajustándose al proyecto, elaborado con fecha \_\_\_\_\_ y bajo la responsabilidad del C. \_\_\_\_\_ con clave de registro No. \_\_\_\_\_ . Aprobado en Oficio No. \_\_\_\_\_ de fecha \_\_\_\_\_.
- b) Que se utilizaron los materiales, equipos y componentes oficialmente aprobados.
- c) Que las instalaciones eléctricas satisfacen los requisitos establecidos en las Normas Técnicas del Reglamento de Instalaciones Eléctricas.
- d) Que la carga manifestada en el proyecto (KVA para Subestaciones) corresponde a lo construido. Se anexa relación de cargas.
- e) Que la fecha en que se terminó (o terminará) la construcción eléctrica es (será). \_\_\_\_\_
- f) Que el resultado de las pruebas eléctricas arrojó los siguientes valores:
  - Resistencia de aislamiento de los conductores \_\_\_\_\_ Ohms.
  - Continuidad de conductores.
  - Continuidad de canalizaciones.
  - Resistencia de electrodos artificiales \_\_\_\_\_ Ohms.
  - Resistencia total del sistema de tierras (solamente en Subestaciones) \_\_\_\_\_ Ohms.

A T E N T A M E N T E .

\_\_\_\_\_  
(Nombre y firma del responsable de la construcción eléctrica)

SECOFI, se hace responsable de la construcción de la instalación, e indica que ha cumplido con la reglamentación en la materia.

La figura 10, muestra el procedimiento de revisión interno de la SECOFI, y la figura 11, muestra un oficio de autorización de la construcción de la instalación eléctrica.



**TRAMITE DE INSPECCION DE LA OBRA ELECTRICA REALIZADO POR LA SECOFI, ANTES DE OTORGAR LA AUTORIZACION DEFINITIVA**

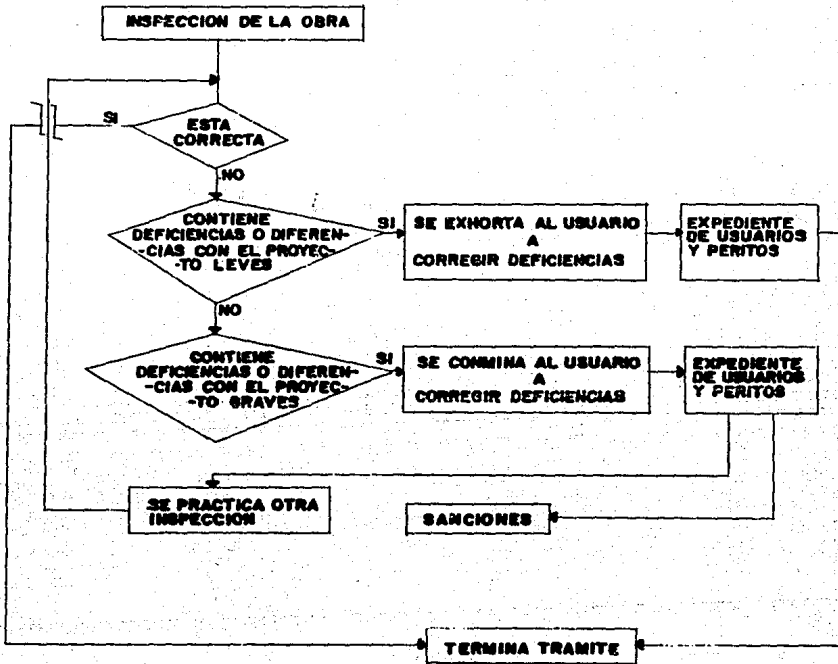


FIGURA 10. Procedimiento de Revisión Interno de la SECOFI de la Construcción de una Instalación Eléctrica.



SECRETARÍA DE  
COMERCIO Y  
FOMENTO INDUSTRIAL

DEPENDENCIA DIRECCION GENERAL DE INSPECCION  
Y VIGILANCIA. DIRECCION DE ELECTRICIDAD Y  
GAS. SUBDIRECCION DE ELECTRICIDAD. DEPTO.  
DE INSTALACIONES ELECTRICAS. PDET-DE TRCA  
MACHALCO No. 6, SECC. FUENTES, EDO. DE MEX.

No. DE OFICIO  
139-400-6090

EXPEDIENTE

ASUNTO: Se autoriza el uso de su instalación eléctrica.

Naucalpan, Méx., a 9 de octubre de 1986.

PLASTICOS FRIGOSC, S.A. DE C.V.  
UDA. DE LA VIGA No. 11  
COL. ESPERANZA,  
MEXICO 06840, D. F.

En relación a la solicitud de autorización de su instalación eléctrica, que presentó en esta Secretaría el 29 de septiembre de 1986 y a la verificación efectuada el 30 de septiembre del mismo año, con fundamento en el Artículo 202 del Nuevo Reglamento de la Ley de la Industria Eléctrica vigente, se les otorga la autorización correspondiente a las instalaciones de su inmueble, cuyo giro es Maquila de Plásticos y que comprende una carga instalada en baja tensión de 41.697 Kw, toda vez que lo construido cumplió con lo especificado en el proyecto aprobado.

Atentamente.

SUFRANCIO EFECTIVO. NO REELECCION  
EL DIRECTOR DE ELECTRICIDAD Y GAS

ARQ. HUMBERTO CHAPA GALAVIZ.

AL CANTENAR ESTE OFICIO, CITENSE LA FECHA Y LOS  
NÚMOS CONTENIDOS EN EL ANGLULO SUPERIOR DERECHO.

SECRETARÍA DE  
COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL  
MEXICO, D.F.  
10 OCT 1986  
DIRECCION ADMINISTRATIVA  
UNIDAD DE ARCHIVO  
DESPECHADO

Reg. 7029

I-141

- C.c.p.- C. Lic. Víctor Campos Chargoy.-Director General de Inspección y Vigilancia.-Alfonso Herrera No. 15, Col. Sn. Rafael, México 06470, D. F.
- C.c.p.- C. Ing. Asael Cisneros Lara.-Subdirector de Electricidad.-
- C.c.p.- C. Lic. Salvador Elguero Molina.-Subdirección de la Verificación de Calidad.-Dirección General de Normas.- Presente.
- C.c.p.- Comisión Federal de Electricidad.- Melchor Ocampo No. 171, 7o. Piso, Col. Anáhuac, México 11320, D. F.
- C.c.p.- El expediente del C. Ing. Vicente Cano López.-Reg.-I-III-292-47

AUL:Gc./JSL:scg.

FIGURA 11. Oficio de Autorización de la Construcción de la Instalación Eléctrica.

**CAPITULO IV  
APLICACION DE LA  
COMPUTADORA EN UN  
PROY. DE INGENIERIA  
ELECTRICA**

## CAPITULO IV

### APLICACION DE LA COMPUTADORA EN UN PROYECTO DE INGENIERIA ELECTRICA

#### IV.1 INTRODUCCION.

En este capítulo, trataremos de dejar la experiencia ganada en la elaboración de un proyecto eléctrico mediante microcomputadora. Al elaborar el proyecto eléctrico que se anexa como apéndice en forma de microfichas, surgieron las ideas de nuevos programas que hemos presentado en el capítulo II. En este capítulo, veremos esos resultados y la forma como una microcomputadora puede participar en un proyecto en forma integrada, empezando por la propuesta del proyecto, hasta el fin, pasando por la ingeniería conceptual, la ingeniería básica y, finalmente, la ingeniería de detalle.

#### IV.2 CURRICULUM VITAE.

El primer paso en la elaboración de un proyecto, es la consecución de un cliente. No es nuestro propósito abundar en este punto, pero basta decir que un CURRICULUM elaborado por computadora tiene un impacto positivo en la imagen de profesionalismo y poder de venta del ingeniero. Un programa como VENTURA de IBM-PC puede encargarse de esta tarea.

#### IV.3 PROPUESTA DE PROYECTO.

##### IV.3.1 EL TEXTO DE LA PROPUESTA.

La propuesta de proyecto es un documento que puede ser elaborado por un procesador de texto que cuente con una BASE DE TEXTO, como es el caso de NOTA-BENE. Este procesador de texto permite la introducción de párrafos o fichas a una base de texto, que al ser guardadas pueden ser "archivadas" o indexadas por un conjunto de palabras claves. Así, al ir introduciendo párrafos, cada uno de ellos puede clasificarse como un párrafo que es aplicable a proyectos, a levantamientos, o a construcción; asimismo, es un párrafo que es aplicable cuando el profesionista se encarga de la supervisión de la construcción de su propio proyecto, pero que no incluye tal o cual responsabilidad laboral. Al ir elaborando la propuesta, en determinado momento abre una ventana de la pantalla, y cuestiona a la base de texto que le indique que párrafos contiene, que cumplan con los requisitos aplicables a CRITERIOS DE DISEÑO y a EDIFICIOS DE OFICINAS, y los textos correspondientes se anexan a voluntad en la propuesta que se está elaborando. Un procesador de palabras de esta naturaleza permite ir construyendo una memoria de cálculo, o un libro. Los objetivos que así se cumplen no sólo son los que dan rapidez a la propuesta del proyecto, sino que permiten ir guardando la experiencia en la elaboración de propuestas, completando una base de conocimiento con los factores que en proyectos anteriores fueron la base de un

éxito o fracaso, de modo que al elaborar una propuesta, se garantice que no se olvide uno de estos factores.

#### IV.3.2 PROGRAMACION Y CALCULO DE COSTOS.

Estas dos actividades pueden desarrollarse con facilidad en una "HOJA ELECTRONICA" tratándose de un proyecto pequeño. De utilidad resulta que los reportes se obtengan en un formato de manera que puedan ser integrados al texto de la propuesta con la ayuda del procesador de palabra.

Existen programas de computadora que ayudan a llevar el programa del proyecto, como TIMELINE y otros. Pueden ayudar a calcular la participación de cada tipo de recurso, manejar diferentes calendarios, y evaluar los requerimientos de personal calificado. Estos mismos programas pueden ayudar a llevar el control de avance de los proyectos.

Cuando de construcción se trata, de mucha ayuda resultan los programas de precios unitarios. el primer programa desarrollado para este fin, fue SICNIC, desarrollado por la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción. En la actualidad se requieren programas más elaborados, que puedan ayudar en la realización de los catálogos de conceptos, que manejen presupuestos, y que sean capaces de elaborar también estimaciones de obra considerando precios autorizados, precios por autorizar -aquellos que afecten los montos de obra ya construidos, que se ha solicitado una autorización de aumento de precios, y que el precio unitario aún no ha sido autorizado; ya que según la ley de obras públicas, no se autorizan precios nuevos para una obra ya construida-.

Existe la necesidad, probablemente la de mayor dificultad de solución, de controlar los volúmenes de obra y los recursos empleados, e integrados en un control de presupuestos, contable, fiscal y de obra. Este tipo de programas llamados procesadores de control de obra, permite definir para cada concepto de obra o material, una forma electrónica de cálculo. Cada columna corresponde a un periodo de tiempo que tenga significado o relevancia para la obra. Cada renglón es un concepto que se define según las necesidades: material en bodega, material pedido, costo de material en bodega, etc. Entre los renglones se pueden definir operaciones, por ejemplo: material en bodega \* precio unitario = costo de material en bodega. Los vales de almacén pueden introducirse en un renglón dada la cantidad solicitada, el frente, y el periodo. Cada entrada de la hoja electrónica permite la actualización del campo, como si fuera una cadena de transacciones. Al introducir la cantidad extraída, se aumenta la del frente, se deduce en bodega, se actualiza el precio en bodega, etc. Lo verdaderamente importante es que cada una de estas matrices puede asociarse a varias estructuras jerárquicas en forma simultánea: según el frente, según la disciplina, según la programación de proyecto, según lo requiera el área contable o financiera de la empresa. Sirve para llevar un control de obra, pedir materiales cuando las cantidades en bodega alcancen un mínimo, etc.

Consideramos que los puntos más importantes en concursos y en propuestas son los siguientes: Clara definición de las actividades y en su caso de los conceptos de obra, evaluación profesional de actividades, retroalimentación de los resultados para tener: valuación y minimización del riesgo en el caso de una nueva propuesta, determinación de las productividades del grupo de trabajo, y poder participar en forma más competitiva, control de proyecto y de costos de obra. En el caso de proyectos, nuestra experiencia indica que lo mejor es controlar mediante la unidad "plano".

Otra experiencia importante es la de establecer en fase temprana el llamado "manual de procedimientos administrativos".

#### IV.4 INGENIERIA CONCEPTUAL.

La participación de la microcomputadora en la ingeniería conceptual puede ser muy efectiva. Los estudios de alternativas pueden ser elaborados con "hojas electrónicas de cálculo" y los informes con procesadores de palabras. El criterio de diseño puede así mismo ser elaborado por medio de un procesador de palabra.

Los estudios de confiabilidad, al menos los de tipo industrial, pueden realizarse con microcomputadora, así mismo los de flujos, corto circuito, red de tierras, los de cargas, etc. Varios estudios de optimización pueden hacerse con microcomputadora. Programas de optimización matemática como WHAT'S BEST, LINDO, SUPERLINDO, HIPERLINDO, pueden ser utilizados para resolver problemas lineales o de programación entera ligados incluso a las hojas electrónicas de cálculo.

#### IV.5 INGENIERIA BASICA.

##### IV.5.1 INFORMACION.

Uno de los primeros puntos en los que es necesario poner énfasis es en la disponibilidad de información. Las fuentes de información son varias: catálogos de equipos, estadísticas de operación, normas, comunicaciones con los fabricantes, trabajos previos realizados con industrias similares, libros, revistas y bibliotecas, cotizaciones, así como la información propia del proyecto: bitácoras, documentación oficial, programas de trabajo, seguimiento de documentos, etc.

Estos problemas, en el caso de un proyecto grande, apuntan a una red de computadoras, con correo electrónico, sistemas de oficinas similares a PROFIS -Professional Office System- de IBM. En el caso de proyectos menores, éstos pueden ser manejados con algunos programas de cómputo menores, como: LOGICAT, para el control de libros, revistas y bibliotecas; The Filing Assistant y Text Retrieval Assistant de IBM, son dos ejemplos que podrían ayudar en casi todo lo demás. La dificultad puede estribar en que siendo las microcomputadoras un equipo de atención a una sola persona, bien puede

resultar que el problema que estamos tratando sea de mayor dimensión. Una manera de resolver este problema sería utilizando una red LAN, con un equipo funcionando como "File Server", y vigilando que las personas involucradas cumplan su cometido.

En cuanto al seguimiento de documentos, si es que el proyecto es grande, requiere esencialmente de un programa de cómputo AD HOC, aunque partes de él pueden ser emuladas con programas de cómputo de propósito general. Existen compiladores como VAXTPU, que pueden tomar directivas dirigidas a formular programas de procesamiento de texto, aunque todavía no los hemos visto aplicados en microprocesadores.

#### IV.5.2 DIAGRAMAS UNIFILARES, DIAGRAMAS LOGICOS Y ARREGLOS DE EQUIPOS.

Es obvio que se pueden elaborar planos y dibujos con programas como AUTOCAD, y un sinnúmero de programas conocidos bajo las siglas de CAD - computer automated design-. Definitivamente estos programas pueden ayudar en la elaboración de planos, no sólo unifilares y diagramas lógicos, sino en otros de diversa índole.

Existen dos herramientas que pueden dar una idea de como se puede mejorar la productividad en esta área: I-G Spiece y Silicon Compilers. En I-G Spiece se introducen los datos de un circuito electrónico en forma simplificada, haciendo referencia a la biblioteca donde se encuentra la información de los módulos correspondientes de transistores o circuitos integrados. Los "Silicon Compilers" son programas de computadora cuyo objeto es ayudar a diseñar microprocesadores y circuitos de VLSI, que por su complejidad escapan al alcance de la capacidad de una persona. Permiten que se introduzca el diseño del circuito, las relaciones lógicas entre sus componentes, así como el arreglo de capas que van conformando las diferentes compuertas. La herramienta ayuda en la simulación del comportamiento del "chip" diseñado, así como a editar planos del arreglo del circuito.

#### IV.5.3 ESPECIFICACIONES Y LISTAS DE EQUIPO.

La carga más importante de trabajo en esta etapa es la de elaborar las especificaciones. Mucho trabajo y conocimiento se requieren en la elaboración de una base uniforme de especificaciones. Puede considerarse como una inversión este catálogo de especificaciones, y por ello se justifica cuando existe la posibilidad de desarrollar varios proyectos de la misma índole. Las especificaciones pueden elaborarse y editarse con un procesador de palabra, pero es necesario desarrollar programas como SLIB que permitan integrar generaciones de especificaciones, y que al introducir el texto de una especificación a la biblioteca, las variables que requieren ser resueltas de la especificación, quedan definidas en una interfase. La capacidad de disco que se requiere para un proyecto de mediana envergadura, puede superar el espacio en disco del que disponen el promedio de las computadoras

personales (30 MB). En este caso, puede ser conveniente que la computadora se apoye en un sistema de cómputo central.

#### IV.5.4 ESTUDIOS.

Varios estudios de esta etapa se pueden realizar en computadoras personales, especialmente si estas tienen un procesador matemático, como el 8087. De hecho, elaborar estos estudios mediante microcomputadora, visualiza la participación más inmediata de la computadora en los proyectos, y debido a la disponibilidad de códigos fuente de estos problemas, tal vez lo más sencillo de implantar. Desde flujos, corto circuito, arranque de motores, estabilidad, coordinación de protecciones, estudios de armónicas, etc. A manera de ejemplo, diremos que un programa de estabilidad canadiense, puede efectuar estudios de estabilidad, flujos, corto circuito y armónicas con redes de 600 buses en una computadora IBM-PC.

La mayoría de estos programas han sido desarrollados en FORTRAN, y resulta conveniente disponer de un compilador de este lenguaje que pueda utilizar al coprocesador. Tal es el compilador F77L, que adicionalmente puede manejar números complejos, característica importante para aplicaciones de potencia.

#### IV.5.5 TABLAS DE CONEXIONES EXTERIORES.

En uno de los apéndices hemos dejado los listados de computadora de un programa que desarrollamos para el cálculo de alimentadores de acuerdo con todas las reglas de cálculo derivadas de las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas. Este programa puede complementarse con la definición de esquemas, como los siguientes:

- 1) Esquema para control de motores de 7.2 KV y 4.16 KV.
- 2) Esquema para control de motores de 7.2 KV y 4.16 KV con control del interruptor del alimentador.
- 3) Equipo de medición de 7.2 KV y 4.16 KV.
- 4) Esquema de control de arranque de motor a pleno voltaje, no reversible de 480 V con resistencias calefactoras.
- 5) Esquema de control de arranque de motor a pleno voltaje, no reversible de 480 V sin resistencias calefactoras.
- 6) Esquema de control de válvula motorizada, con arrancador reversible a 480 V.
- 7) Esquema de control de motor de 480 V desde centro de control de motores.
- 8) Esquema de control de alimentador con interruptor a centro de control de motores.
- 9) Alimentador de corriente directa desde tablero de distribución.





Es difícil pensar que una microcomputadora pueda cubrir todas estas áreas de trabajo. Es necesario reconocer que esas inversiones millonarias en equipo, aglutinan el trabajo de miles de horas de investigación y desarrollo de especialistas, y que logran hacer que un proyecto de ingeniería eléctrica desarrollado por un técnico especializado al que se le paga como promedio 55000 DLLS (THE INSTITUTE, vol. 11, No. 7) anuales salga en precio cuando se le compara con el costo de un proyecto desarrollado en el país.

La experiencia que estos equipos modernos nos han dejado y que a continuación explicamos, los que sirven a nuestros propósitos, son:

- 1) Los diagramas unifilares, esquemáticos, de control y otros tipos de diagramas empleados en el área eléctrica se han desarrollado como manera de comunicar información entre las diferentes personas que participan en el proyecto, diseño y construcción de una instalación eléctrica. Lo que los hace atractivos desde el punto de vista de comunicación es lo compacto y efectivo de la comunicación y el previo entrenamiento de la gente para entenderlos. Normas sobre maneras de representar cada símbolo, han sido negociadas entre diferentes empresas de ingeniería y personas interesadas.
- 2) Un proyecto grande de ingeniería es desarrollado por diferentes disciplinas, y existen áreas de interacción casi siempre definidas. Así mismo en cada disciplina participan varias personas. Esto indica que la información y la elaboración de un proyecto requieren de un medio de comunicación de la información, integrada con un objetivo común, y en forma distribuida.
- 3) Una de las maneras más importantes que tienen las empresas de ingeniería de aumentar su productividad, radica en la normalización de planos, dibujos y detalles de proyectos con áreas comunes.

Las dificultades que se tienen con programas de la índole de CAD, son que al dibujar un componente, el programa no sabe de que se trata. Así, si se dibuja un motor, o un centro de control de motores, como el programa no tiene conocimiento de que se trata, quedan sin resolver un sinnúmero de problemas, mismos que se pueden agudizar si el proyecto se elabora entre diferentes personas. Es necesario efectuar transformaciones de los mismos datos y alimentarlos a diferentes programas, desde análisis -como flujos, corto circuito, etc.- hasta de síntesis -los que se encargan de determinar la capacidad de conductores, motores, etc.- Desde el punto de vista dibujo, cada elemento puede ser dibujado en diferentes diagramas, que van desde el unifilar, pasando por el de arreglo del equipo hasta el de interconexiones.

Lo anterior no quiere decir que un programa de CAD no pueda elaborar listas de materiales. De hecho los programas de CAD de estaciones de trabajo en sus fases menos elaboradas sólo suministran los componentes gráficos

elementales. Una facilidad fundamental de estos programas es la capacidad de macromando. Los paquetes de aplicación son macromandos que amplifican la capacidad del paquete de CAD para una aplicación dada, que al expandir el código, generan los vectores o mapas de memoria del símbolo motor o arrancador que se seleccionó.

Un segundo inconveniente importante es que al modificar una parte del proyecto, sea una pieza o un sistema, la modificación hay que hacerla en un sinnúmero de planos y documentos. De hecho se manejan ediciones de los planos, y cada edición pretende ser coherente; pero no cabe duda que uno de los problemas es la verificación y cuantificación del impacto de un cambio.

#### IV.6.2 INTERSECCIONES.

La llamada disciplina de planta tiene por objeto alojar el espacio para el equipo y las rutas de conductores, tuberías, etc. Los datos de la tabla de conexiones exteriores pueden alimentarse a un programa que verifique intersecciones.

En los modernos sistemas de CAD, es posible generar la información de las diferentes disciplinas para desplegar la forma como se verían las instalaciones construidas desde la perspectiva de una persona que se va desplazando de acuerdo a las motivaciones de un proyectista, tratando de encontrar problemas o defectos de diseño.

#### IV.6.3 CUANTIFICACIONES DE OBRA.

Los llamados números generadores, son con frecuencia la base para la cuantificación de materiales. Estos son con frecuencia, planos, dibujos isométricos, volumétricos, con referencia a los planos y ejes de construcción que permiten la identificación uno a uno de las cantidades de materiales de acuerdo a los conceptos de obra previamente concursados. Esta función puede ser realizada con efectividad por un moderno sistema de CAD.

#### IV.6.4 EL EDITOR DE REDES.

La herramienta que hemos denominado el editor de redes, del que dimos una semblanza en el capítulo anterior, es la alternativa que encontramos para que con una inversión modesta representada por una computadora personal, compita en el renglón de la efectividad por unidad de inversión incluso con los sistemas de CAD más avanzados. Puede generar planos unifilares o en dos dimensiones, gracias a que los metacomponentes -un generador, motor, ccm- puede guardarse en forma muy compacta, expandiendo su diagrama sólo hasta el momento de generar la gráfica. Mientras tanto su representación en archivos es más apropiada para el manejo y selección de información de acuerdo a las necesidades del proyecto. Como sólo existe una representación del objeto incluido en diferentes documentos o diagramas, el sistema está automáti-

amente dirigido a dar consistencia a la información de un proyecto. Adicionalmente se pueden escribir programas que indiquen en los mapas que elementos de información del proyecto no han sido expresados.

En cuanto a los estudios, es tal la cantidad de datos que se requieren, y preparados en tan diferentes maneras, que se necesita de una herramienta para ayudar a preparar en forma automática los datos para los diferentes programas.

Si imaginamos un escritorio, en el cual se encuentren esencialmente tres documentos: el documento de trabajo correspondiente al proyecto que estamos copiando de la última versión, y que estamos modificando, así como un catálogo del equipo que pretendemos escoger para insertar al área de trabajo, encontramos la forma exterior satisfactoria para ir generando en forma interactiva el proyecto. Al empezar copiamos el proyecto al área de trabajo. Lo editamos aumentando o disminuyendo equipo de acuerdo a su tipo. La información de este equipo la solicitamos y seleccionamos al transferirla de un catálogo de ese tipo de equipo al área de trabajo. Luego se adiciona la topología del equipo, integrándolo con toda la información de dicho equipo para todas las aplicaciones.

Es importante encontrar arquitecturas abiertas para la construcción del programa de captura, así como de todas las aplicaciones que pueden surgir de esta base, para poder evolucionar el editor de redes de acuerdo a las necesidades. Dos arquitecturas en boga tratan de construir interfaces para los programas de aplicación, ya sea basándose en el llamado "Dynamic Data Exchange" o como los modelos TSR (Terminate and Stay-Resident) de los que SideKick de Borland Inc. ha desarrollado recientemente.

**CAPITULO V**  
**CONCLUSIONES**

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES

La energía eléctrica ha penetrado en su uso en la vida diaria, al grado de ser en muchas ocasiones un elemento vital, con todo lo que ello significa tanto para las comunidades desarrolladas como las aún por desarrollar: agua, refrigeración, salud, bienestar, etc.

En 1938 fué nacionalizada la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica en nuestro país. Creemos que este paso fué acertado ya que un elemento tan vital y definitivo en el desarrollo de las comunidades, no podía quedar sujeto a intereses capitalistas.

Desgraciadamente, el uso de la energía eléctrica no siempre se ha hecho y se hace en forma segura. Sin una base formal que nos permita apreciar la amplitud de esta inseguridad en el uso de la energía eléctrica en las instalaciones eléctricas de casas, edificios e industrias en la República Mexicana, nos atrevemos a decir, con base en nuestra limitada experiencia, que la mayoría de dichas instalaciones son inseguras.

No todos han podido contar con la asesoría de un profesional al instalar un foco en una casa de una ciudad perdida, una bomba en una ranchería, una computadora en un despacho, o un motor en una industria. Esto es posible cuando aunado al ya de por sí costoso proceso de la construcción de las instalaciones, la productividad del profesional del proyecto de las instalaciones eléctricas aumente.

Sabemos que la productividad del profesional puede aumentar con grandes inversiones, pero esa no es la realidad de nuestro país. Hemos querido intentar hacerlo con equipos al alcance de los profesionistas jóvenes.

Como lo atestigua el proyecto que hemos realizado, esto es posible con una microcomputadora, con los programas de propósito general como procesador de palabra y hojas de cálculo electrónico, así como los que hemos encontrado en la literatura a nuestro alcance, y los que hemos desarrollado, los cuales transcribimos en uno de los apéndices con el objeto de que puedan constituir un punto de partida para los que vienen detrás de nosotros.

Un largo camino hemos andado tratando de encontrar soluciones a los problemas que nos han parecido de mayor importancia. La formulación de dichos problemas bajo técnicas de optimización no las hemos encontrado publicadas, y en algún sentido originales, lo que significa que su desarrollo conlleva todavía algún riesgo. No hemos rehuído al reto de tratar de encontrar una solución sistemática al proyecto, y hemos propuesto y bosquejado

un Editor de Redes, la información que debe contener, una estructura de datos que la puede soportar, y un conjunto de funciones que serían deseables. Esta idea no es nueva; la hemos revisado y creemos que puede ser desarrollada en una microcomputadora. Lo interesante es que podría dar un mucho mejor rendimiento marginal una computadora personal con un programa de esta naturaleza que un sistema de CAD muy sofisticado y elaborado.

**APENDICE A**  
**MEMORIA DE CALCULO**



## **A.1 Índice de Memoria de Cálculo**

IMPRESA ANTARES, S.A.  
MEMORIA DE CALCULO  
PROYECTO ELECTRICO

I N D I C E

I. CRITERIO DE DISEÑO.

Especifica los lineamientos en que se basan las diferentes partes del proyecto.

II. CARGAS.

Estimación de cargas por tableros, siendo ésta la base del dimensionamiento de equipos. La información adicional se encuentra en los cuadros de carga.

III. ALIMENTADORES.

1. CIRCUITOS DERIVADOS.

Aquí se presentan los circuitos derivados más largos y cargados para comprobar que la caída de voltaje desde el transformador hasta la carga más lejana es menor de 5%.

2. CIRCUITOS ALIMENTADORES.

Comprobación numérica de todos los alimentadores a motores y tableros' de que cumplen con los criterios de ampacidad, regulación de voltaje y corto circuito.

IV. PROTECCIONES.

1. CORTO CIRCUITO.

Datos de la red de secuencia positiva para el cálculo de corto circuito, así como los resultados de cómputo y la conversión de bases.

2. SELECCION DE PROTECCIONES POR SOBRECARGA  
Y SOBRECORRIENTE.

V. RED DE TIERRAS Y ELEMENTOS DEL SISTEMA DE TIERRAS.

RESPONSABLE DEL PROYECTO  
ELECTRICO DE  
IMPRESA ANTARES, S.A.

## **A. 2 Criterio de Diseño**

CRITERIO DE DISEÑO

UBICACION DEL INMUEBLE.

El inmueble está ubicado en:

TIPO DE INMUEBLE.

Para efectos de este proyecto, el uso y tipo de inmuebles, será el de imprenta.

PROPIETARIO.

El propietario del inmueble es la sociedad anónima denominada BLOQUES Y LADRILLOS SOCIEDAD ANONIMA.

ARRENDATARIO.

Existe un contrato de arrendamiento entre la compañía BYLSA y la imprenta ANTARES, S.A., y que su representante jurídico es el Sr. \_\_\_\_\_, tal como fué asentado en acta notarial ante el notario público número \_\_\_\_\_, llamado \_\_\_\_\_.

Estos datos serán consignados en planos y servirán para establecer el contrato ante Compañía de Luz y Fuerza del Centro.

CUADRO DE INFORMACION DE PLANOS.

RAZON SOCIAL DEL SOLICITANTE DEL SERVICIO:  
IMPRESA ANTARES, S.A.

DOMICILIO DEL SOLICITANTE:

CALLE:  
NUMERO:  
COLONIA:  
CODIGO POSTAL:  
DELEGACION:  
POBLACION:  
MUNICIPIO:  
ENTIDAD:

USO AL QUE SE VAYA A DESTINAR LA INSTALACION (GIRO O ACTIVIDAD):

IMPRESA.

ACOMETIDA.

La acometida que se solicitará será de 23 KV, con una carga instalada de \_\_\_\_\_, y una carga demandada de \_\_\_\_\_.

SUBESTACION: TIPO.

La subestación que se diseñará será tipo subestación unitaria, y de ser posible compacta.

SUBESTACION: CAPACIDAD.

Estará constituida por un transformador 225-300 KVA, según se requiera, transformando el voltaje de 23000 volts a 220 volts trifásicos y 127 volts a tierra.

SUBESTACION: MEDICION.

La medición de la energía consumida por el usuario podrá ser en un gabinete de alta tensión. En caso de seleccionar una subestación compacta, se acepta de antemano que la medición pueda ser hecha en baja tensión, lo que implica que habrá un sobrecargo de 2% en los costos de la energía consumida por pérdidas en el transformador.

SUBESTACION: CAPACIDAD DE CRECIMIENTO.

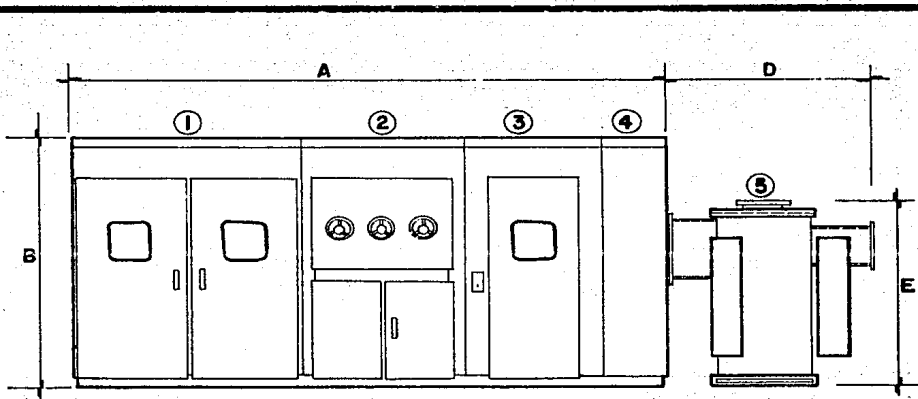
Esta subestación está diseñada sin capacidad de crecimiento, considerando una capacidad de crecimiento de la carga de 30 a 50%.

SUBESTACION: VOLTAJE.

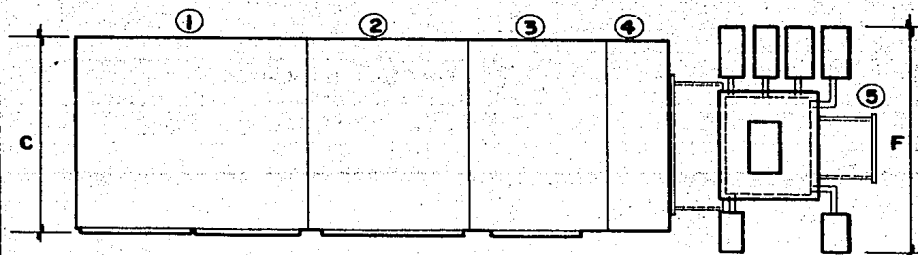
El voltaje secundario será 220 volts, tres fases, cuatro hilos, neutro aislado con el objeto de que en la conexión a tierra se pueda poner una protección de falla a tierra.

DIAGRAMA UNIFILAR.

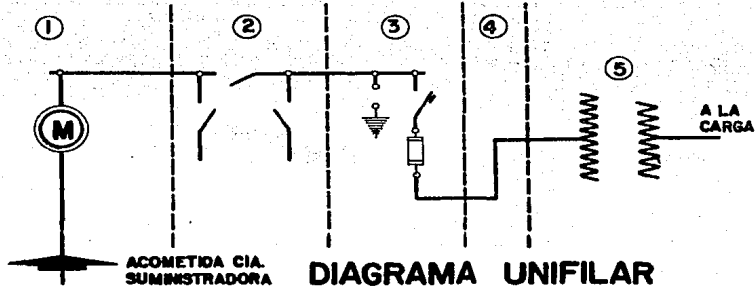
El diseño deberá ajustarse estructuralmente al diagrama unifilar anexo.



**ALZADO SUBESTACION**



**PLANTA SUBESTACION**



DATOS GENERALES DE LOS MODULOS		ACOT. GENERALES	
1	MODULO PARA EQUIPO DE MEDICION	A	535
2	MODULO PARA CUCHILLAS DE OPERACION Y PRUEBAS	B	273
3	MODULO PARA INTERRUPTOR, FUSIBLES Y APARTARRAYOS	C	200
4	MODULO PARA ACOPLAMIENTO	D	177
5	TRANSFORMADOR TRIFASICO DE 225 KVA.	E	142
		F	203

	<b>SUBESTACION COMPACTA PARA SERVICIO INTERIOR, 225 KVA CLASE 23 KV, 220 / 127 Volts 3 Fases, 60 c. p. s.</b>
MODELO: <b>7-23-AKMJS</b>	CLIENTE:
DIBUJO:	
REVISO:	
APROBO:	
ACOTACION: <b>CM</b> ESCALA: <b>SIN</b>	
FECHA:	

**PROTECCION PRINCIPAL EN ALTA TENSION.**

La protección principal en alta tensión será a base de fusibles de capacidad interruptiva de 500 MVA.

**TABLERO PRINCIPAL EN BAJA TENSION.**

El tablero principal en baja tensión será a base de interruptores termomagnéticos derivados. La protección principal será también un interruptor termomagnético.

**TABLERO PRINCIPAL: CAPACIDAD DE CRECIMIENTO.**

La capacidad de crecimiento de este tablero estará dada por dejar durante el diseño espacio para instalar 30% más de interruptores derivados.

**TABLERO PRINCIPAL: CAPACIDAD INTERRUPTIVA.**

El tablero principal deberá ser seleccionado sobre la base de que soporte los esfuerzos momentáneos de un corto circuito limitado sólo por la reactancia del transformador principal de 225 ó 300 KVA.

**TABLERO PRINCIPAL: PROTECCION.**

El tablero principal deberá estar protegido por un interruptor termomagnético, de ser posible habilitado también con disparo por falla a tierra.

**TABLERO PRINCIPAL: FLEXIBILIDAD.**

El tablero principal deberá contemplar la posibilidad de un interruptor de amarre, ya sea como tal, o a través de un interruptor derivado, la flexibilidad vendrá fundamentalmente de considerar en el diseño un tablero de servicios generales que pueda ser transformado como de emergencia.

**PLANTA DE EMERGENCIA: CAPACIDAD.**

La capacidad de la planta de emergencia deberá cubrir al 30% de la carga de la planta, dando prioridad a los sistemas de emergencia, de cómputo, de alumbrado. De esta manera la capacidad de la planta será de 50 KW, 62.5 KVA, 0.8 de factor de potencia, y no será instalada en un principio. Sin embargo, la carga considerada crítica deberá ser alimentada desde un tablero, el de servicios generales, que luego será transformado en de emergencia.



#### PLANTA DE EMERGENCIA: TABLERO AUTOMATICO DE TRANSFERENCIA.

La planta de emergencia será ubicada en el futuro donde se encuentra instalada la actual subestación de 6.6 KV. Todos los preparativos deberán estar considerando esta expansión. La transferencia de la fuente de energía será considerando un tablero automático de transferencia, el cual será instalado cuando se requiera, con el mínimo de suspensión del servicio eléctrico.

#### TABLEROS: NUMERO Y FUNCIONES.

El diseño deberá contemplar los siguientes tableros y sus funciones:

- 1) Tablero principal. Distribuir energía eléctrica.
- 2) Tablero de servicios generales. Distribuir energía eléctrica a las cargas críticas: bombas de agua, compresores, alumbrado de emergencia, alimentación futura para cargas críticas, alumbrado de la sub estación, conmutador telefónico.
- 3) Tablero de alumbrado de fábrica.
- 4) Tablero de alumbrado de oficinas.
- 5) Tablero de fuerza. Para cargas de fuerza con considerable cantidad de componentes electrónicos, cuya energía debe mantenerse limpia de ruidos eléctricos.
- 6) Tablero de fuerza. Para máquinas rotativas, multilith, y demás equipo que opera provocando ruidos eléctricos como lo son las impresoras, etc.

#### TABLEROS: FUTURAS CONVERSIONES.

El tablero de servicios generales puede llegar a convertirse en tablero de distribución de energía de emergencia.

#### TABLEROS: ENERGIA PARA COMPUTO.

No deberá existir un tablero específico para equipo de cómputo en Antares. Si llega a ser necesario, este tablero se instalará en el futuro, con energía de un equipo de energía ininterrumpible, el cual será alimentado desde el tablero de servicios generales, por lo cual, sólo será necesario que se deje el espacio de dos interruptores trifásicos en dicho tablero.

AREAS.

La planta cuenta con las siguientes áreas:

Fábrica,  
Laboratorio,  
Aula,  
Oficinas de Producción,  
Cuarto de máquinas (compresores),  
Bodega,  
Baños y  
Comedores.

AREAS PELIGROSAS.

Deberá estudiarse detenidamente la clasificación de las áreas que pudieran llegar a ser consideradas como áreas peligrosas, dentro de ellas sólo podemos anotar un área lateral al laboratorio, que manejará solventes liquidos en forma embotellada.

ALUMBRADO EXTERIOR: TIPO DE LAMPARAS.

Deberá considerarse iluminación exterior, a base de lámparas de cuarzo de 250-1000 watts, según se requiera.

CARGAS.

Se acepta que todas las cargas consideradas en el estudio de cargas anexo, están o estarán conectadas en el futuro cercano, y que según los planes actuales no hace falta ninguna carga adicional para el futuro mediano.

## **A.3 Estimación de Cargas**

ESTIMACION DE CARGAS. PROYECTO ANTARES

FECHA:  
VER/ED.

GPO DE CARGAS	DESCRIPCION DE LA CARGA	CANTIDAD		CARGA UNITARIA
		CANT	UNIDAD	
A	TABLERO A:			
A.1	IMPRESA : 2 x 74	35	PZA	180
A.2	OFICINAS, LABORATORIO Y BODEGAS 2 x 74	1	PZA	180
	3 x 125	3	PZA	125
A.3	AULA (4 x 38)	8	PZA	190
	2 x 74	3	PZA	180
A.4	COCINETA (2 x 38)	2	PZA	125
A.5	PASILLOS (2 x 38) +	4	PZA	125
	SUBESTACION (ver tablero E)	8	PZA	125
A.6	BAÑOS Y VIGILANCIA (2 x 38)	2	PZA	125
A.7	CORNISA 46 M. LAMPARA DE CUARZO	6 8	PZA PZA	125 400
	CONTACTOS:			
A.8	IMPRESA NORMALES	9	PZA	180
A.9	SERVICIO PESADO	1	PZA	2000
A.10	CONTACTOS AULA 10.9 x 9.5	8	PZA	180
A.11	PASILLOS 8.70 x 16 + 5.4 x 5.70	9	PZA	180
A.12	VER SERVICIOS DE SUBESTACION			
A.13	BAÑOS Y VIGILANCIA. CONTACTOS PARRILLA	6 1	PZA PZA	180 1500
PERIODOS DEL SISTEMA.		////	////	////
A	CARGA INSTALADA (TCL) Y DEMANDADA (GDL)			
B	FACTOR DE DIVERSIDAD ESTIMADO			
C	CAPACIDAD DE RESERVA:			0% * GDL EN KVA
D	CAPACIDAD DEL SISTEMA A SER SUMINISTRADA: $GSC = (A/B) + C$			

FECHA : ENE 06,87  
 VER/ED 01/02

CARGA UNITARIA	CARGA INSTALADA KW	FACTOR DE DEMANDA	CARGA DEMANDADA KW	FACTOR DE POTENCIA	CAPACIDAD KVA INDIV	REQUERIDA KVA GRUPO
180	6300	1.00	6300	1.00		6300
180	180	1.00	180	1.00		180
125	375	1.00	375	1.00		375
150	1520	1.00	1520	1.00		1520
180	540	1.00	540	1.00		540
125	250	1.00	250	1.00		250
125	500	1.00	500	1.00		500
125	1000	1.00	1000	1.00		1000
125	250	1.00	250	1.00		250
125	750	1.00	750	1.00		750
400	3200	1.00	3200	1.00		3200
180	1620	1.00	1620	1.00		1620
2000	2000	1.00	2000	1.00		2000
180	1440	1.00	1440	1.00		1440
180	1620	1.00	1620	1.00		1620
180	1080	1.00	1080	1.00		1080
1500	1500	.10	150	1.00		150
////////	////////	////////	1080	1.00	////////	1080
	24125	////////	23855	////////	////////	23855
						1.00
EN KVA						0
(A/B) + C						23855

## **A.4 Diseño de Alimentadores y Circuitos Derivados**

Revisión No.	Para:	Tipo Doc.
Por	Contrato No.	Nivel
Fecha:		Designación
Descr:		Hoja:

-----  
-----  
-----

ALIMENTADOR

DE: TABLERO F  
A: SPEED KLECT (VIII)

NUMERO DE CONDUCT.	3
CALIBRE	8
AMPACIDAD	45 (en tubería)
TUBO	PDG
DIAMETRO	19
TIPO DE TUBO	PDG
NUM COND ACT EN TUBO	3
NEUTRO	
CALIBRE	-----
TIPO	=====
TIERRA FISICA	
CALIBRE	8
TIPO DE CONDUCTOR	DESNUDO
CARGA	
KVA	5709 VA
AMPERES	15
VOLTS	220
VOLTS DE TIERRA	127
FACTOR DE POTENCIA	.8
FASES	3
NEUTRO (MAX. DESBAL)	

LISTA DE MATERIALES

DESCRIPCION	UNID.	CANT.	PRECIO UNIT.	TOTAL
1CABLE CALIBRE #	MT			
TIPO:				
2CABLE CALIBRE #	MT			
TIPO:				

DESCRIPCION	UNID.	CANT.	PRECIO UNIT.	TOTAL
3TUBO X DIAMETRO TIPO:	TRAMO	3M		
4CONDULETS "L"				
5MONITORES Y CONTRAS TIPO:	PZA.	PZA.		
-----				
CALCULOS:				
1 CALIBRE DEL CABLE DE FASE SELECCIONADO:			*	8
2 TEMPERATURA DEL CABLE SELECCIONADO T2 :			*	75.00
3 RESISTENCIA A LA TEMPERATURA DEL CABLE SELECCIONADO RKM :			*	2.57 ohm/Km
4 REACTANCIA DEL CABLE SELECCIONADO XKM : DUCTO NO MAGNETICO X )			*	.159
5 AMPACIDAD DEL CONDUCTOR (EN AIRE__ EN DUCTO __X)	I=		*	45.00
6 TEMPERATURA AMBIENTE TAMB:			*	30.00
7 FACTOR DE TEMPERATURA	FT=		1.00	0 1.00 40 .88 45 .82 50 .75 55 .67 60 .58 70 .35
8 NUMERO DE CONDUCTORES ACT EN LA CONDUCCION NTC=			*	4.00
9 FACTOR DE AGRUPAMIENTO NA=			1.00	0.0 1.00 1 1.00 6 .88 27 .70 42 .60 100 .50



10	AMPACIDAD DEL CONDUCTOR (IA= A x FT x FA)		45.00
	PRIMER CRITERIO : AMPACIDAD		
11	AMPERES DE CARGA (SI ES MOTOR VER NTPIE) IB*		15.00
12	FACTOR = 1.0		
	EN CASO DE QUE: LA CARGA SEA MOTOR FACTOR=1.25		
	LA PROT SEA TERMOMAGN FACTOR=1.25		
	FACTOR *	1.25	
13	IC = FACTOR x IB=		18.75
	DE ESTA MANERA VEMOS QUE LA AMPACIDAD DEL		
	CONDUCTOR ES DE		45.00
	Y LA DEMANDA POR LA CARGA SEGUN NTPIE ES DE		54.90
	POR LO QUE EL CONDUCTOR SELECCIONADO ES ___		
	APROPIADO SI_x NO ___		SI
14	CORRIENTE NOMINAL DE LA MAQUINA PARA PRO---		
	TECCIONES DE SOBRECORRIENTE		23
	SEGUNDO CRITERIO: CAIDA DE VOLTAJE		
	LONGITUD DEL ALIMENTADOR EN M	*	30
15	RESISTENCIA DEL CONDUCTOR A	75°C	
	RT1=(LONGITUD*PKM)/1000.		.050106
16	TEMPERATURA DE OPERACION DEL CONDUCTOR		
	T2=(T1-TAMB)*(IB*IB/I*I) + TAMB		62.10188
17	RESISTENCIA DEL ALIM A LA TEMP DE OPERACION		
	RT2=RT1*(234.5+T2)/(234.5+T1)		.0480179
18	REACTANCIA DEL CIRCUITO:		
	X=LONG*PKM/1000.		.004467
19	CAIDA DE VOLTAJE PERMISIBLE		
	VOLTAJE DE FASE A TIERRA V=	*	127
	% DE CAIDA PERMISIBLE (NTPIE)	*	2
	FASES DEL CIRCUITO	*	3
	SELECCION DE FACTOR SEGUN FASES:		1 2
			2 1.73
			3 1
	FACTOR		1
	CAIDA MAXIMA PERMISIBLE		2.54
20	CAIDA DE VOLTAJE EN EL ALIMENTADOR		
	FACTOR DE POTENCIA DE LA CARGA COS(FI)	*	.8
	SEN(FI)=SQRT(1-COS(FI))*COS(FI))SEN(FI)		.4
	CAIDA DE VOLTAJE=		.0980953
	DV=IB(RT2*COS(FI)+X*SEN(FI))		2.1089453
			2.2070406

21 COMO PUEDE OBSERVARSE CAIMAX = 2.54  
ES MAYOR QUE LA CAIDA DEL ALIMEN- 2.2070406  
POR LO QUE EL CONDUCTOR SELECCION  
SI ES APROPIADO

TERCER CRITERIO: SELECCION DE CABLES POR CORTO CIRCUITO

22 CORTO CIRCUITO DISPONIBLE EN TERMINALES ICC= \* 5500  
23 TIEMPO QUE TARDA EN OPERAR LA PROTECCION T= \* .1  
24 AREA DEL CONDUCTOR EN CIRCULAR MILS \* 26250  
25 TEMPERATURA MAXIMA DE OPERACION \* .75  
26 TEMPERATURA MAXIMA DURANTE CORTO CIRCUITO \* 250  
27 CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO QUE SOPORTA  
EL CONDUCTOR:  
(TCC+234.5)/(T1+234.5) 1.5654281  
LOG ( 1.5654 ) \* .1946  
ITOL = SQRT(CM\*CM\*LOG(Y)/T) \* 36618.51

28 ASI LA CORRIENTE MAXIMA TOLERABLE POR EL  
CONDUCTOR DURANTE EL CORTO CIRCUITO ES 36618.51  
Y QUE DEBE SER MAYOR QUE LA CORRIENTE DE  
CORTO CIRCUITO QUE SE PRESENTA EN EL CIRC  
POR LO QUE EL CALIBRE DEL CONDUCTOR ES 5500  
adecuado

Resultado del cálculo del circuito derivado 1 del tablero F.

nodo inic	nodo fin	long	calib	carga
0	1	67.00	20	16512.0
1	2	5.00	6	6314.0
2	3	28.00	12	720.0
2	4	12.00	12	2057.0

Voltajes

Nodo : 1 Voltaje = 125.419 (0.988)  
Nodo : 2 Voltaje = 124.833 (0.983)  
Nodo : 3 Voltaje = 123.858 (0.975)  
Nodo : 4 Voltaje = 123.641 (0.974)

## **A.5 Protecciones**

IV.2 PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE.

En los diagramas unifilares y en los cuadros de carga se muestran las calibraciones y los marcos de las protecciones de sobrecarga de los interruptores termomagnéticos.

Por observación de la siguiente tabla, se puede comprobar que las protecciones termomagnéticas seleccionadas, tienen la capacidad de abrir el corto circuito que puede presentarse en terminales del tablero, y que las ampacidades y corrientes nominales de los equipos, cuando el interruptor se encarga de éste, son menores que las seleccionadas como calibración del interruptor.

DE	A	TIPO DE PROT	-----proteccion-----				-----proteccion-----			
			AMP PROT	AMP COND	CAL	PRO	AMP EQ	PRO TABL	PRO TEC	COND
P	A	INTTM	100	170	2	SI	100	18	18	92
A	B	INTTM	60	35	4	SI	100	5.5	10	42
A	D	INTTM	50	65	6	SI	50	7.6	10	36
P	E	INTTM	100	170	2	SI	225	18	18	95
P	F	INTTM	225	265	2/0	SI	225	20	42	234
P	C	INTTM	70	95	6	SI	100	18	18	36
P	G	INTTM	100	230	1/0	SI	100	18	18	185
E	XVI	INTTM	40	39	8	NO	8.9	9	10	36
F	IX	INTTM	50	45	8	NO	31	5.5	10	36
F	VII	INTTM	70	65	6	NO	23	5.5	10	36
F	VIII	INTTM	50	45	8	NO	23	5.5	10	36
F	X	INTTM	50*	65	6	NO	31	5.5	10	36
F	XI	INTTM	50*	45	8	NO	22	5.5	10	36
G	II	INTTM	20	21	10	NO	14	8	10	14.5
G	III	INTTM	20	21	10	NO	11	8	10	14.5
G	I	INTTM	30	30	10	NO	9.2	8	10	14.5
G	IV	INTTM	30	31	8	NO	15	8	10	23
G	V	INTTM	30	31.5	8	NO	13	8	10	23
G	VI	INTTM	15	14	12	NO	2.4	8	10	9
G	XIII	INTTM	20	21	10	NO	4.8	8	10	14
G	XII	INTTM	40	45	6	NO	14	8	10	36
G	XIV	INTTM	30	28	8	NO	8.7	8	10	23

#### IV.1 PROTECCIONES: CALCULO DEL CORTO CIRCUITO.

##### 1. DATOS:

A continuación se presentan los datos de la red de secuencia positiva, con la cual se elaboró el cálculo de corto circuito, el cual se documenta en el siguiente párrafo.

Es muy importante anotar que el dato de la reactancia del transformador es de 4.13%, y corresponde al valor standard de un transformador de acuerdo al nuevo standard de NEMA, con el objeto de que en el futuro, en caso de falla del transformador, pueda ser reemplazado por otro. Sin embargo debe anotarse que el transformador QUE HA SIDO ADQUIRIDO para la instalación es marca IESA, y que su valor de impedancia es de 6.1%, lo que dará una magnitud de corto circuito CONSIDERABLEMENTE MENOR. Se anexa carta del fabricante del equipo en que se nos informa de dicha impedancia.

File: DATCCANTARES

DATOS DE CORTO CIRCUITO PARA ANTARES.

DE	A	RESIST	REACT	RESIS PU	REACT PU
CLFC	ACOM AT				
AT	BT	.0114000	.0300000	.0001000	.0006000
BT	A	.0181300	.0040400	.01123760	.0250413
BT	C	.0857000	.0085800	.5311983	.0531818
BT	E	.0072530	.0016200	.0449566	.0100413
BT	F	.0186300	.0091700	.1154752	.0568388
BT	G	.0107900	.0044310	.0668802	.0274649
A	B	.0438900	.0062550	.2720455	.0387707
A	D	.0392700	.0037220	.2434091	.0230702

POTENCIA BASE	300	KVA
VOLTAJE BASE	220	VOLTS
CORRIENTE BASE	788.2	AMP
IMPEDANCIA BASE	.1613333	OHM

\*\*NORMA NEMA AB-1 STD 1969, TABLA A-1, PARA 300 KVA.

6000 DATA 0,9,9

6010 DATA 1,2,3,8,9,4,5,6,7

7000 DATA 0, 1, .0006

7010 DATA 1, 2, .0416

7020 DATA 2, 3, .1124

7030 DATA 3, 8, .2720

7040 DATA 3, 9, .2434

7050 DATA 2, 4, .5312

7060 DATA 2, 5, .04495

7070 DATA 2, 6, .1154

7080 DATA 2, 7, .0668



#### IV.2 CALCULO DEL CORTO CIRCUITO.

A continuación se presentan los resultados del cálculo de las corrientes de corto circuito obtenidos con la computadora.

El programa de cómputo es el llamado TRIFA, y desarrollado por COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD, y cuyas bases de cálculo, así como los listados del programa se encuentran en el libro titulado:

CALCULO DE FALLAS EN SISTEMAS DE POTENCIA  
DEPTO. DE ANALISIS DE REDES ELECTRICAS  
GERENCIA GENERAL DE PLANEACION  
ING. RAFAEL GUERRERO C.

PUBLICADO POR LA COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD.

El estudio que a continuación se presenta, es tomando como;

BASE DE POTENCIA = 300 KVA.



#### IV. 3 RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados del cortocircuito tal como se presentan en los diferentes tableros.

Favor de anotar que en los diagramas unifilares se ha solicitado interruptores cuya capacidad interruptiva es de 7.5% mayor, para atender las variaciones de impedancia del transformador que puedan presentarse.

	NODO	CC EN PU	CC EN AMP
1	ACOM AT	1666.67	12566.00
2	BT	23.70	18678.43
3	A	6.47	5098.50
4	C	1.74	1374.67
5	E	11.47	9044.53
6	F	6.35	5001.47
7	G	9.17	7231.45
8	B	2.34	1847.61
9	D	2.51	1980.50

## **A.6 Red de Tierras**

## DISEÑO DE LA RED DE TIERRAS DE ANTARES

### I) DATOS PARA EL DISEÑO

#### I.1) RESISTIVIDAD.

Se hicieron cuatro mediciones de resistencia a tierra de uno o varios electrodos en el área donde se construirá la subestación. Estas mediciones se hicieron el 06 de diciembre de 1986, con un megger de tierras marca YEU tipo 3207.

LECTURA	ELEMENTO	MEDICION	RESISTIVIDAD	AREA	LONGITUD
1	Electrodo	16	16	0	1
2	Electrodo	4	12	0	1
3	Electrodo	3.6	11.3	4	0
4	Red de cuatro	0.4	2.76	16	2.25

De los datos anteriores encontramos que para el mes de diciembre la resistividad calculada del terreno está en el rango [2.76,16]. Diciembre no es sin embargo el mes más seco, y la resistividad medida es más bien superficial, excepto el de la red de cuatro varillas.

La resistividad promedio de las lecturas es de 10.5 ohm metro.

Factores de corrección [1]:

1. Por humedad al mes más seco: 2.1
2. Por resistividad superficial: 1.26
3. Por espaciamiento entre electrodos: 1.6

Así la resistividad máxima esperada es de 44.87.

La resistividad tomada para efecto de cálculos (Worst Case Cond) = 50.

[1]. Earth Resistances. G.F. Tagg.

#### I.2) CORTO CIRCUITO

De acuerdo a una comunicación personal con el Ing. Roberto de Sommers de CLFC el corto circuito en el área de la red de la CLFC es de 164 MVAcc.

Se toma como base del cálculo la de 500 MVA cc ya que es el standard exigido por la CLFC en materia de corto circuito.

### I.3) TIEMPO DE LIBRANZA POR LA PROTECCION.

Se toma como tiempo de libranza de un corto circuito el que corresponde a la apertura de la falla por un fusible, ésto es: .016 segundos. Como la red de tierras opera también para baja tensión, debemos tomar en cuenta corrientes permanentes de baja tensión y el tiempo de libranza de éstas en caso de que no opere la primera protección y opere el respaldo, en este caso se toma como tiempo el de 0.1 segundos.

### II) EL DISEÑO DE LA RED DE TIERRAS.

El diseño de la red de tierras se ha hecho apegándose al procedimiento aceptado y establecido por el IEEE, y que originalmente fué publicado en "GUIDE TO SAFETY IN ALTERNATING CURRENT SUBSTATION GROUNDING". AIEE Publication No. 80. March 1961.

#### II.1) LOS DATOS FUNDAMENTALES DE LA RED.

El diseño obtenido fué logrado por un proceso iterativo de proponer una malla y un número de varillas al proceso de cálculo, y al obtener el potencial de malla y la resistencia de la red de tierras; se comparan estos valores con los que se permiten en cuanto a resistencia de la red de tierras y con el que el cuerpo humano tolera ( potencial de contacto y de paso ) éstos deben ser menores.

La red obtenida , fundamentalmente es una red de siete conductores largos separados 90 cm y de una longitud de 15 m; así como de 10 conductores cortos, transversales de 5.5m; habiéndose propuesto un total de 10 varillas copperweld.

El calibre del cable puede ser hasta un número 2, pero por condiciones mecánicas se recomienda un cable de 1/0 o de 2/0.

El potencial de malla obtenido es de 407 volts, el potencial de contacto que en ese período tolera el cuerpo es de 521 volts y el potencial de paso de 3024 volts.

La resistencia a tierra esperada y crítica de la red es de 0.7 ohms.

Nombre del proyecto IMPRENTA ANTARES

Fecha

Datos de la malla :

Largo : 1.80000E1 metros

Ancho : 5.50000 metros

Profundidad: 5.00000E-1 metros

Corriente máxima de corto circuito : 1.25600E4

Corriente de cc ajustada por tcc : 2.07240E4

Tiempo de libramiento máximo del corto circuito : 1.00000E-1 seg.

Area total de la red adicional 0.00000 m<sup>2</sup>

Longitud de la red adicional 0.00000 metros

Longitud adicional de elementos de tierra.

electrodos. varillas. etc 3.00000E1 metros

Resultados de la red de tierras

con resistividad superficial 0.00000 ohms-metro

Circular mils de cond requerido 5.96693E4

Circular mils del conductor seleccionado 1.33100E5

Circular del cond recomendado 2/0

Long de cond de la red 1.93000E2

Número de conductores paralelos (lado largo) 0

Número de conductores paralelos (lado corto) 10

Espaciamiento 1.10000

Resistencia de la red:

de la subestación 7.95446E-1

de la planta 1.00000E5

total 7.95440E-1

Potencial tolerable de contacto 5.21776E2

Potencial de la malla 4.07705E2

Potencial de paso 3.02423E3

Potencial de transferencia 1.64647E4

Resultado de la red de tierras  
con resistividad superficial 5.00000E1 ohms-metro

Circular mils del cond requerido 5.96693E4  
Circular mils del conductor seleccionado 1.33100E5  
Calibre del cond recomendado 2/0  
Long de cond de la red 1.93000E2  
Número de conductores paralelos (lado largo) 6  
Número de conductores paralelos (lado corto) 10  
Espaciamiento 1.10000

Resistencia de la red :

de la subestación	7.95446E-1
de la planta	1.00000E5
total	7.95440E-1

Potencial tolerable de contacto 5.61304E2  
Potencial de la malla 4.07705E2  
Potencial de paso 1.24750E4  
Potencial de transferencia 1.64847E4

Resultados de la red de tierras  
con resistividad superficial 1.000000E2 ohms-metro

Circular mils del cond requerido 5.96693E4  
Circular mils del conductor seleccionado 1.33100E5



### II.3) ESPECIFICACIONES DE LA RED DE TIERRAS.

1. Resistencia a la fusión a la hora de falla de 250 °C.
2. El conductor requerido por el cálculo de corto circuito es de 26849 circular mils, y se escoge el calibre 1/0 ó 2/0 como mínimo aceptable debido a condiciones mecánicas.
3. El conductor es de baja resistencia para prevenir descargas peligrosas.<sup>1</sup> Para evitar potenciales de transferencia peligrosos, la red se generaliza con electrodos en los tableros de fuerza.
4. Las conexiones deben ser:
  - resistir la corrosión : soldadas y de bronce.
  - amperaje : la sección transversal de las conexiones debe ser mayor que la de los conductores.
5. Diseñada para una resistividad de 16 ohm-metro, y que puede aumentar hasta 25000 amp durante 0.2 seg.
7. Diseñada para ir enterrada a una profundidad de 0.5 metros, y que puede<sup>1</sup> llegar a subir hasta 0.20 cm.
8. Diseñada para tener una resistencia de 0.7 ohms a tierra en caso de alta resistividad del terreno.

### III. CALIBRE DEL CONDUCTOR DEL ELECTRODO DE TIERRA Y DE PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS.

La corriente nominal de baja tensión es de 795 Amp. Se escogen barras<sup>1</sup> de cobre de 800 Amperes para el tablero de distribución principal. De esta<sup>1</sup> manera el conductor del alimentador corresponde al rango de 600 a 1100 mcm de la tabla 208.57 del NTIE, y por ello el calibre del electrodo de tierra, es del número 2/0.

**A.7 Microfilm de la  
Memoria de Cálculo**

**APENDICE B**  
**PLANOS**

## **B.1 Lista de Planos**

B.1.- LISTA DE PLANOS

1.-	PG-1	PLANTA GENERAL
2.-	SNG-1	SIMBOLOS Y NOTAS GENERALES
3.-	IEA-1	INSTALACION ELECTRICA DE ALUMBRADO (Area de Imprenta).
4.-	IEA-2	INSTALACION ELECTRICA DE ALUMBRADO (Area de Bodega).
5.-	IEC-1	INSTALACION ELECTRICA DE CONTACTOS (Area de Imprenta).
6.-	IEC-2	INSTALACION ELECTRICA DE CONTACTOS (Area de Bodega).
7.-	IEF-1	INSTALACION ELECTRICA DE FUERZA
8.-	DM-1	DETALLES DE MONTAJE - 1
9.-	DM-2	DETALLES DE MONTAJE - 2
10.-	DU-1	DIAGRAMA UNIFILAR - 1
11.-	DU-2	DIAGRAMA UNIFILAR - 2
12.-	SE-1	SUBESTACION ELECTRICA
13.-	RGT-1	RED GENERAL DE TIERRAS
14.-	CC-1	CUADROS DE CARGAS - 1
15.-	CC-2	CUADROS DE CARGAS - 2

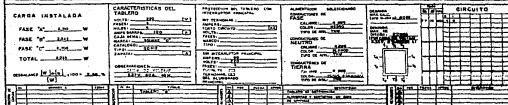
**B.2 Diagrama Unifilar  
DU-1**



**B.3 Cuadro de Cargas de  
la Imprenta CC-1**



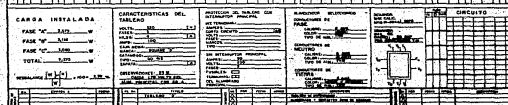
CARGA INSTALADA		CARACTERÍSTICAS DEL TRANSFORMADOR		DATOS DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN		DATOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN		DATOS DEL SISTEMA DE CONSUMOS		DATOS DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN		DATOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN		DATOS DEL SISTEMA DE CONSUMOS	
FASE "A" ... W	...	POTENCIA NOMINAL	...	TENSION PRIMARIA	...	TENSION SECUNDARIA	...	...	...	...	...	...	...	...	...
FASE "B" ... W	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
FASE "C" ... W	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TOTAL ... W	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...



CARGA INSTALADA		CARACTERÍSTICAS DEL TRANSFORMADOR		DATOS DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN		DATOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN		DATOS DEL SISTEMA DE CONSUMOS		DATOS DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN		DATOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN		DATOS DEL SISTEMA DE CONSUMOS	
FASE "A" ... W	...	POTENCIA NOMINAL	...	TENSION PRIMARIA	...	TENSION SECUNDARIA	...	...	...	...	...	...	...	...	...
FASE "B" ... W	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
FASE "C" ... W	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TOTAL ... W	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...



CARGA INSTALADA		CARACTERÍSTICAS DEL TRANSFORMADOR		DATOS DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN		DATOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN		DATOS DEL SISTEMA DE CONSUMOS		DATOS DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN		DATOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN		DATOS DEL SISTEMA DE CONSUMOS	
FASE "A" ... W	...	POTENCIA NOMINAL	...	TENSION PRIMARIA	...	TENSION SECUNDARIA	...	...	...	...	...	...	...	...	...
FASE "B" ... W	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
FASE "C" ... W	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TOTAL ... W	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...



CARGA INSTALADA		CARACTERÍSTICAS DEL TRANSFORMADOR		DATOS DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN		DATOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN		DATOS DEL SISTEMA DE CONSUMOS		DATOS DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN		DATOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN		DATOS DEL SISTEMA DE CONSUMOS	
FASE "A" ... W	...	POTENCIA NOMINAL	...	TENSION PRIMARIA	...	TENSION SECUNDARIA	...	...	...	...	...	...	...	...	...
FASE "B" ... W	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
FASE "C" ... W	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TOTAL ... W	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

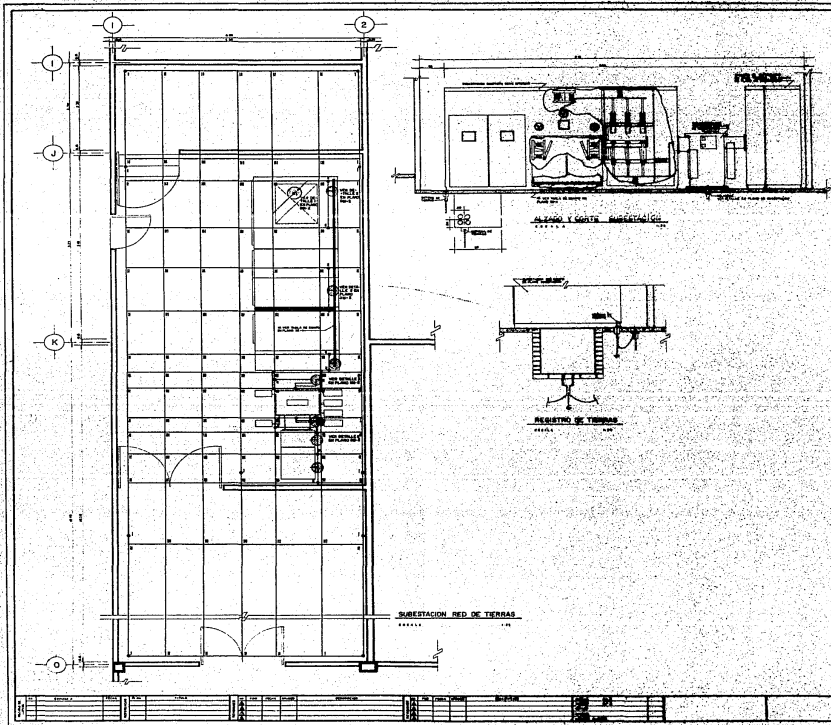


**CUADROS DE CARGA**

COMUNIDAD AUTÓNOMA DE NAVARRA  
DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS PÚBLICOS  
DIRECCIÓN DE SERVICIOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

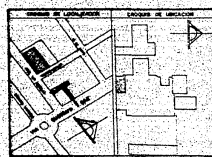
CC-1

**B.4 Red General de  
Tierras RGT-1**



REVISIONES	
NO.	FECHA
1	15/01/2010
2	15/01/2010
3	15/01/2010
4	15/01/2010
5	15/01/2010
6	15/01/2010
7	15/01/2010
8	15/01/2010
9	15/01/2010
10	15/01/2010

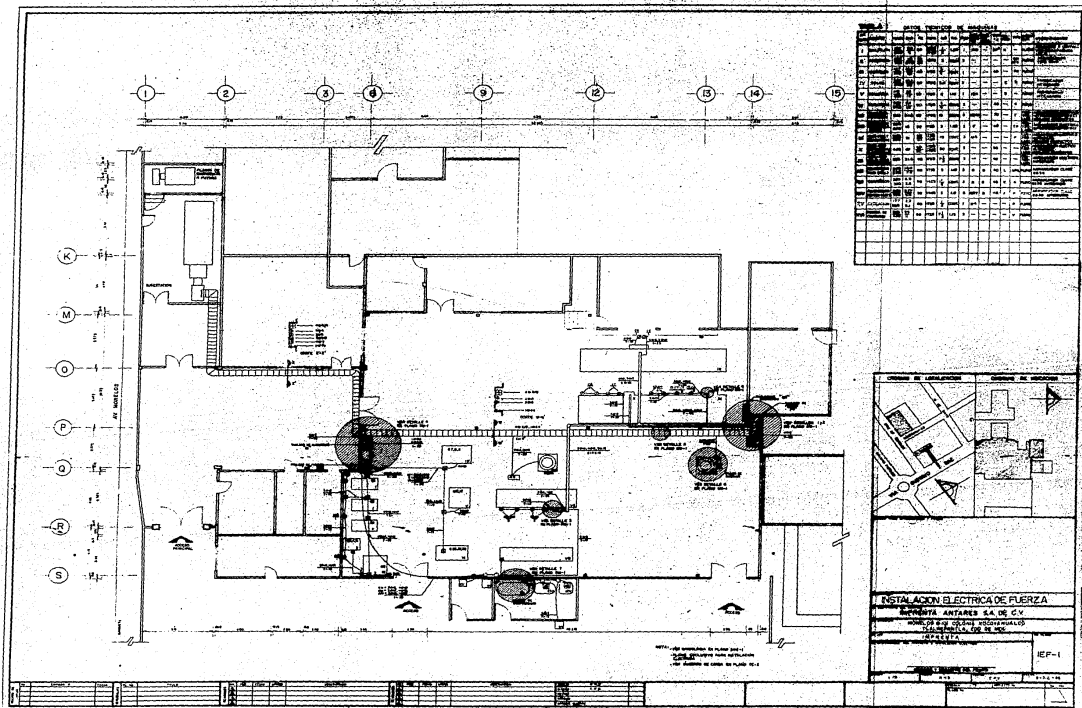
- NOTAS:
1. SE HA HECHO UN PLAN DE TIERRAS PARA EL CABLEADO DE LA RED DE TIERRAS.
  2. SE HA HECHO UN PLAN DE TIERRAS PARA EL CABLEADO DE LA RED DE TIERRAS.
  3. SE HA HECHO UN PLAN DE TIERRAS PARA EL CABLEADO DE LA RED DE TIERRAS.
  4. SE HA HECHO UN PLAN DE TIERRAS PARA EL CABLEADO DE LA RED DE TIERRAS.
  5. SE HA HECHO UN PLAN DE TIERRAS PARA EL CABLEADO DE LA RED DE TIERRAS.
  6. SE HA HECHO UN PLAN DE TIERRAS PARA EL CABLEADO DE LA RED DE TIERRAS.
  7. SE HA HECHO UN PLAN DE TIERRAS PARA EL CABLEADO DE LA RED DE TIERRAS.
  8. SE HA HECHO UN PLAN DE TIERRAS PARA EL CABLEADO DE LA RED DE TIERRAS.
  9. SE HA HECHO UN PLAN DE TIERRAS PARA EL CABLEADO DE LA RED DE TIERRAS.
  10. SE HA HECHO UN PLAN DE TIERRAS PARA EL CABLEADO DE LA RED DE TIERRAS.



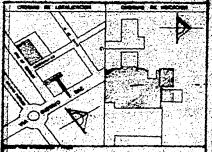
RED GENERAL DE TIERRAS	
PROYECTO:	PROYECTO ANTARES S.A. DE C.V.
CLIENTE:	ANTARES S.A. DE C.V.
FECHA:	15/01/2010
ESCALA:	1:100
PROYECTISTA:	RODOLFO RIVERA
REVISOR:	RODOLFO RIVERA
APROBADO:	RODOLFO RIVERA
FECHA DE APROBACION:	15/01/2010
PROYECTO:	PROYECTO ANTARES S.A. DE C.V.
CLIENTE:	ANTARES S.A. DE C.V.
FECHA:	15/01/2010
ESCALA:	1:100
PROYECTISTA:	RODOLFO RIVERA
REVISOR:	RODOLFO RIVERA
APROBADO:	RODOLFO RIVERA
FECHA DE APROBACION:	15/01/2010

NO.	FECHA	DESCRIPCION	PROYECTISTA	REVISOR	APROBADO
1	15/01/2010	PROYECTO ANTARES S.A. DE C.V.	RODOLFO RIVERA	RODOLFO RIVERA	RODOLFO RIVERA
2	15/01/2010	PROYECTO ANTARES S.A. DE C.V.	RODOLFO RIVERA	RODOLFO RIVERA	RODOLFO RIVERA
3	15/01/2010	PROYECTO ANTARES S.A. DE C.V.	RODOLFO RIVERA	RODOLFO RIVERA	RODOLFO RIVERA
4	15/01/2010	PROYECTO ANTARES S.A. DE C.V.	RODOLFO RIVERA	RODOLFO RIVERA	RODOLFO RIVERA
5	15/01/2010	PROYECTO ANTARES S.A. DE C.V.	RODOLFO RIVERA	RODOLFO RIVERA	RODOLFO RIVERA
6	15/01/2010	PROYECTO ANTARES S.A. DE C.V.	RODOLFO RIVERA	RODOLFO RIVERA	RODOLFO RIVERA
7	15/01/2010	PROYECTO ANTARES S.A. DE C.V.	RODOLFO RIVERA	RODOLFO RIVERA	RODOLFO RIVERA
8	15/01/2010	PROYECTO ANTARES S.A. DE C.V.	RODOLFO RIVERA	RODOLFO RIVERA	RODOLFO RIVERA
9	15/01/2010	PROYECTO ANTARES S.A. DE C.V.	RODOLFO RIVERA	RODOLFO RIVERA	RODOLFO RIVERA
10	15/01/2010	PROYECTO ANTARES S.A. DE C.V.	RODOLFO RIVERA	RODOLFO RIVERA	RODOLFO RIVERA

**B.5 Instalación Eléctrica  
de Fuerza IEF-1**



NO.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	...	...	...	...	...
2	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...
6	...	...	...	...	...
7	...	...	...	...	...
8	...	...	...	...	...
9	...	...	...	...	...
10	...	...	...	...	...
11	...	...	...	...	...
12	...	...	...	...	...
13	...	...	...	...	...
14	...	...	...	...	...
15	...	...	...	...	...
16	...	...	...	...	...
17	...	...	...	...	...
18	...	...	...	...	...
19	...	...	...	...	...
20	...	...	...	...	...
21	...	...	...	...	...
22	...	...	...	...	...
23	...	...	...	...	...
24	...	...	...	...	...
25	...	...	...	...	...
26	...	...	...	...	...
27	...	...	...	...	...
28	...	...	...	...	...
29	...	...	...	...	...
30	...	...	...	...	...
31	...	...	...	...	...
32	...	...	...	...	...
33	...	...	...	...	...
34	...	...	...	...	...
35	...	...	...	...	...
36	...	...	...	...	...
37	...	...	...	...	...
38	...	...	...	...	...
39	...	...	...	...	...
40	...	...	...	...	...
41	...	...	...	...	...
42	...	...	...	...	...
43	...	...	...	...	...
44	...	...	...	...	...
45	...	...	...	...	...
46	...	...	...	...	...
47	...	...	...	...	...
48	...	...	...	...	...
49	...	...	...	...	...
50	...	...	...	...	...
51	...	...	...	...	...
52	...	...	...	...	...
53	...	...	...	...	...
54	...	...	...	...	...
55	...	...	...	...	...
56	...	...	...	...	...
57	...	...	...	...	...
58	...	...	...	...	...
59	...	...	...	...	...
60	...	...	...	...	...
61	...	...	...	...	...
62	...	...	...	...	...
63	...	...	...	...	...
64	...	...	...	...	...
65	...	...	...	...	...
66	...	...	...	...	...
67	...	...	...	...	...
68	...	...	...	...	...
69	...	...	...	...	...
70	...	...	...	...	...
71	...	...	...	...	...
72	...	...	...	...	...
73	...	...	...	...	...
74	...	...	...	...	...
75	...	...	...	...	...
76	...	...	...	...	...
77	...	...	...	...	...
78	...	...	...	...	...
79	...	...	...	...	...
80	...	...	...	...	...
81	...	...	...	...	...
82	...	...	...	...	...
83	...	...	...	...	...
84	...	...	...	...	...
85	...	...	...	...	...
86	...	...	...	...	...
87	...	...	...	...	...
88	...	...	...	...	...
89	...	...	...	...	...
90	...	...	...	...	...
91	...	...	...	...	...
92	...	...	...	...	...
93	...	...	...	...	...
94	...	...	...	...	...
95	...	...	...	...	...
96	...	...	...	...	...
97	...	...	...	...	...
98	...	...	...	...	...
99	...	...	...	...	...
100	...	...	...	...	...



**INSTALACION ELECTRICA DE FUERZA**  
**EMPRESA ANTOFAGASTA S.A. DE C.V.**  
 COMERCIO DE ENERGIA ELECTRICIDAD  
 SANTO DOMINGO DE LOS COLORADOS  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA  
 REP-1

**B. 6 Microfilm de los  
Planos**

**APENDICE C  
PROGRAMAS DE  
COMPUTADORA**

## **C.1 Red de Tierras**



**PROGRAMA:**

**RED DE TIERRAS.**

**EXPLICACION.**

Este programa está basado en el procedimiento IEEE80, de 1966, y calcula la red de tierras. La forma en que realiza los cálculos es la siguiente:

- 1.- Se crea la variable booleana TRACE con el fin de detectar errores en el programa y agilizar sus correcciones.
- 2.- Se proporciona información al usuario para familiarizarlo con el programa.
- 3.- El programa pregunta y lee cada uno de los datos de entrada.
- 4.- Se imprimen todos los datos de entrada, incluyendo la Corriente de Corto Circuito ajustada por un factor que incluye la componente de corriente directa, según el tiempo de libramiento de la falla.
- 5.- Se selecciona un calibre de Conductor, práctico para la construcción de la Red de Tierras. Este conductor debe soportar sin fundirse el Corto Circuito, cuya magnitud es la de la corriente de Corto Circuito (Icc) en el tiempo de libramiento de la falla (tcc). El calibre del conductor, en Circular Mils, viene dado por la fórmula:

$$cm = Icc / \sqrt{[(\log((tm - ta)/(234 + ta)) + 1) / 33 tcc]}$$

donde:

Icc - Corriente de corto circuito ajustada (Amp).

tcc - Tiempo de libramiento de la falla de corto circuito (seg).

ta - Temperatura Ambiente (40 °C).

tm - Temperatura según el material y accesorios que se empleen:

1083 °C Temperatura de fusión del Cobre.

450 °C Temperatura permisible para soldadura de latón.

250 °C Temperatura permisible para uniones con conectores.

- 6.- Se asigna un valor a la resistividad superficial del terreno ( 0, 50, - 100, 500 ó 100 ohms), o sea, la grava colocada para aumentar el potencial tolerable por el cuerpo humano.
- 7.- Se calcula el valor inicial del potencial tolerable por el cuerpo humano.

- 8.- Se calcula la longitud total de la red de tierras.
- 9.- Se calcula el espaciamiento entre conductores de la red.
- 10.- Se calcula el potencial de contacto al centro de la malla, por ser el punto más crítico, este potencial, debe ser menor que el potencial tolerable por el cuerpo humano.  
El potencial de contacto, se calcula tomando en cuenta:
  - el efecto del número de conductores paralelos espaciados, con un cierto diámetro común y enterrados a una determinada profundidad.
  - las irregularidades del terreno que provocan que el flujo no sea uniforme en diversas partes de la red.
- 11.- El potencial tolerable por el cuerpo humano, es calculado y, si éste es mayor que el potencial de la malla ( $E_{tol} > E_{malla}$ ), se aumenta un conductor largo a la malla, hasta que se cümpla que el potencial de la malla sea menor que el potencial tolerable por el ser humano.
- 12.- Se calcula el potencial de paso que el cuerpo humano tolera, tomando en cuenta el efecto de los conductores largos (n) sobre los conductores cortos (m) de la malla básica.
- 13.- Se calcula la resistencia de la red de tierras de la subestación.
- 14.- Se calcula la resistencia de la red de tierras de la planta.
- 15.- Se calcula la resistencia de la red de tierras equivalente, como la resistencia en paralelo de las redes de tierras de la subestación y de la planta.
- 16.- Se calcula el potencial de transferencia o potencial de la red de tierras que se eleva sobre la tierra real. Si existen conductores que saquen de la subestación este potencial, será considerado desde un lugar remoto como un voltaje, llamado de transferencia y que puede resultar peligroso.
- 17.- Se imprimen los resultados (ver sección de resultados).
- 18.- Se realiza un proceso iterativo desde el paso 6 hasta el paso 17, asignando los diferentes valores propuestos a la resistividad superficial del terreno, 0, 50, 100, 500 y 1000 ohms.
- 19.- Se cierran los archivos.

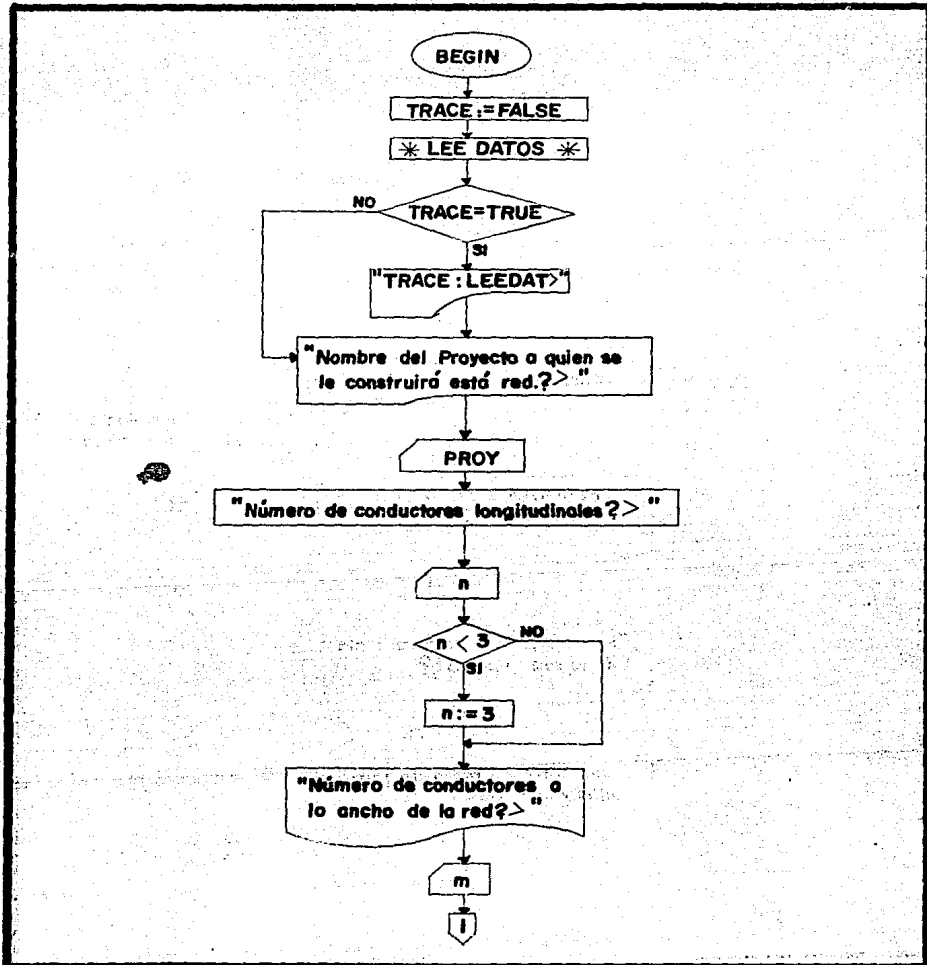
PROGRAMA REDTIERRAS  
DATOS DE ENTRADA.

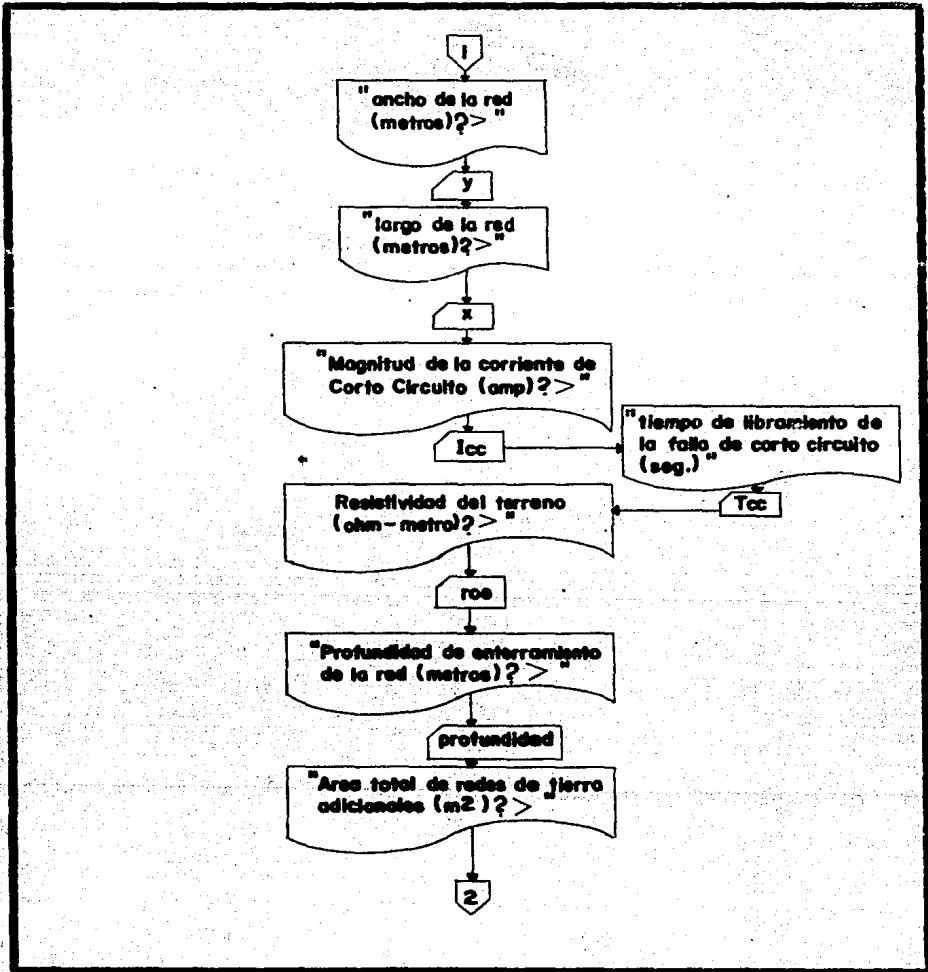
NOMBRE DEL DATO	UNIDAD	VARIABLE
1. Número de Conductores Longitudinales.	( )	n
2. Número de Conductores a lo ancho de la Red.	( )	m
3. Ancho de la Red.	( m )	y
4. Largo de la Red.	( m )	x
5. Magnitud Corriente de Corto Circuito.	( Amp )	Icc
6. Tiempo de libramiento de la falla de corto circuito.	( Seg )	Tcc
7. Resistividad del terreno.	(ohm-m)	roa
8. Profundidad de Enterramiento de la Red.	( m )	profundidad
9. Area total de Redes de tierra adicionales.	( m <sup>2</sup> )	a
10. Longitud total de Redes de tierra adicionales.	( m )	b
11. Longitud total de varillas, electrodos y otros elementos de tierra.	( m )	l

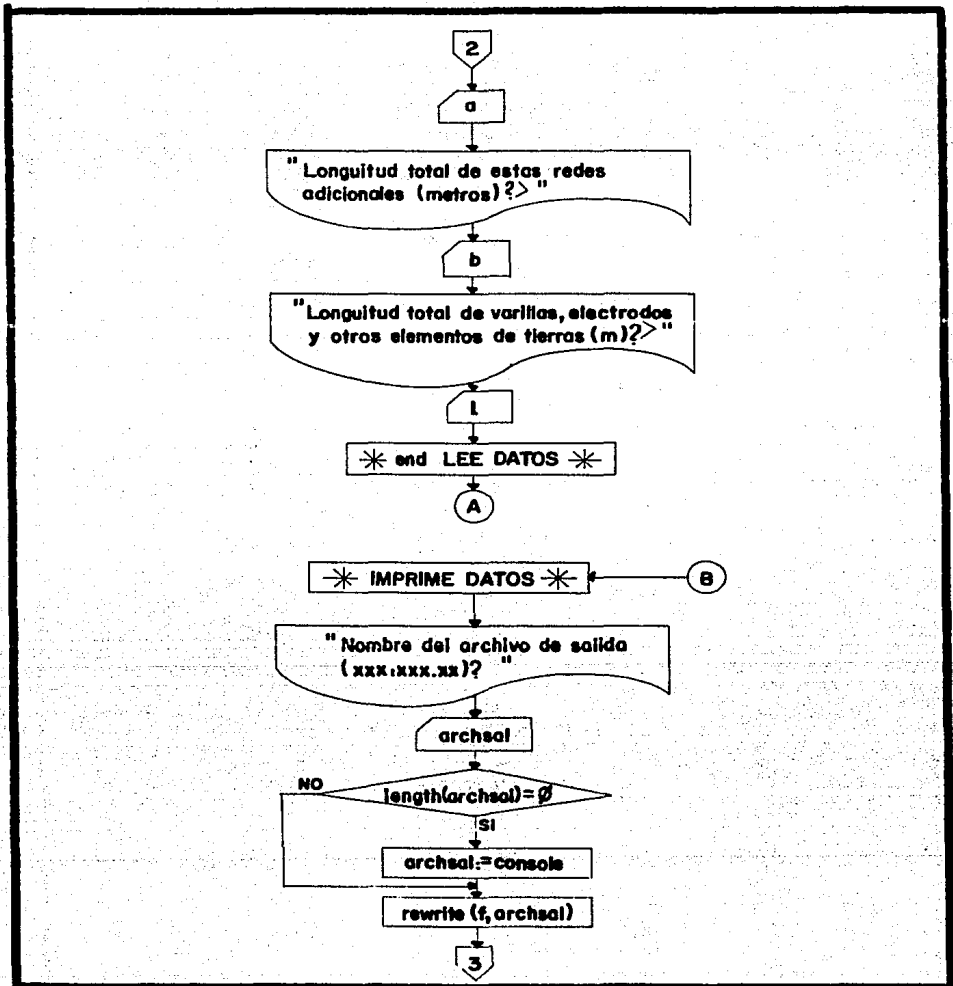
PROGRAMA:  
RED DE TIERRAS.

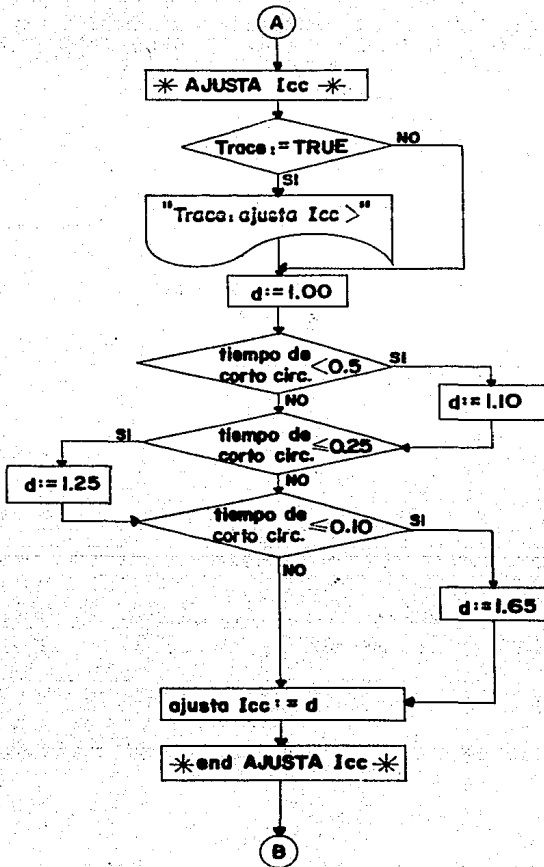
RESULTADOS.

NOMBRE	UNIDAD	VARIABLE
1.- Resistividad Superficial del terreno.	(ohm-n)	ros
2.- Circular Mils del Conductor requerido.	(circularmil)	cmdelcondreq
3.- Circular Mils del Conductor seleccionado.	(circularmil)	mcm
4.- Calibre del Conductor Recomendado.	(MCM-AWG)	calibre
5.- Longitud de Conductores de la Red	(m)	longdela red
6.- Número de Conductores Paralelos largos.	(conductores)	n
7.- Número de Conductores Paralelos cortos.	(conductores)	m
8.- Espaciamento	(m)	espaciamento
9.- Resistencia de la Subestación.	(ohm)	resub
10.- Resistencia de la Planta.	(ohm)	resplanta
11.- Resistencia total.	(ohm)	req
12.- Potencial tolerable de Contacto.	(volts)	Etol
13.- Potencial de la Malla.	(volts)	Emalla
14.- Potencial de paso.	(volts)	Epaso
15.- Potencial de Transferencia.	(volts)	Etransf

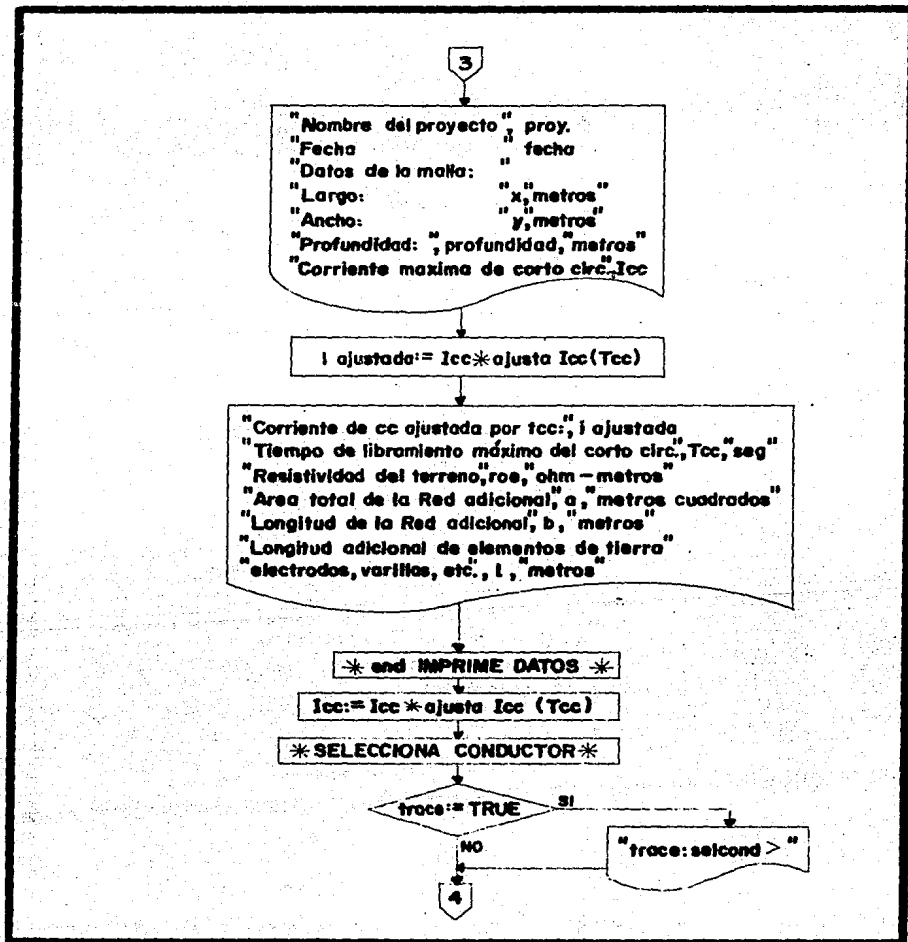


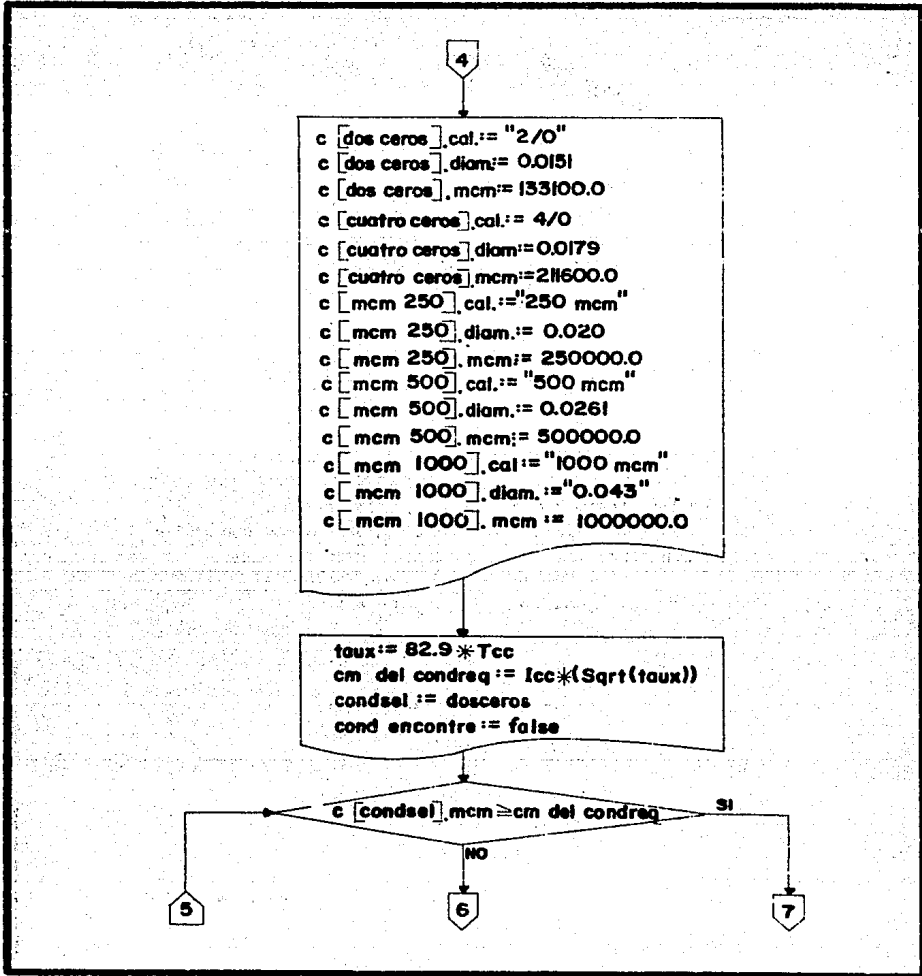


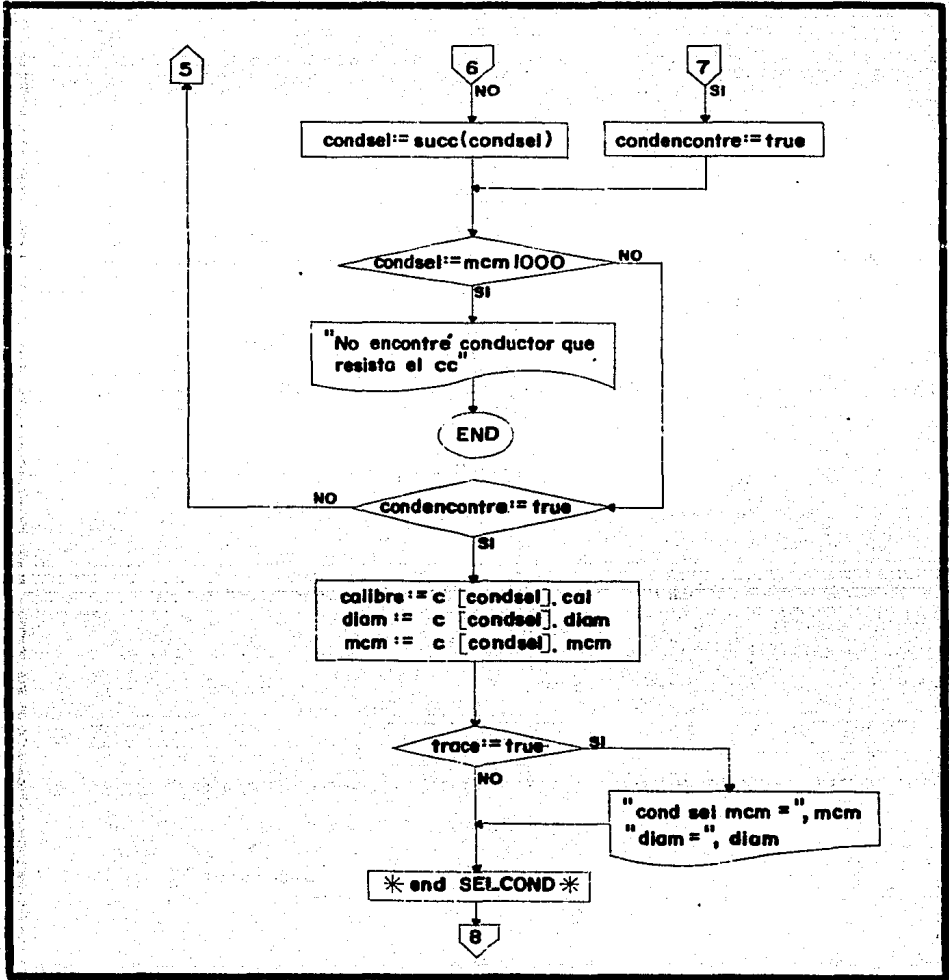


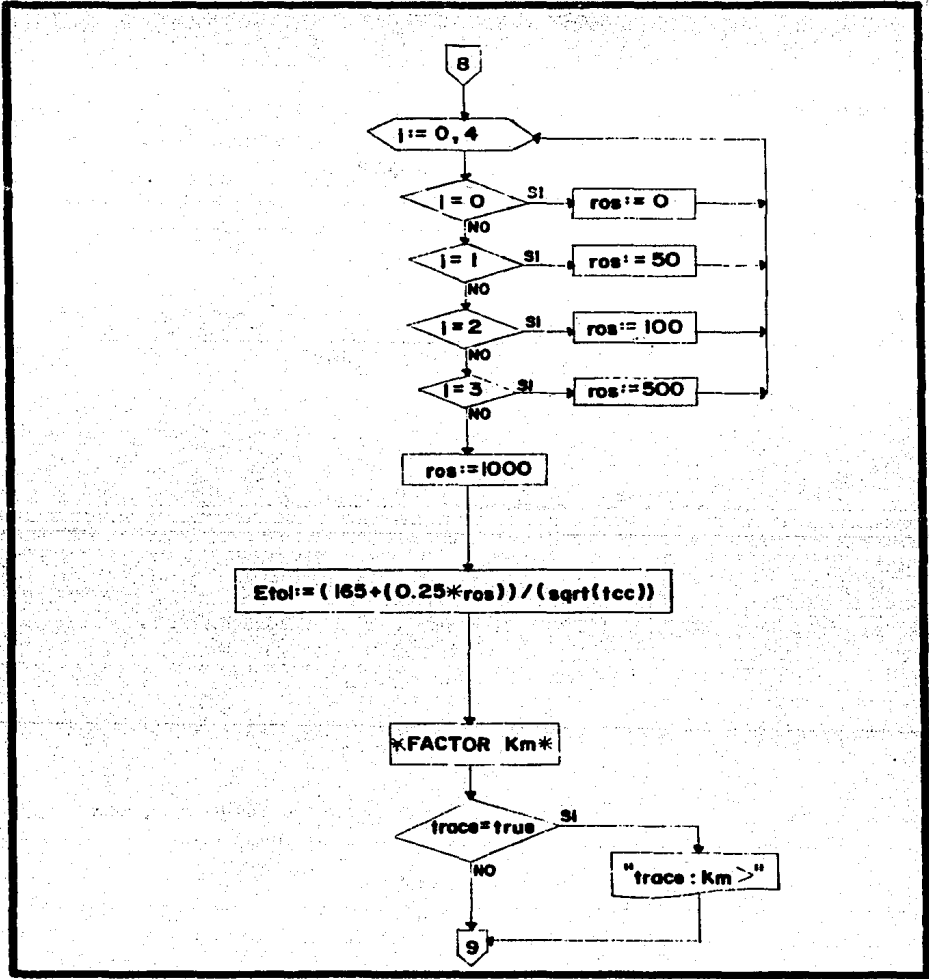


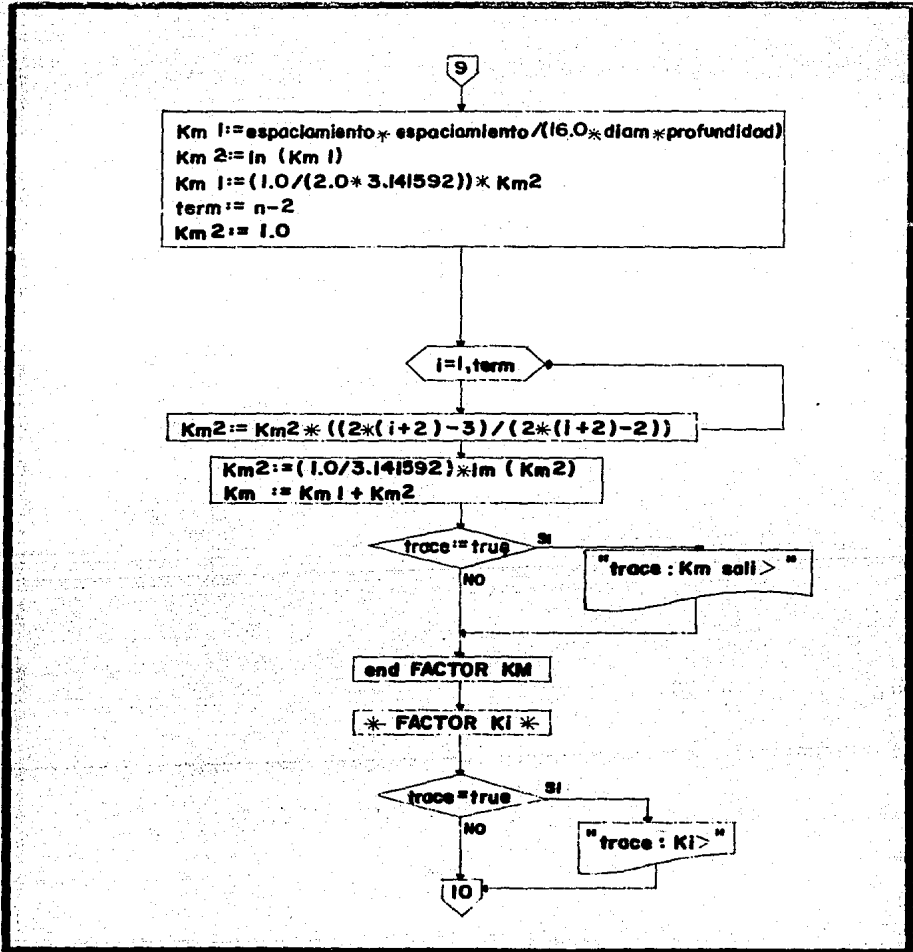


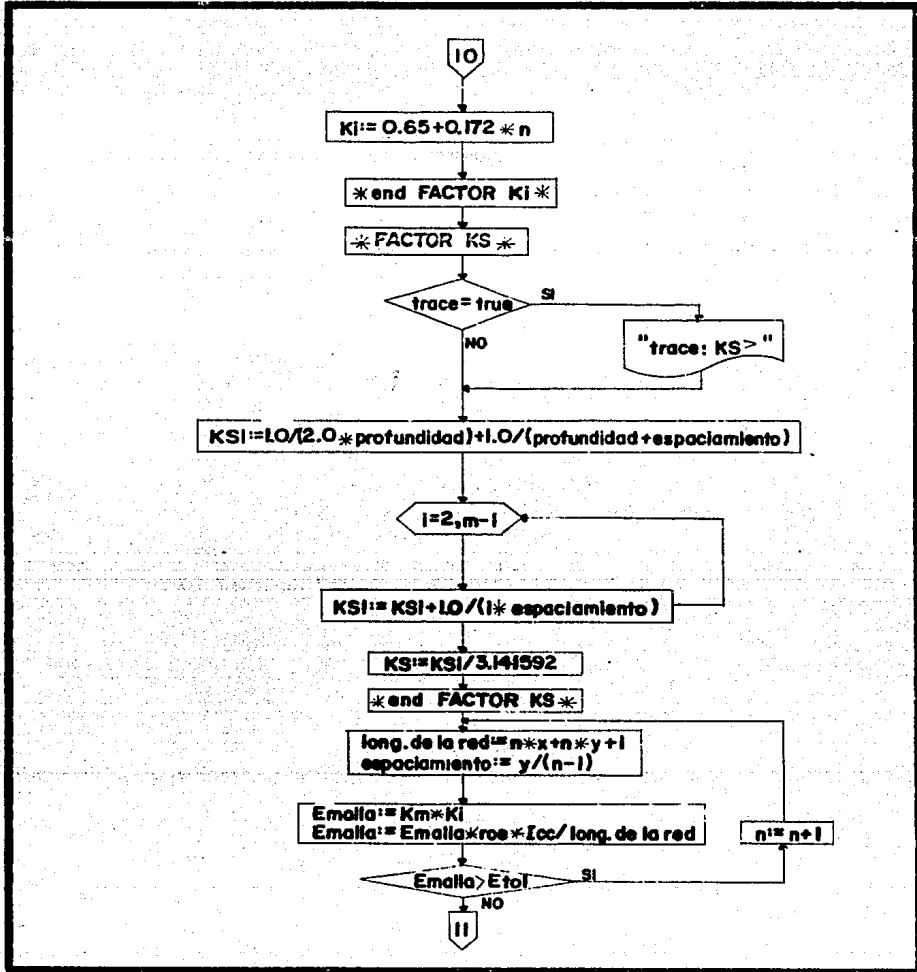


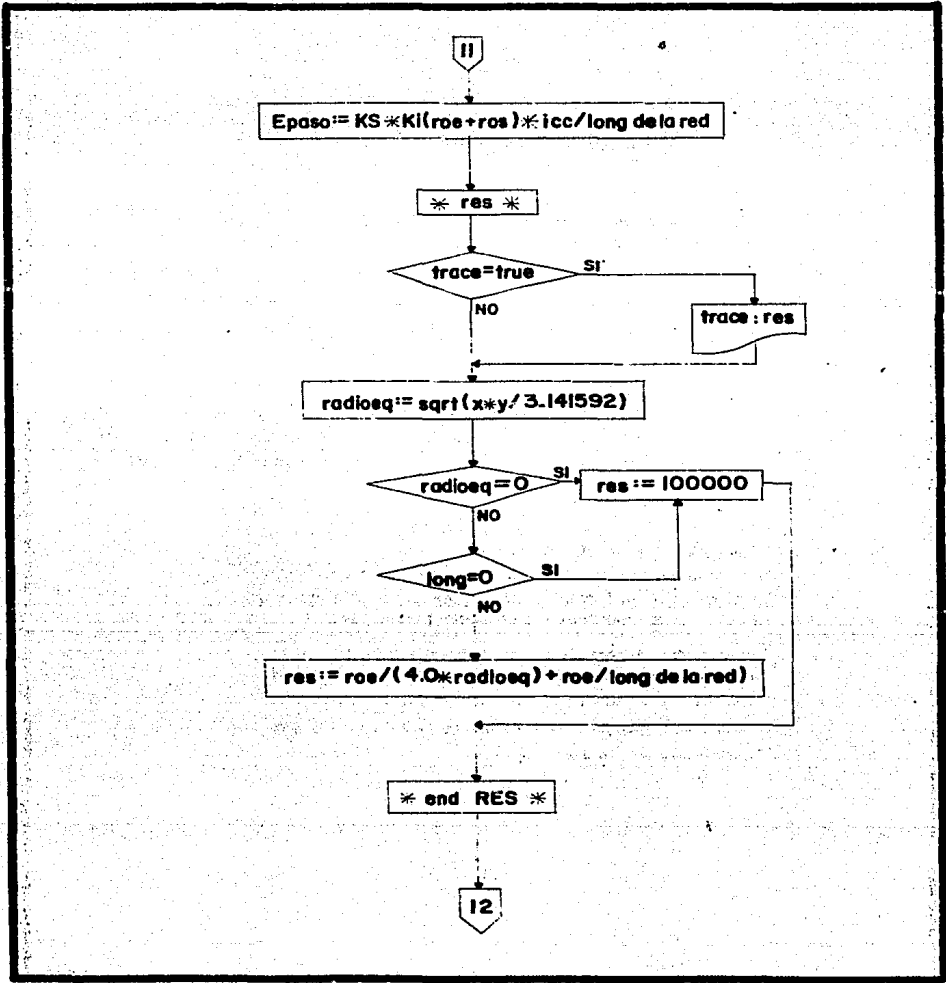


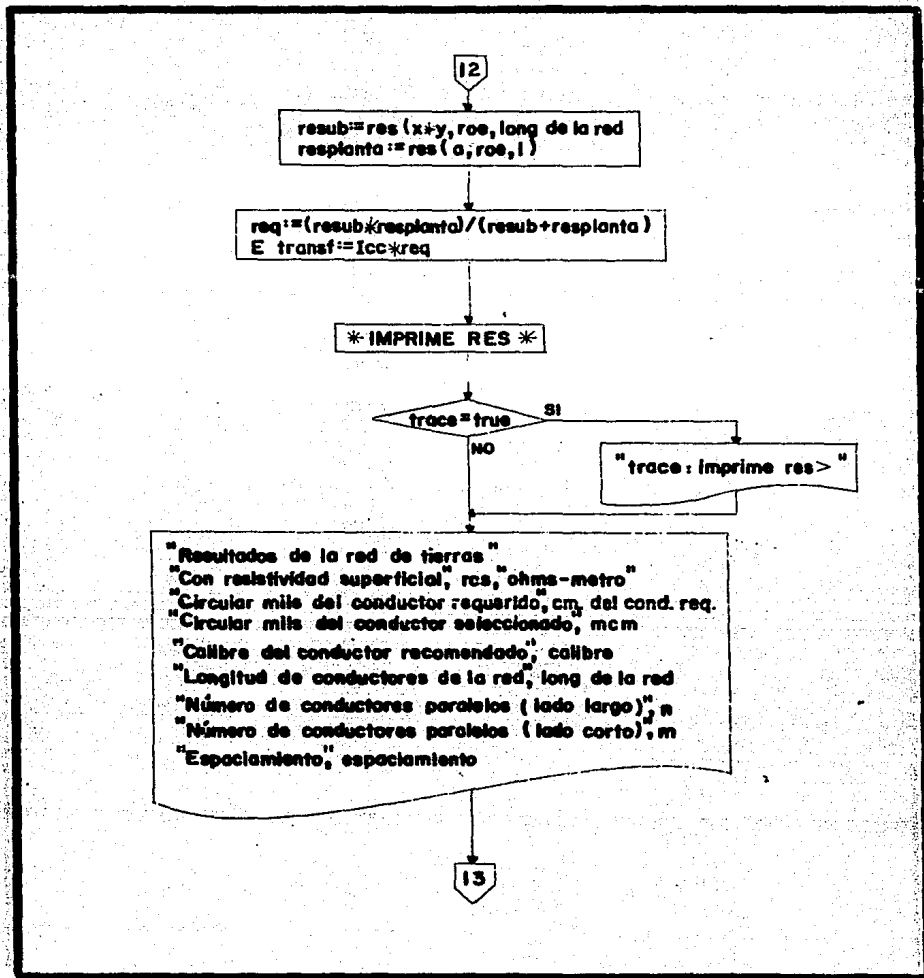




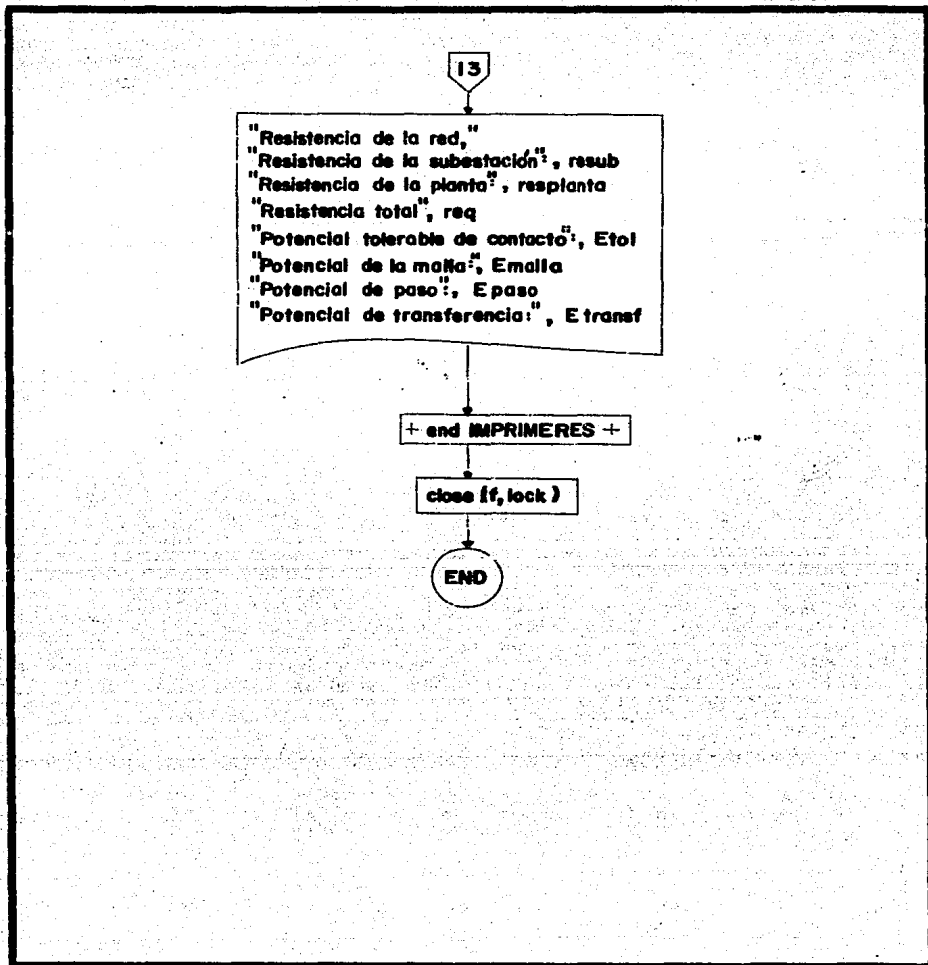












```

program redtierras;
uses transcend;
(*
programa que calcula la red de tierras de acuerdo al procedimiento
IEEE80, de 1966.

vered=03/00 corre ejemplos en identica forma que manuales.
    03/01 incluye ajuste icc
        imprime en printer;
    03/02 funciona con archivos.
    03/03 correccion de impresion; falta instruye.
*)

const
pi = 3.141516;

type
cond = record
    cal : string;
    diam : real;
    mcm : real;
    end; (*cond*)
cal = (dosceros, cuatroceros, mcm250, mcm500, mcm1000);

var
trace : boolean;
f      : text;
archs,
calibre,
proy : string;
fecha : string;
i,
n,
m,
x,
y,
longdelared,
icc,
Tcc,
espaciamiento,
profundidad,
diam,
mcm,
cmdelcondreq,
a,
b,
    (* variable auxiliar para for*)
    (* numero de travesaños largos de la malla, >= 3*)
    (* numero de travesaños del tamaño del ancho de la red *)
    (* tamaño en metros del largo de la red *)
    (* tamaño en metros del ancho de la red *)
    (* cantidad de metros de conductores de red enterrados *)
    (* Corriente de corto circuito en Amperes *)
    (* tiempo de libramiento en segundos de un cortocircuito por la
        proteccion principal *)
    (* distancia entre conductores largos de la red de tierras*)
    (* profundidad en metros, a las que se entierra la red
        de tierras*)
    (* diametro en metros del conductor de cobre seleccionado para *)
    (* circular mils del conductor de la red seleccionado *)
    (* circular mils requeridos, calculados, del conductor de
        tierras *)
    (* la planta o fabrica, pueden tener redes de tierras adicionales
        cuya area cubierta es a, y cuya longitud de conductores es b*)
    (* ver respanta *)

```

1, (\* longitud de conductores que pueden ser considerados como parte de la red de tierras, como lo son las varillas de tierra, tuberías de agua, cables que conectan a redes de tierras equivalentes, etc., su efecto se considera en resub \*)

resub, (\* resistencia de la red de tierras de la subestacion \*)

resplanta, (\*resistencia de la red de tierras de la planta \*)

Emalla, (\* Potencial de contacto al centro de una red de tierras, calculado en el centro de la malla, que es el mas agudo, y que debe ser menor que el que pueda tolerar el cuerpo humano. \*)

Etol, (\* Potencial de contacto tolerable por el cuerpo humano. \*)

Epaso, (\* Potencial de paso, normalmente menor que el de contacto por el efecto de la resistividad superficial del terreno, y por los zapatos, etc, que el cuerpo humano tolera. \*)

Etransf, (\* Potencial de transferencia, o potencial que la red de tierras se eleva sobre la tierra real. Si existen conductores, que saquen de la subestacion el potencial de la red de tierras, este potencial sera visto, desde un lugar remoto, como un voltaje, que se llama de transferencia, y que puede ser peligroso. \*)

Req, (\* Resistencia de tierra, equivalente, de toda la red de tierras de la substacion \*)

roe, (\* Resistividad del terreno. Medida por el metodo de cuatro varillas esta resistividad es igual a la medicion de resistencia hecha multiplicada por  $2\pi$  distancia entre varillas.  
 $roe = R \times 2\pi \times l$  entre varillas.  
 l entre varillas debe ser mayor que la profundidad de enterramiento de la varilla. \*)

ros (\* resistividad del terreno, superficial. esta corresponde a la grava, cuando se pone en forma superficial, para aumentar el potencial tolerable por el cuerpo humano, y reducir la long. de la red \*)

i real;

c : array[idosceros..mcm1000] of cond;

```

procedure instruye;
begin
write('/instruye> procedimiento no desarrollado');
end; (*instruye*)

```

```

procedure leedat;
begin
  if trace then writeln('trace:leedat>');
  writeln('Nombre del proyecto a quien se le construira esta red ? >');
  readln(proy);
  writeln('Numero de conductores longitudinales >3 ? >');
  readln(n);
  if n < 3 then n := 3;
  write('numero de conductores a lo ancho de la red ? >');
  readln(m);

  write('ancho de la red (metros) ? >');
  readln(y);
  write('largo de la red (metros) ? >');
  readln(x);
  write('Magnitud de la corriente de corto circuito (amp) ? >');
  readln(Icc);
  write('Tiempo de libramiento de la falla de corto circuito (seg) ? >');
  readln(Tcc);
  write('Resistividad del terreno (ohm-metro) ? >');
  readln(roe);
  write('Profundidad de enterramiento de la red (metros) ? >');
  readln(profundidad);
  write('Area total de redes de tierra adicionales (m2) ? >');
  readln(a);
  write('Longitud total de estas redes adicionales (metros) ? >');
  readln(b);
  write('Longitud total de varillas, electrodos y otros elem de tierras (m) ? ');
  write(' >');
  readln(l);

end; (*leedat*)

function ajustaIcc(tiempodecortocirc : real):real;

(*esta funcion ajusta da un factor de ajuste de la corriente de
corto circuito, para la componente de corriente directa de una
corriente de corto circuito que se libra en tiempodecortocirc
para efectos de calculo de red de tierras
*)
var
  d:real;
begin
  if trace then writeln('trace:ajustaIcc>');
  d:= 1.00;
  if (tiempodecortocirc < 0.5 ) then d:= 1.10;
  if (tiempodecortocirc <= 0.25) then d:= 1.25;
  if (tiempodecortocirc <= 0.10) then d:= 1.65;ajustaIcc :=d;
end; (*ajustaIcc*)

```

```

procedure imprimemat;
(* imprime los datos de la red de tierras *)
var
iajustada : real ;
begin
write('Nombre del archivo de salida (xxx:xxx.xx) ? >');
readln(archsals);
if length(archsals) = 0 then archsals:='console:';
rewrite(f,archsals);
writeln(f,chr(12));
for i:=1 to 4 do writeln;
writeln(f,' Nombre del proyecto ',proy);
writeln(f,' Fecha ',fecha);
writeln(f,' Datos de la malla :');
writeln(f,'     Largo :      ',x,' metros');
writeln(f,'     Ancho :      ',y,' metros');
writeln(f,'     Profundidad: ',profundidad,' metros');

writeln(f,' Corriente maxima de corto circuito : ',Icc);
iajustada :=Icc * ajustaIcc(Tcc);
writeln(f,' Corriente de cc ajustada por tcc : ',iajustada);
writeln(f,' Tiempo de libramiento maximo delo corto circuito : ',Tcc,' seg');
writeln(f,' Resistividad del terreno ',roe,' ohm-metros ');
writeln(f,' Area total de la red adicional ',a,' m2');
writeln(f,' Longitud de la red adicional ',b,' metros ');
writeln(f,' Longitud adicional de elementos de tierra, ');
writeln(f,'     electrodos, varillas, etc      ',l,' metros');
end; (*imprimemat*)

```

procedura selcond(icc,Tcc:real);  
 (\* este procedimiento selecciona un calibre de conductor, practico,  
 para efecto de construir con el una red de tierras.

El conductor debe soportar sin fundirse el corto circuito de magnitud  
 Icc, durante un tiempo tcc.

```
*)
var
condsel :cal;
condencontr:iboollean;
taux:real;

begin
  if trace then writeln('trace:selcond >');
  c[dosceros].cal:= ' 2/0 ' ;
  c[dosceros].diam:=0.0151; c[dosceros].mcm:=133100.0;
  c[cuatroceros].cal:= ' 4/0 ' ;
  c[cuatroceros].diam:=0.0179;c[cuatroceros].mcm:=211600.0;
  c[mcm250].cal := ' 250 mcm ' ;
  c[mcm250].diam:=0.020;c[mcm250].mcm:=250000.0;
  c[mcm500].cal := ' 500 mcm ' ;
  c[mcm500].diam:=0.0261;c[mcm500].mcm:=500000.0;
  c[mcm1000].cal := ' 1000 mcm ' ;
  c[mcm1000].diam:=0.043;c[mcm1000].mcm:=1000000.0;
```

(\*

Los circular mils requeridos estan dados por la formula

$cm = Icc / (\sqrt{[(\log((tm-ta)/(234+ta)+ 1)) / (33 \times tcc)])}$

donde ta: temperatura ambiente = 40

tm: segun el material y accesorios que se empleen:

1083 temp de fusion del cobre;

450 temp permisible para soldadura de laton;

250 temp permisible para uniones con conectores;

en forma rapida se puede seleccionar:

CIRCULAR MILS POR AMPERE

tiempo de dur de falla

30 seg

4 seg

1 seg

.5 seg

cable

40

14

7

5

laton

50

20

10

6.5

conectores

65

24

12

8.5

\*)

```

taux :=82.9*Tcc;
cmdelcondreq := lcc*(sqrt(taux));
condsel := dosceros;
condencontre :=false;
repeat
  if ( c[condsel].mcm >= cmdelcondreq) then condencontre :=true
    else condsel :=succ(condsel);
  if condsel =mcm1000 then begin
    writeln('no encontro conductor que resista el cc ');
    exit(program);
  end (* if *)
until condencontre;
calibre := c[condsel].cal;
diam :=c[condsel].diam;
mcm :=c[condsel].mcm;
  if trace then writeln('cond sel mcm=',mcm,' diam=',diam);
end; (*selcond*)

```

```

function km(espaciamento,profundidad,diam:real;n:integer):real;
(*funcion que calcula el factor KM que toma en cuenta el efecto
del numero de conductores paralelos, espaciados, con diametro diam
y enterrados a una profundidad determinadas. unidades en metros*)

```

```

var
  i,
  term:integer;
  km1, km2:real;
begin
  if trace then writeln('tracerm >');
  km1:=espaciamento*espaciamento/(16.0*diam*profundidad);
  km2 :=ln(km1);

  km1:=(1.0/(2.0*pi))*km2;
  term := n-2;
  km2:=1.0;

  for i:=1 to term do km2 := km2*((2*(i+2)-3)/(2*(i+2)-2));
  km2 :=(1.0/pi)*ln(km2);
  km:=km1+km2;
  if trace then writeln('trace : km sali >');
end; (*km*)

```

```

function ki(n:integer):real;
(*funcion que calcula un factor por irregularidades del terreno
para tomar en cuenta el flujo no uniforme en diversas partes
de la red
*)
begin
  if trace then writeln('trace: ki >');
  ki := 0.65 + 0.172 * n
end; (*ki*)

```

```

function ks(espaciamiento,profundidad:real;m:integer):real;
(*
Coeficiente que toma en cuenta el efecto de n conductores de la malla,
y que lleva m conductores transversales (cortos) en la malla basica
*)
var ksl : real;
    i:integer;
begin
    if trace then writeln('traces: ks >');
    ksl := 1.0 / ( 2.0*m*profundidad)+1.0/(profundidad *espaciamiento);
    for i:=2 to m-1 do ksl := ksl + 1.0/(i*espaciamiento);
    ks := ksl/pi
end; (*ksw*)

procedure imprimires;
begin
    if trace then writeln('traces:imprimeres >');
    writeln(f);writeln(f);writeln(f,'Resultados de la red de tierras ');
    writeln(f,'con resistividad superficial ',ros,' ohms-metro');
    writeln(f);writeln(f,' Circular mils del cond requerido ',cmelcondreq);
    writeln(f,' Circular mils del conductor seleccionado ',mcm);
    writeln(f,' Calibre del cond recomendado ', calibre);
    writeln(f,' Long de cond de la red ',longdela red);
    writeln(f,' Numero de conductores paralelos (lado largo ) ',n);
    writeln(f,' Numero de conductores paralelos (lado corto ) ',m);
    writeln(f,' Espaciamiento ',espaciamiento);
    writeln(f);writeln(f,'Resistencia de la red ');
    writeln(f,' de la subestacion ',resub);
    writeln(f,' de la planta ',resplanta);
    writeln(f,' total ',req);
    writeln(f);writeln(f,' Potencial tolerable de contacto ',Etol);
    writeln(f,' Potencial de la malla ',Emalla);
    writeln(f,' Potencial de paso ',Epasso);
    writeln(f,' Potencial de transferencia ',Etransf);
end; (*imprimeres*)

function res(area,ro,long:real):real;
(*
esta funcion calcula la resistencia de tierra de una malla que
cubre un area sobre un terreno de resistividad ro y que tiene
una longitud total de conductor enterrado long
*)
var
radioeq : real;

begin
if trace then writeln('trace : res >');
radioeq := sqrt(area/pi);
if (radioeq = 0.0) or (long = 0.0) then res := 100000.0 else
res := ro/(4.0*radioeq) + ro/(long)
end; (*resw*)

```



```

begin f main)
  trace := false;
  instruye;
  leedat;
  imprimedat;
  lcc:=lcc*ajustaLcc(tcc);

  selcond(lcc,tcc);
  for i:= 0 to 4 do
  begin
    case i of
      0 :ros :=0;
      1 :ros :=50;
      2 :ros :=100;
      3 :ros :=500;
      4 :ros :=1000;
    end; {case}

    { valor inicial de Etol, con ros =0 }
    Etol :=(165+(0.25*ros))/(sqrt(tcc));
    repeat
      longdelared:=n*x+m*y+1;
      espaciamento:=y/(n-1);
      Emalla:=km(espaciamento,profundidad,diam,n)*ki(n);
      Emalla:=Emalla*roe*lcc/longdelared;
      if (Emalla > Etol) then n:=n+1;
    until (Emalla <= Etol);
    Epaso :=ks(espaciamento,profundidad,m)*ki(n)*(roe+ros)*lcc;
    Epaso :=Epasso/longdelared;
    resub :=res(x*y,roe, longdelared);
    resplanta :=res(a,roe,1);
    req:=(resub*resplanta)/(resub+resplanta);
    Etransf :=lcc*req;
    imprimirres;
    end; {#for#}
  close(f,lock);
end. {#main#}

```

## **C. 2 Alimentadores**

**PROGRAMA: ALIMENTADORES.  
EXPLICACION.**

El objetivo de este programa, es seleccionar el conductor adecuado para alimentar una carga dada. Primeramente, el programa lee todos los datos referentes a: los conductores, factores de temperatura, factores de agrupamiento y tubería conduit, así como la tabla 206.5B de las NTPIF, con el fin de seleccionar el calibre del conductor de puesta a tierra.

El programa, lee los datos de la carga a alimentar, como son: KW, factor de potencia, distancia del centro de carga a la carga, corriente nominal, corriente máxima que demanda la carga, etc.

A continuación, el programa realiza los cálculos para seleccionar el conductor apropiado para alimentar la carga definida: por ampacidad; por caída de voltaje; por corto circuito. Así mismo, se selecciona el conductor de neutro y el conductor de tierra.

El programa Alimentadores, también selecciona la capacidad de la protección contra sobrecarga del circuito, así como la canalización adecuada a un factor de relleno de 25% (tubo conduit).

Por último, se imprimen los resultados obtenidos.

PROGRAMA: ALIMENTADORES.

DATOS DE ENTRADA.

VARIABLE	SIGNIFICADO
NALIM\$	Número de Alimentadores.
KW	KiloWatts de Diseño de la Carga.
IN	Corriente Nominal para Protección
IMAX	Corriente Máxima Permisible para que la protección no opere en un segundo.
FASES%	Número de Fases.
LON	Distancia desde el centro de carga hasta la carga; longitud total del alimentador.
FP	Factor de Potencia.
TUBO\$	Tubo Galvanizado, Poliducto, PVC, etc.

DE CADA CONDUCTOR:

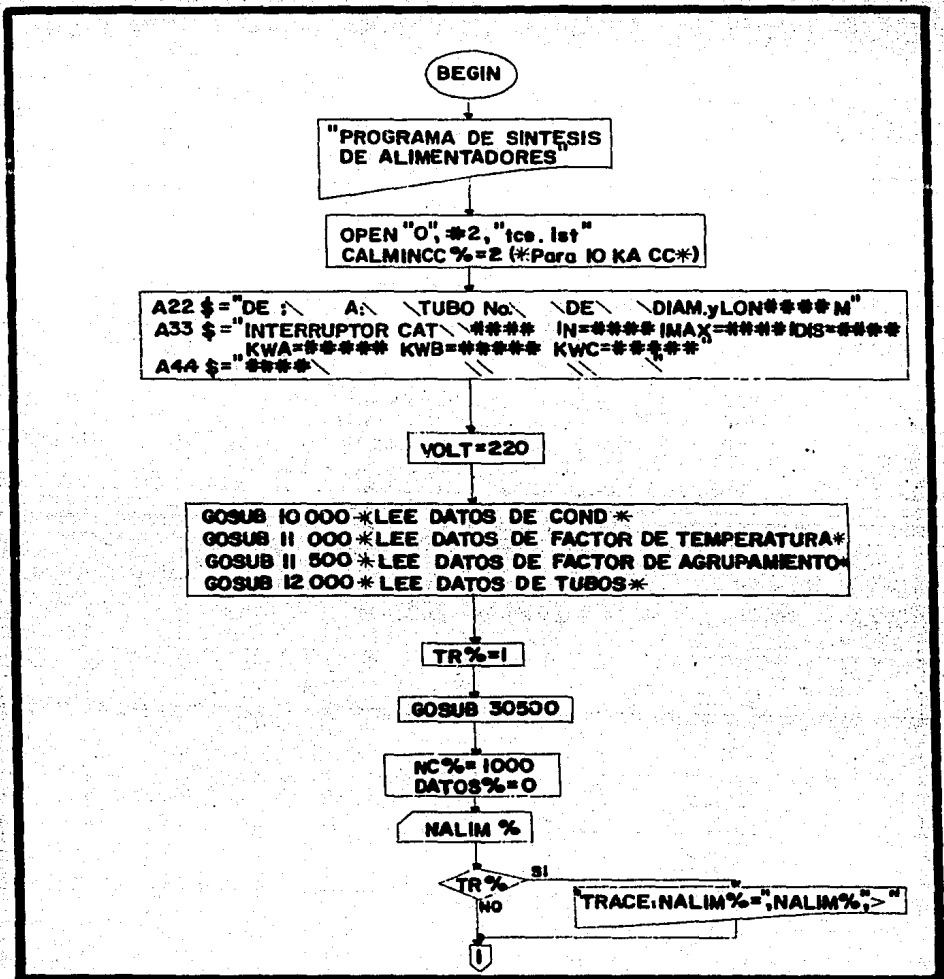
CALIB\$	Calibre del Conductor.
TIPO\$	Tipo de Aislamiento.
AMPAC%	Ampacidad del Conductor.
DIAM	Diámetro del Conductor.
AREA	Area del Conductor.
R	Resistencia del Conductor.
X	Reactancia del Conductor.
COSTO	Costo del Conductor.

PROGRAMA: ALIMENTADORES.

RESULTADOS.

El programa Alimentadores, Imprime los siguientes resultados:

- 1) Imprime los datos de entrada, los cuales representan la base de los cálculos realizados.
- 2) Tipo y Calibre del conductor de fase requerido para alimentar la carga.
- 3) Tipo y Calibre del conductor neutro requerido.
- 4) Tipo y Calibre del conductor de puesta a tierra requerido.
- 5) Capacidad de la protección contra sobrecarga del circuito.
- 6) Diámetro de la canalización requerida (tubo conduit).



BEGIN

"PROGRAMA DE SINTESIS DE ALIMENTADORES"

OPEN "O" #2, "tce.lst"  
CALMINCC % = 2 (\*Para IO KA CC\*)

A22 \$ = "DE ; \\ A: \\ TUBO No: \\ DE \\ DIAM.yLON####M"  
A33 \$ = "INTERRUPTOR CAT \\ #### IN=#### IMAX=#### DIS=####  
A44 \$ = "#### \\ \\ \\ \\ \\"

VOLT = 220

GOSUB 10 000 \*LEE DATOS DE COND\*  
GOSUB 11 000 \*LEE DATOS DE FACTOR DE TEMPERATURA\*  
GOSUB 11 500 \*LEE DATOS DE FACTOR DE AGRUPAMIENTO\*  
GOSUB 12 000 \*LEE DATOS DE TUBOS\*

TR % = 1

GOSUB 30500

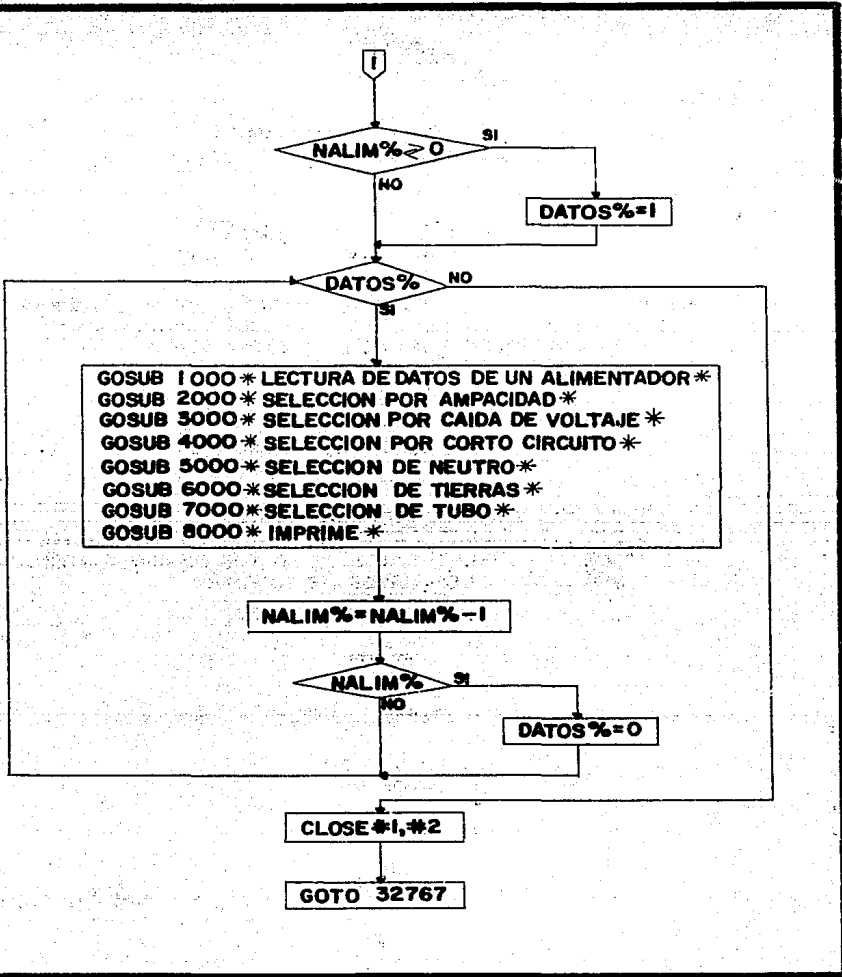
NC % = 1000  
DATOS % = 0

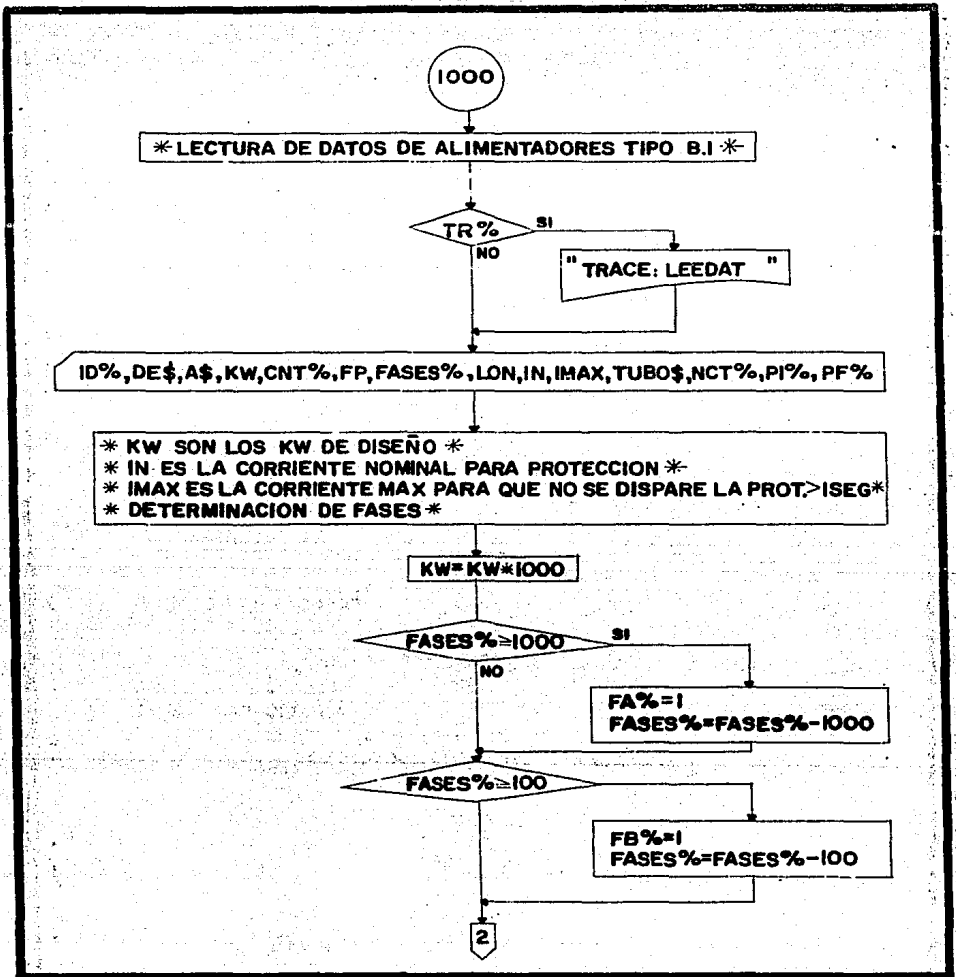
NALIM %

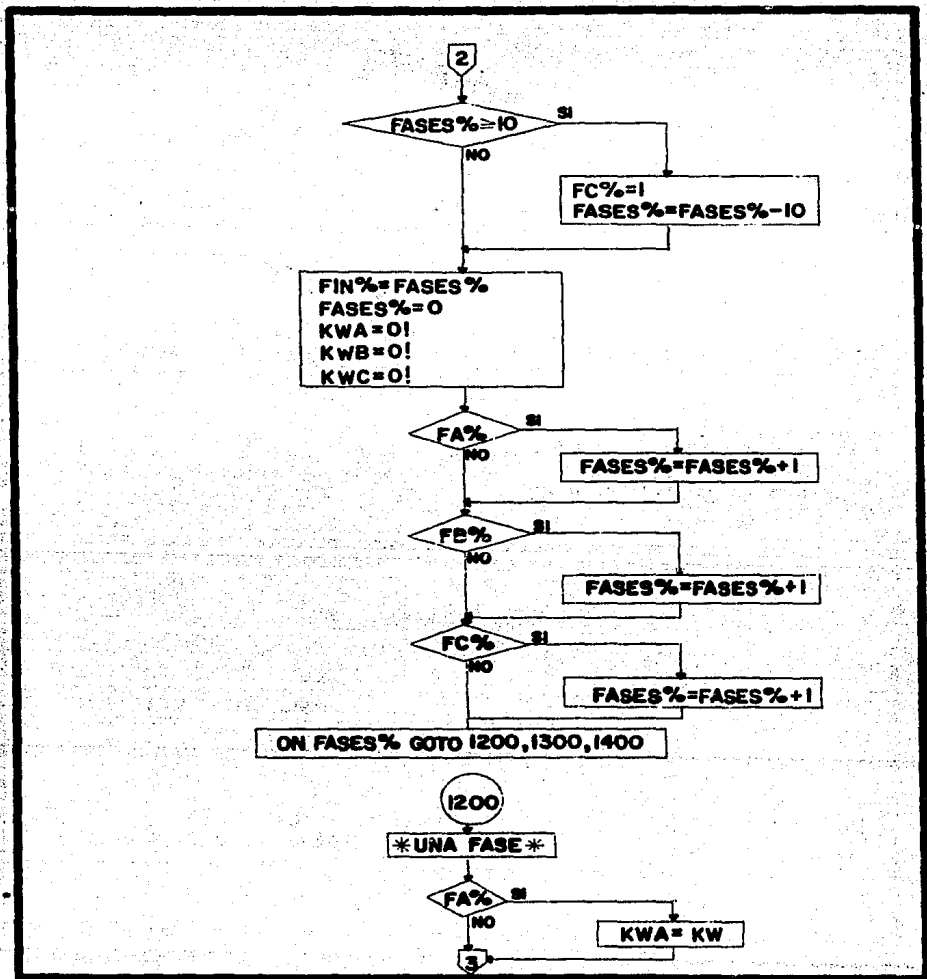
TR %

SI  
TRACE: NALIM % = ,NALIM % , >

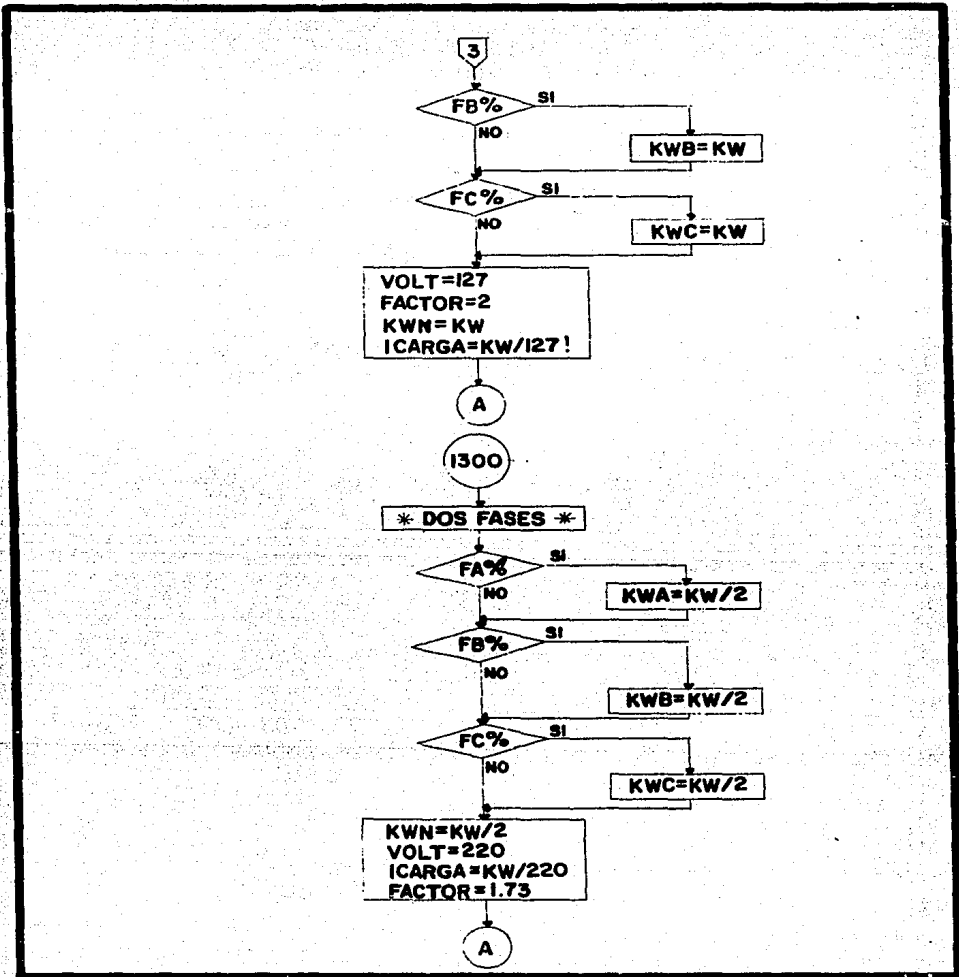
NO  
I

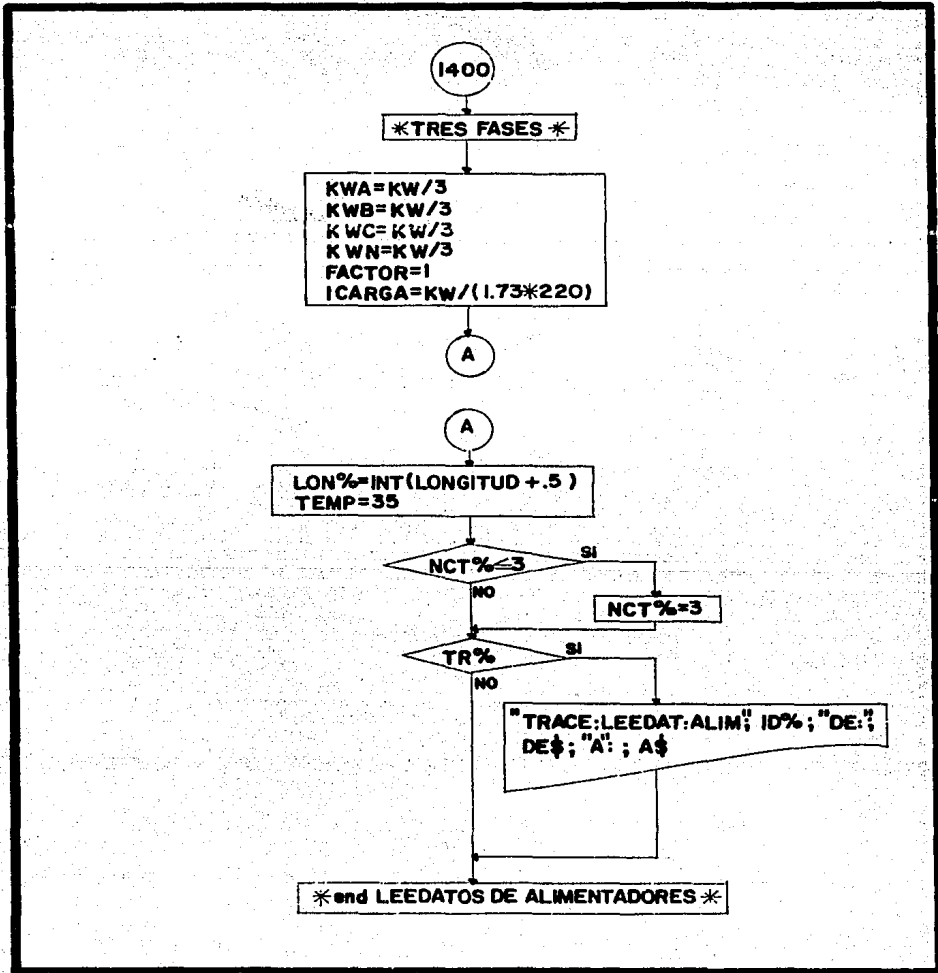


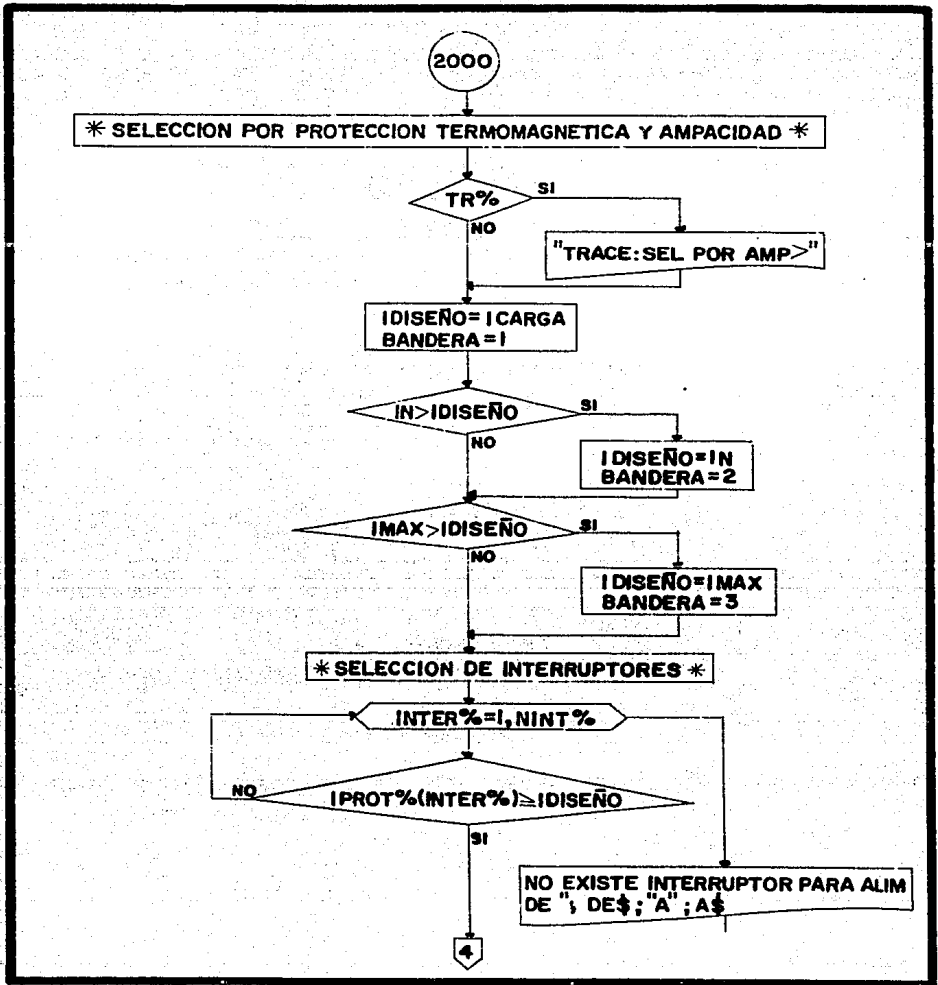


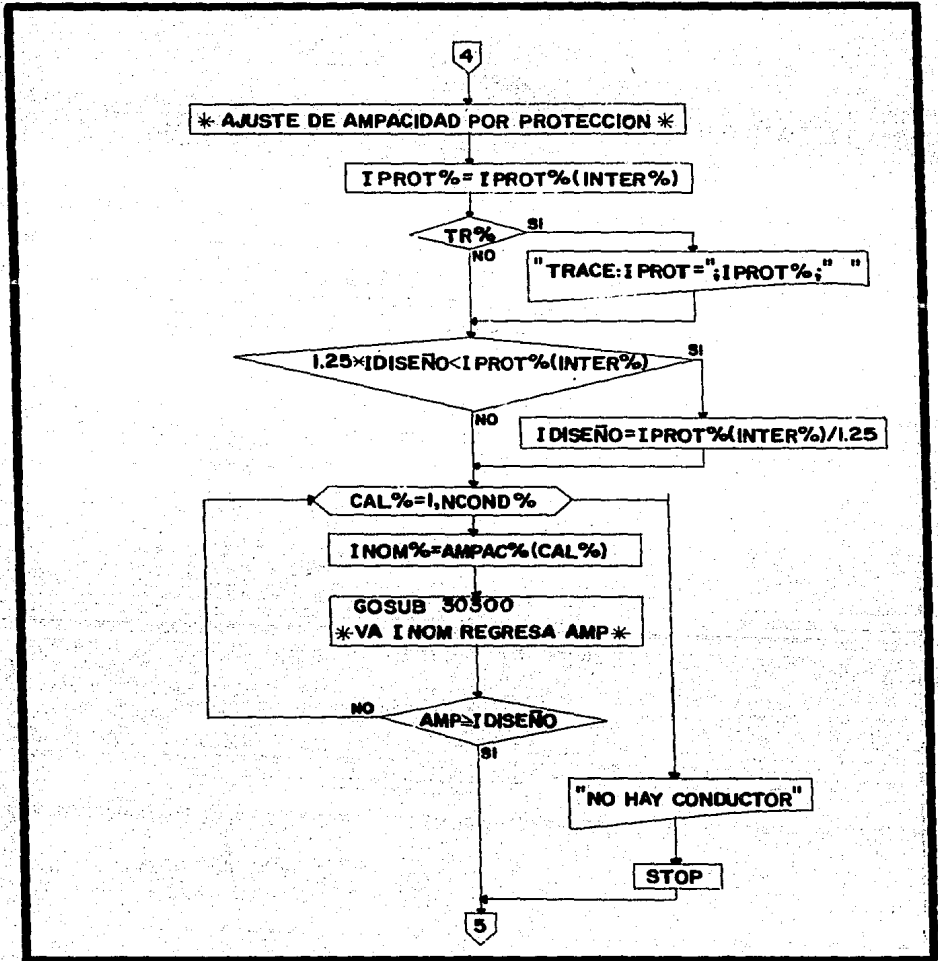


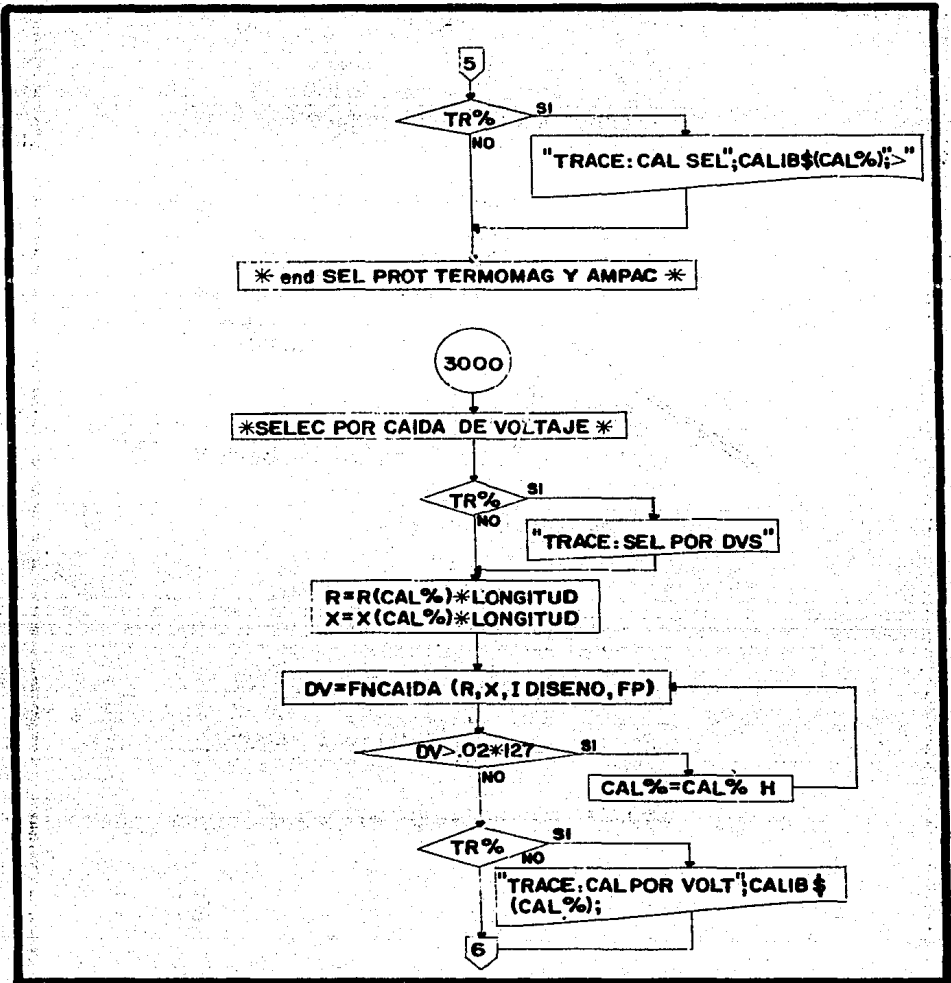


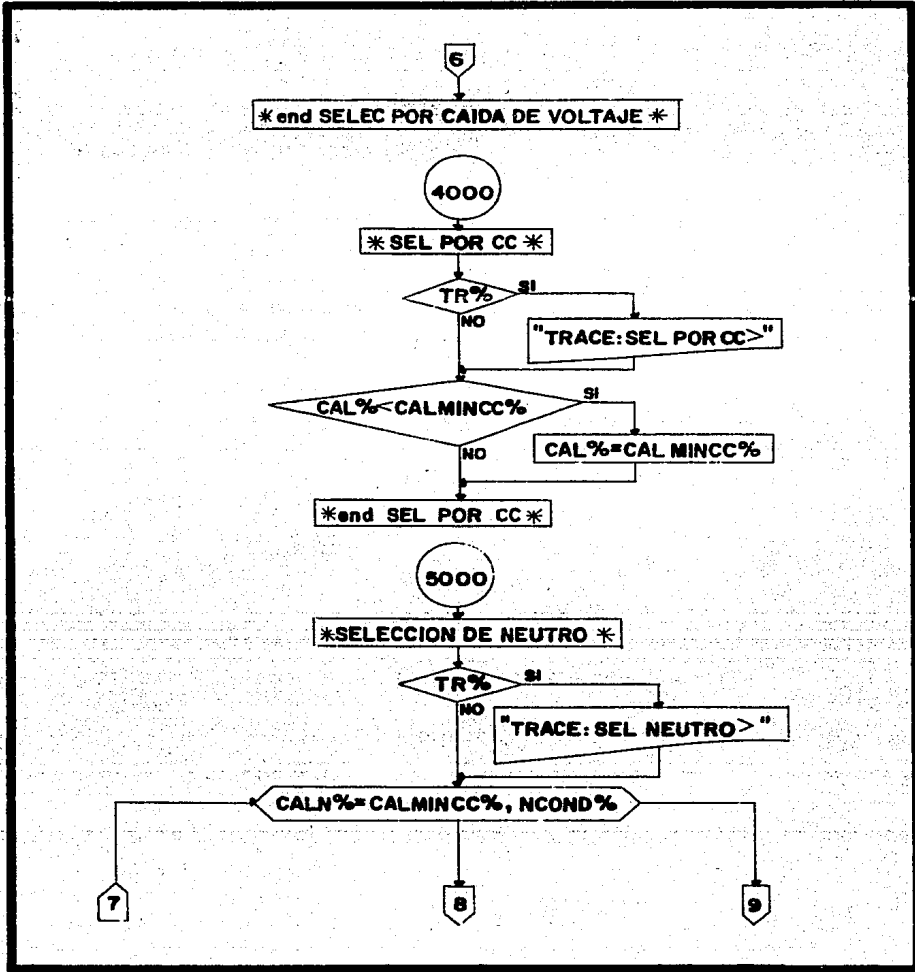


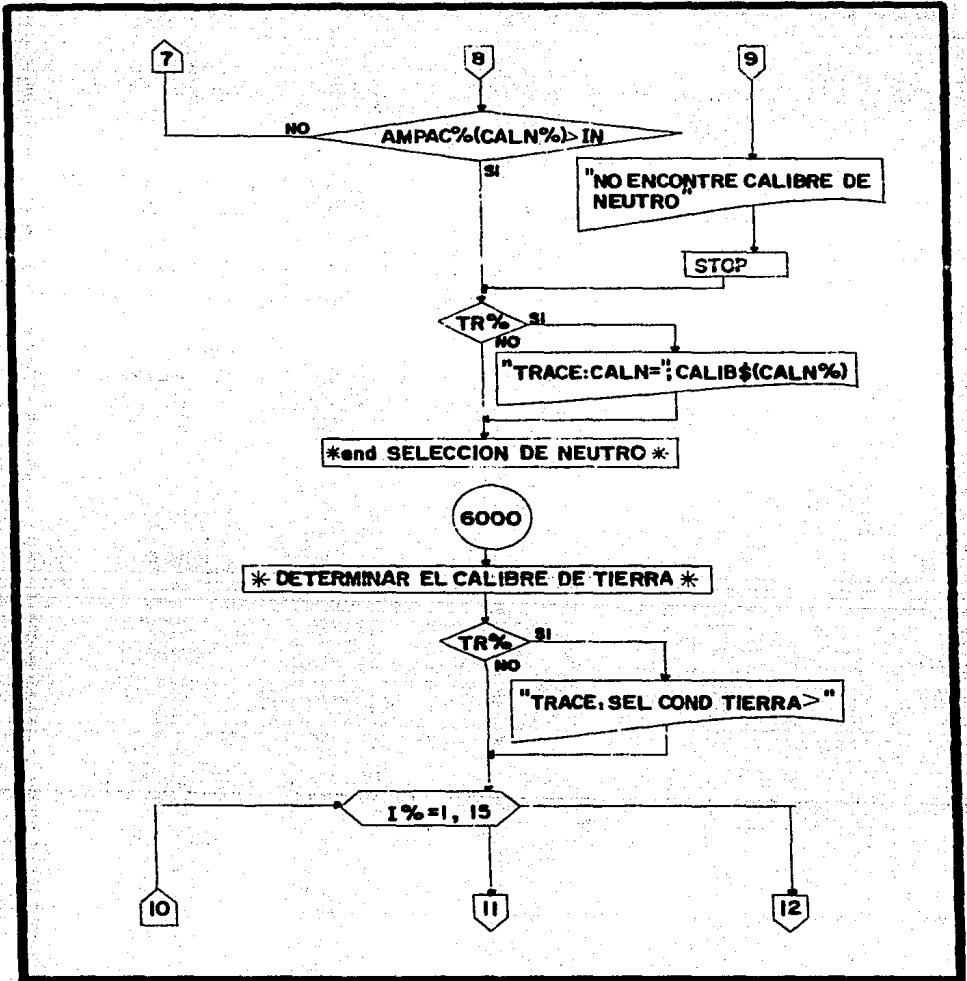


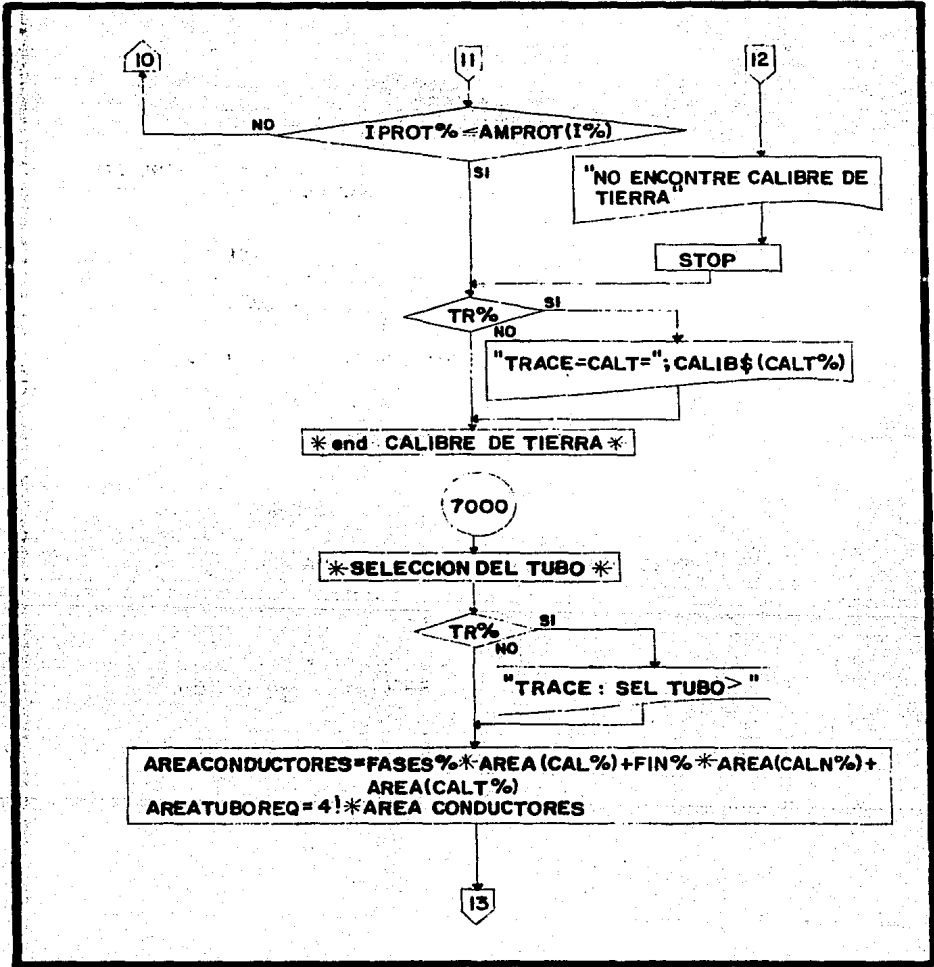




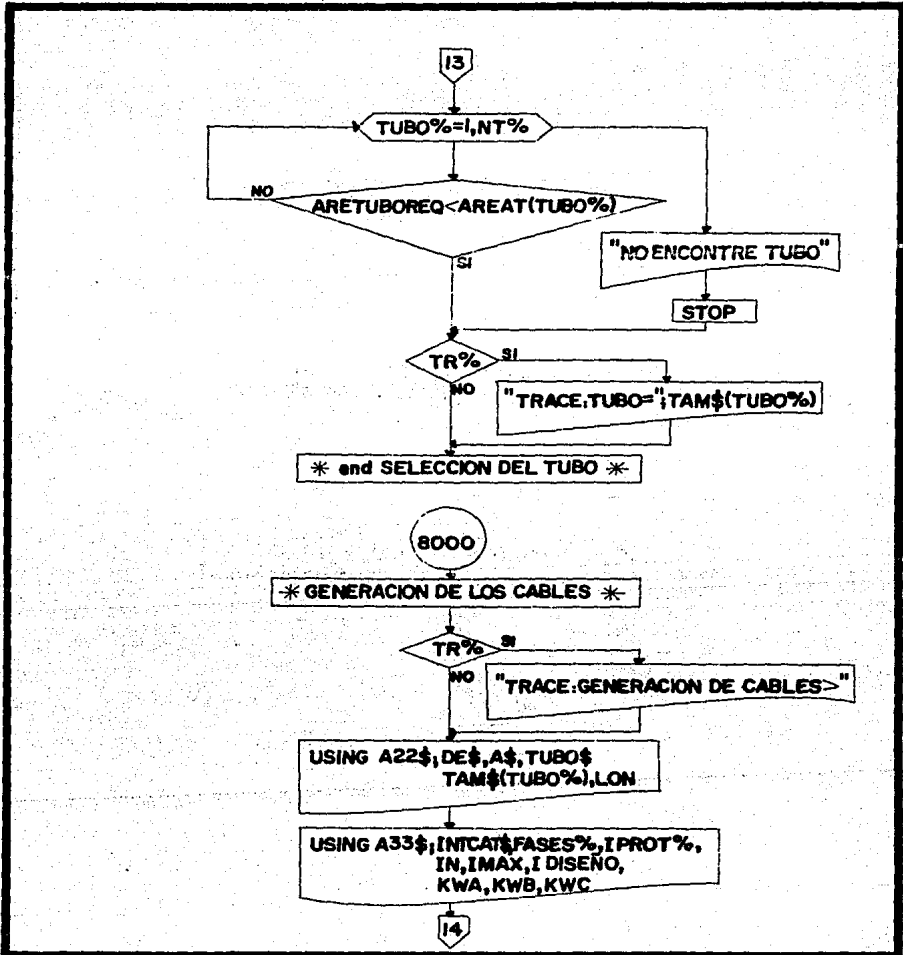


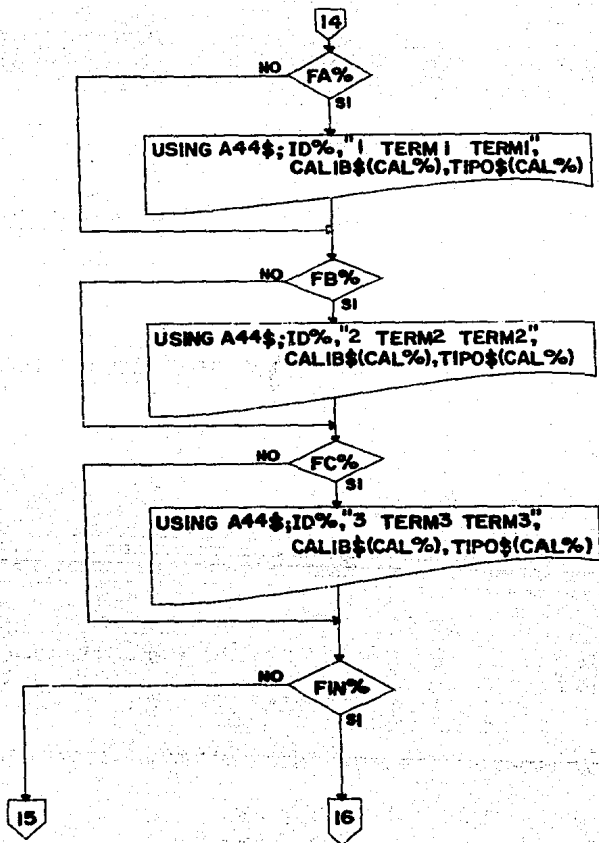


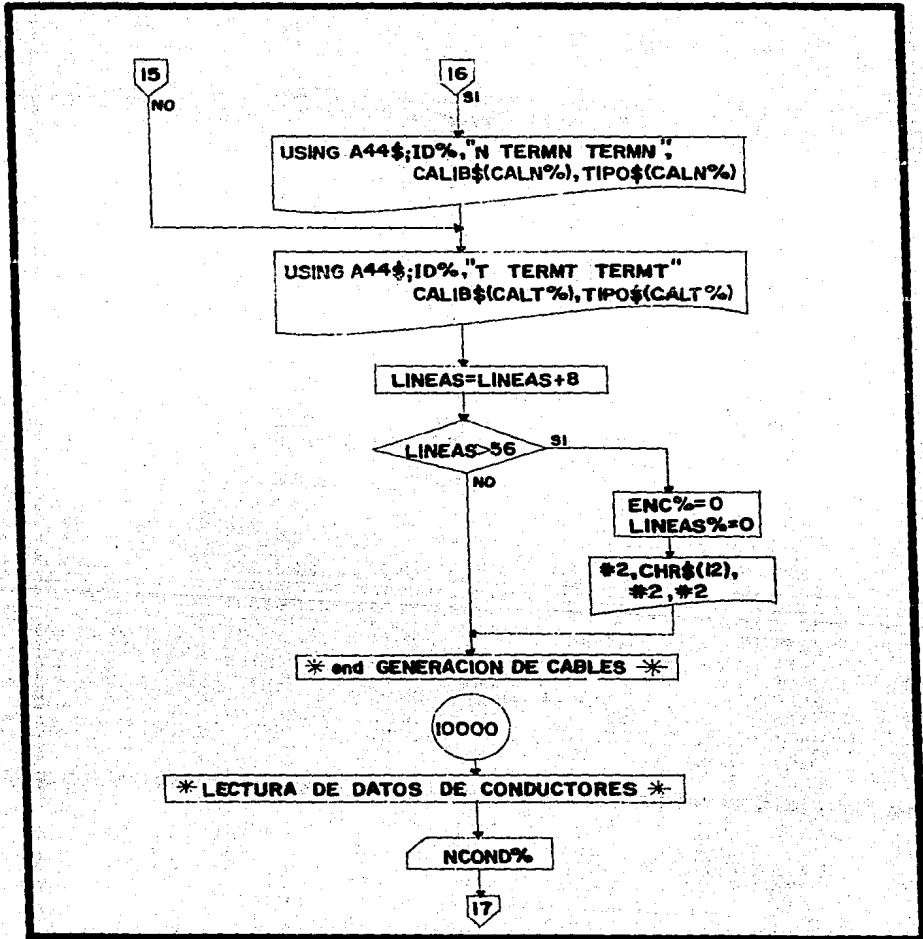


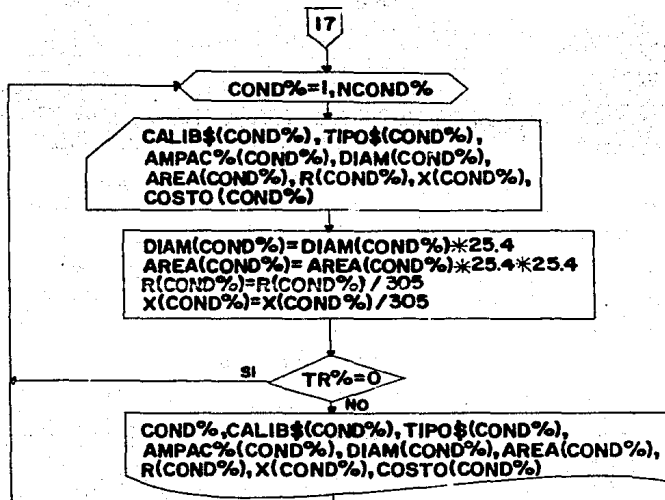






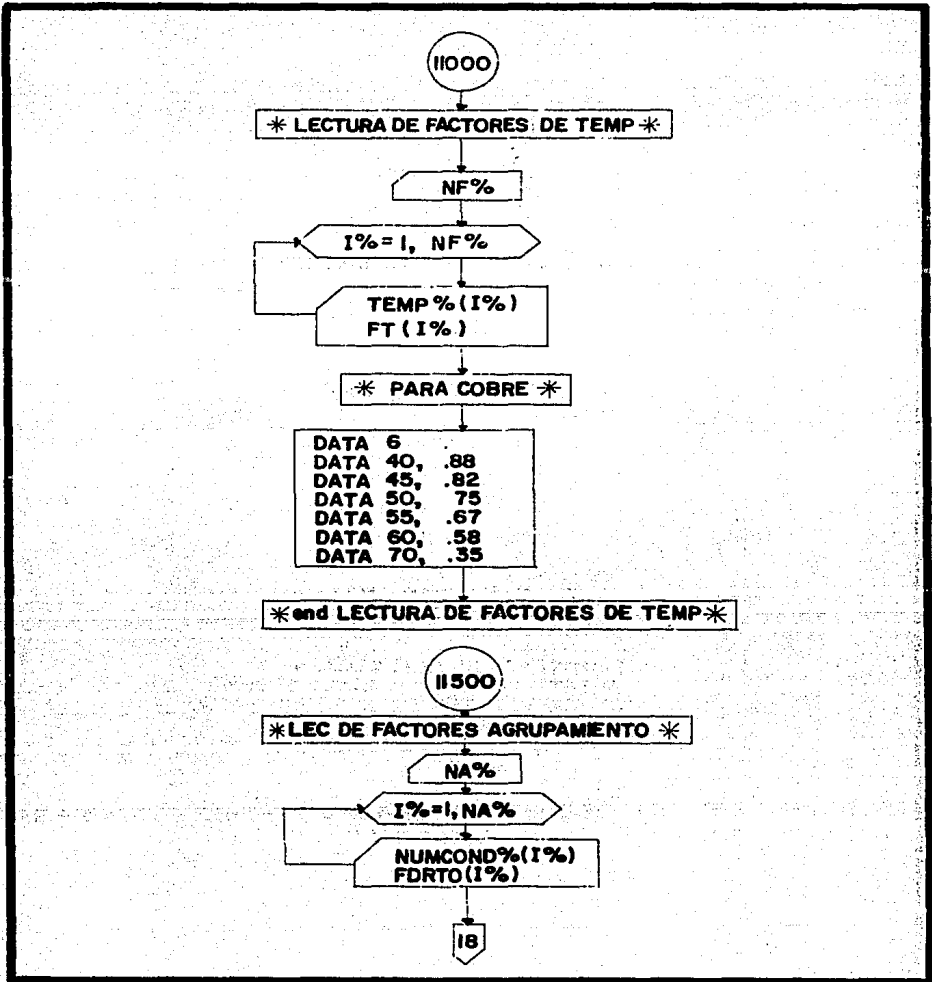


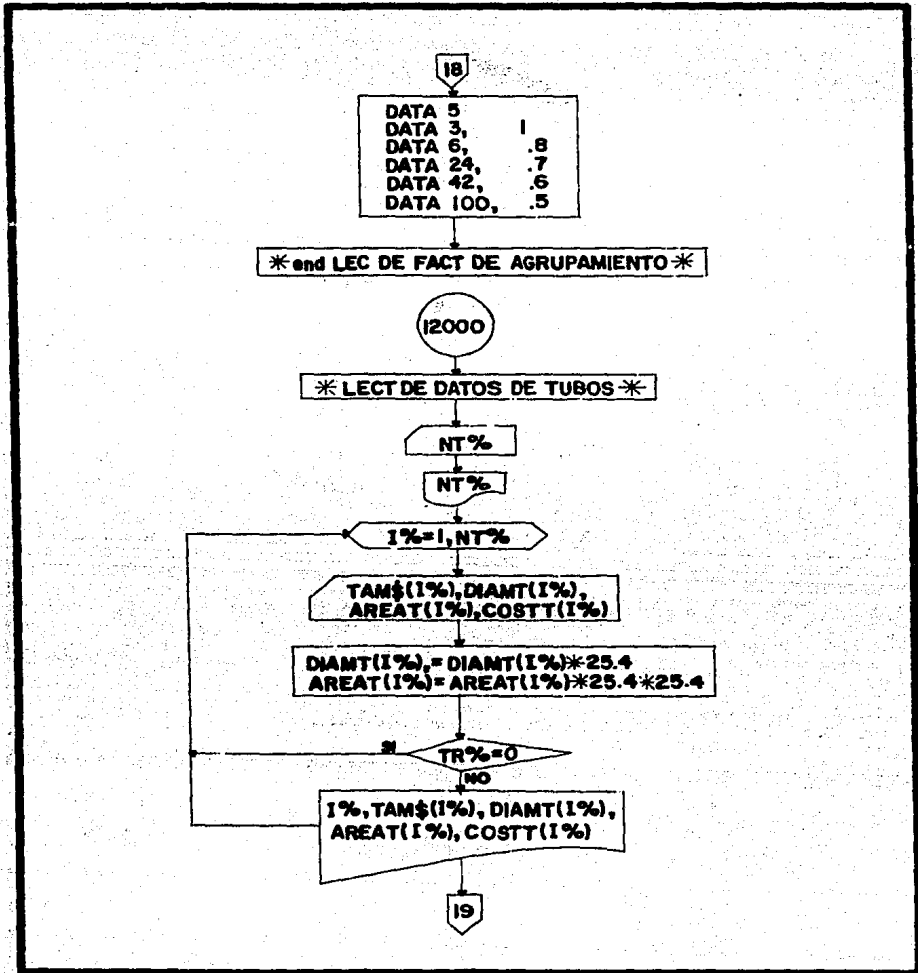




DATA 20						
DATA 14,thw, 15,	.162,	.0206,	2.5524,	0.18414,		0.0
DATA 12,thw(sol), 20,	.179,	.0251,	2.0948,	.18414,		0.0
DATA 12,thw, 20,	.179,	.0251,	2.135,	.18414,		0.0
DATA 10,thw,(sol), 30,	.199,	.0311,	1.3163,	.16236		0.0
DATA 10,thw, 30,	.199,	.0311,	1.344,	.16236,		0.0
DATA 8, thw,(sol), 45,	.276,	.0598,	.786,	.0754,		0.0
DATA 8, thw, 45,	.276,	.0598,	.811,	.0754,		0.0
DATA 6, thw(sol), 65,	.323,	.0819,	.496,	.0685		0.0
DATA 6, thw 65,	.323,	.0819,	.510,	.0685,		0.0
DATA 4, thw(sol), 85,	.372,	.1087,	.312,	.0632,		0.0
DATA 4, thw, 85,	.372,	.1087,	.321,	.0632,		0.0
DATA 2, thw, 115,	.433,	.1473,	.202,	.0585,		0.0
DATA 1, thw, 130,	.508,	.2027,	.160,	.0570,		0.0
DATA 1/0, thw, 150,	.549,	.2361,	.128,	.0540,		0.0
DATA 2/0, thw, 175,	.595,	.2781,	.102,	.0533,		0.0
DATA 3/0, thw, 200,	.647,	.3286,	.0805,	.0519,		0.0
DATA 4/0, thw, 230,	.705,	.3904,	.0640,	.0497,		0.0
DATA 250, thw, 255,	.787402,	.487631,		.0552,	.0495,	0.0
DATA 300, thw, 285,	.84252,	.558001,		.0464,	.0493,	0.0
DATA 350, thw, 310,	.893701,	.62946,		.0378,	.0491,	0.0

\* end LECTURA DE DATOS DE CONDUCTORES \*





19

DATA 13				
DATA 1/2,	.622,	.3,		0.0
DATA 3/4,	.824,	.53,		0.0
DATA 1,	1.049,	.86,		0.0
DATA 1 1/4,"		1.380,	1.5	0.0
DATA 1 1/2,"		1.610,	2.04	0.0
DATA 2,	2.067	3.36,		0.0
DATA 2 1/2,"		2.469,	4.79	0.0
DATA 3,	3.068,	7.38,		0.0
DATA 3 1/2,"		3.548,	9.90	0.0
DATA 4,	4.026,	12.72,		0.0
DATA 4 1/2,"		4.506,	15.94,	0.0
DATA 5,	5.047,	20.00		0.0
DATA 6,		6.065,	28.89	0.0

```
DEF FNCAIDA(R,X,IA,FP)=IA*FNZ(R,X,FP)
DEF FNZ(R,X,FP)=R*FP+SQR(1-FP*FP)*X
DEF FNR2(RI,T1,T2)=RI*(234.5+T2)/(234.5+T1)
```

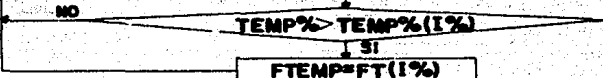
\*end LECT DE DATOS DE TUBOS \*

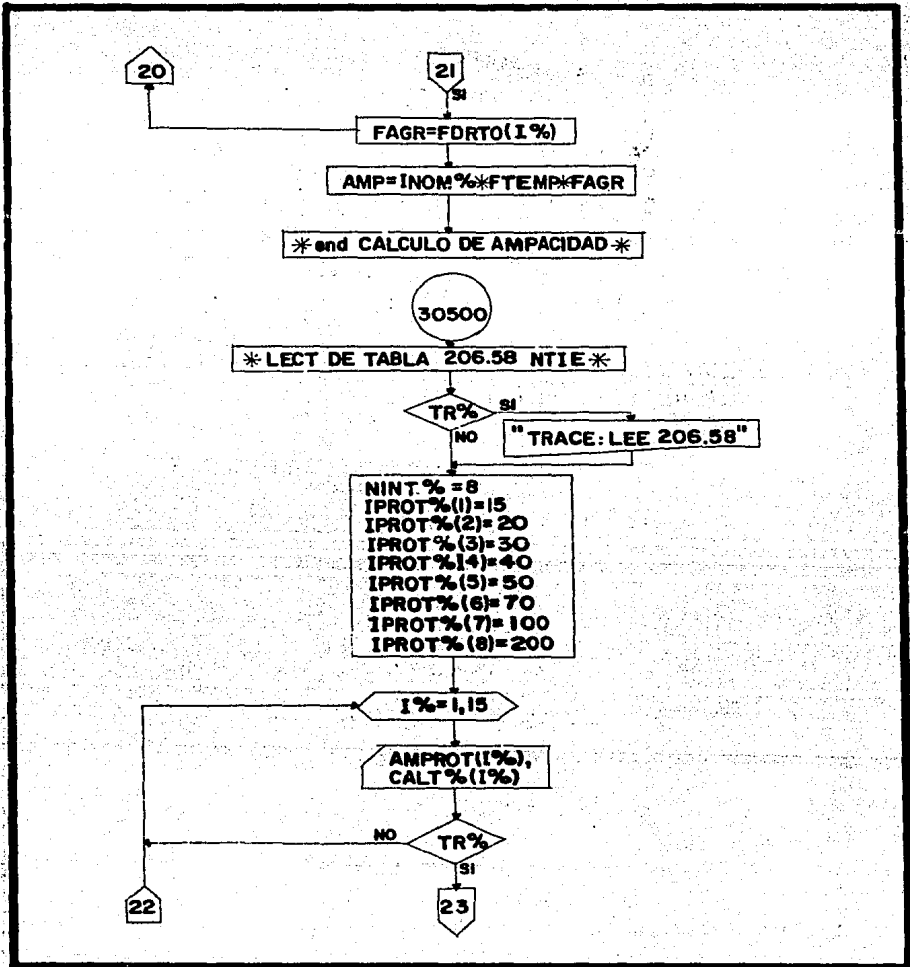
30300

\*CALCULO DE AMPACIDAD \*

FTEMP=I!  
FAGR =I!

I%=I,NF%







22

23

AMPROT(I%),  
CALIB\$(CALT%(I%))

DATA 15,	2,	20,	2
DATA 30,	4,	40,	4
DATA 60,	4,	100,	7
DATA 200,	9,	400,	11
DATA 600,	12,	800,	14
DATA 1000,	15,	1200,	16
DATA 1600,	17,	2000,	18
DATA 25000,	20,		

INTCAT\$="AIB"

\*end LECT DE TABLA 206.58 \*

DATA 2  
DATA 10,"INT.PAL",,,,TRNSF, 50.0,1,.8,1111,55,120,120,"UNO",3,1,0  
DATA 20, GENEHR, TRNSF, 57.5,0,0.8,1111,21,98,98,DOS,5,1,0

32767

END

```

10 VEREDs="02/05"
20 HOME
30 PRINT : PRINT "PROGRAMA DE SINTESIS DE ALIMENTADORES ": PRINT STRING$(25,32);VEREDs
36 PRINT "ESROGRAMA ESPERA LOS DATOS DEL ARCHIVO ALIM.DAT "
37 PRINT "ESTE PROGRAMA ESCRIBE SUS RESULTADOS EN TCE.LST"
38 INPUT "ADICIONALMENTE DESEA SALIDA A IMPRESORA ? >";RESPs
39 IF LEFT$(RESPs,1)="S" THEN IMX=1 ELSE IMX=0
50 OPEN "o",#2,"tce.lst"
55 DIM R(50),X(50),TIPOs(50),CALLIBRes(50),AMPACX(50),DIAM(50),AREA(50),COSTO(50),CALIBs(50)
60 DIM CX(20), LX(20),CNX(20),Ts(20),Tz(20),RFs(20),TAMs(20),DIAHT(20),AREAT(20),COSTT(20)
65 DIM OMs(20)
70 DIM TEMPz(10),FT(10)
80 DIM NUMCONDx(5),FDRT0(5)
90 CALINCC=2
100 DIM AMPROT(16),CALTX(16) ' PARA 10KA CC
110 A22s="DE: \ At \ TUBO NO. \ DE \ DIAM Y LON ##### M"
120 A33s="INTERRUPTOR CATALOGO \ \ ### \ IN=#### \ IMAX=#### \ IDIB=#### \ KWA=#### \ KMB=#### \ KMC=#### "
130 A44s="#### \ \ \ \ \ "
490 VOLT =220
500 GOSUB 10000 ' lee datos de cond
510 GOSUB 11000 ' lee dat de fac de temp
520 GOSUB 11500 ' lee dat de fac de amont
530 GOSUB 12000 ' lee dat de tubos
532 TRX=1
535 GOSUB 30500
540 NCX=1000
550 DATOSx=0
557 READ NALIMx
558 IF TRX THEN PRINT "TRACE: NALIMx=";NALIMx;">"
559 IF NALIMx < 0 THEN DATOSx=1
560 WHILE DATOSx
570 GOSUB 1000 'LECTURA DE DATOS DE UN ALIMENTADOR
580 GOSUB 2000 'SELECCION POR AMPACIDAD
590 GOSUB 3000 'SELECCION POR CAIDA DE VOLTAJE
600 GOSUB 4000 'SELECCION POR CORTO CIRCUITO
610 GOSUB 5000 'SEL DE NEUTRO
620 GOSUB 6000 'SEL DE TIERRAS
630 GOSUB 7000 'SEL DE TUBO
640 GOSUB 8000 'INPRINE
650 NALIMx = NALIMx - 1
660 IF NALIMx = 0 THEN DATOSx = 0
790 MEND
799 CLOSE #1,#2
799 GOTO 32767
1000 '
1001 ' LECTURA DE DATOS DE ALIMENTADORES TIPO B.1
1002 '
1003 IF TRX THEN PRINT "TRACE: LEEDAT > "
1010 READ IDx,DEs,A#,KH,CNTX,FP,FASESx,LON,IN,IMAX,TUBOs,NCTx,PIX,PFx
1011 'KH SON LONs KH DE DISE'O
1012 'IN ES LA CORRIENTE NOMINAL PARA PROTECCION
1013 'IMAX ES LA CORRIENTE MAX PARA QUE NO SE DISPARE LA PROT. NOMINAL >1600
1020 'DETERMINACION DE FASES
1025 KH = KH+1000
1030 IF FASESx >= 1000 THEN FAX=1 : FASESx=FASESx-1000
1040 IF FASESx >= 100 THEN FBX = 1 : FASESx = FASESx-100

```

```

1050 IF FASESX >= 10 THEN FCX = 1: FASESX = FASESX - 10
1060 F1NX = FASESX
1070 FASESX=0
1075 KWA=01: KWB=01: KWC=01
1080 IF FAX THEN FASESX=FASESX+1
1090 IF FBX THEN FASESX=FASESX+1
1100 IF FCX THEN FASESX=FASESX+1
1110 ON FASESX GOTO 1200,1300,1400
1200 / UNA FASE
1210 IF FAX THEN KWA=KW
1220 IF FBX THEN KWB=KW
1230 IF FCX THEN KWC=KW
1240 VOLT=127
1250 FACTOR =2
1260 KUN=KW
1270 ICARGA=KW/1271
1299 GOTO 1500
1300 / DOS FASES
1310 IF FAX THEN KWA=KW/2
1320 IF FBX THEN KWB=KW/2
1330 IF FCX THEN KWC=KW/2
1340 KUN=KW/2
1350 VOLT=220
1360 ICARGA=KW/220
1370 FACTOR = 1.73
1399 GOTO 1500
1400 / TRES FASES
1410 KWA = KW/3
1420 KWB = KW/3
1430 KWC = KW/3
1440 KUN = KW/3
1450 FACTOR = 1
1460 ICARGA =KW/(1.73*220)
1500 CONTINUAMOS
1510 LONGX=INT(LONGITUD*.5)
1520 TEMP = 35
1530 IF NCTX <= 3 THEN NCTX=3
1990 IF TRX THEN PRINT "TRACE:LEIDAT: ALIM: IDX: DE: DE%: A":A0
1999 RETURN
2000 /
2001 / SELECCION POR PROTECCION TERMOMAGNETICA Y AMPACIDAD
2002 /
2003 IF TRX THEN PRINT "TRACE: SEL POR AMP >"
2010 IDISENO=ICARGA
2015 BANDERA =1
2020 IF IN > IDISENO THEN IDISENO = IN: BANDERA=2
2030 IF IMAX > IDISENO THEN IDISENO =IMAX: BANDERA=3
2040 IF CNTX THEN (F. 1.25 * IN > IDISENO THEN IDISENO = 1.25 * IN
2050 / SELECCION DE INTERRUPTOR
2060 FOR INTERX= 1 TO NINTX
2070 IF (PROTX<INTERX) >=IDISENO THEN GOTO 2100
2080 NEXT INTERX
2090 PRINT "NO EXISTE INTERRUPTOR PARA ALIM DE ",DE0,"A":A0
2100 "AJUSTE DE AMPACIDAD POR PROTECCION
2105 (PROTX<INTERX)

```

```

2106 IF TRX THEN PRINT "TRACE:IPROT=";IPROT; ">"
2110 IF 1.25 * IDISENO < IPROTZ (INTERZ) THEN IDISENO= IPROTZ (INTERZ)/1.25
2120 FOR CAIY = 1 TO 14LONLX
2130 INDIR= AMPACK(CALX)
2140 GOSUB 30300 ' VA INOM REGRESA AMP
2150 IF AMP >= IDISENO THEN 2190
2160 NEXT CALX
2170 PRINT "NO HAY CONDUCTOR";STOP
2180 STOP
2190 IF TRX THEN PRINT "TRACE: CAL SEL"; CALIB# (CALX); ">"
2299 RETURN
3000 '
3001 'SELEC POR CAIDA DE VOLTAJE
3002 '
3003 IF TRX THEN PRINT ("TRACE: SEL POR DVS")
3010 R= R(CALX)* LONGITUD
3020 X= X(CALX)* LONGITUD
3030 ' SE TRATA DE DISEÑAR Y CALCULAR LA CAEDA DE MOLTAJE; YA SABEMOS LA IN Y TENEMOS EL CONDUCTOR. OSEA:
3040 DV= FNCAIDA (R, X, IDISENO, FP)
3050 IF DV > .02* 127 THEN CALX=CALX H; GOTO 3040
3060 IF TRX THEN PRINT "TRACE : CAL POR VOLT"; CALIB#(CALX); '
3999 RETURN
4000 '
4001 'SEL POR CC
4002 '
4003 IF TRX THEN PRINT "TRACE: SEL POR CC >"
4010 IF CALX < CALMINCCX THEN CALX=CALMINCCX
4999 RETURN
5000 '
5001 ' SELECCION DE NEUTRO
5002 '
5003 IF TRX THEN PRINT "TRACE:SEL NEUTRO >"
5010 FOR CALN%=CALMINCCX TO NCONDZ
5020 IF AMPAC(CALN%) > IN THEN GOTO 5060
5030 NEXT CALN%
5040 PRINT "NO ENCONTRE CALIBRE DE NEUTRO ";STOP
5080 '
5090 IF TRX THEN PRINT "TRACE:CALN=";CALIB#(CALN%)
5999 RETURN
6000 '
6001 'DETERMINAR EL CALIBRE DE TIERRA
6002 '
6003 IF TRX THEN PRINT "TRACE:SEL COND TIERRA >"
6010 FOR IX=1 TO 15
6020 IF IPROTZ (<AMPROT(IX)) THEN GOTO 6060
6030 NEXT IX
6040 PRINT "NO ENCONTRE CALIBRE DE TIERRA ";STOP
6050 CALT=CALT(IX)
6090 IF TRX THEN PRINT "TRACE:CALT=";CALIB#(CALTX)
6999 RETURN
7000 '
7001 ' SELECCION DEL TUBO
7002 '
7003 IF TRX THEN PRINT "TRACE:SEL TUBO >"
7008 AREAACONDUCTORES=FASESX*AREA(CALX)+F(INX*AREA(CALN%)+AREA(CALTX)

```

```

7040 AREATUBOREQ=4)*AREACONDUCTORES  "FACTOR DE RELLENO DE 25%
7050 FOR TUBOX=1 TO 12
7060 IF AREATUBOREQ <AREAT(TUBOX) THEN GOTO 7100
7070 NEXT TUBOX
7090 PRINT "NO ENCONTRE TUBO "I$TPO
7100 IF TRX THEN PRINT "TRACE;TUBO=";TAM$(TUBOX)
7999 RETURN
8000 /
8001 / GENERACION DE LOS CABLES
8002 /
8003 IF TRX THEN PRINT "TRACE:GENERACION DE CABLES >"
8010 LPRINT ,USING A2$:DES$,A$:TUBO$,TAM$(TUBOX),LON
8020 LPRINT ,USING A3$:INTCAT$,FASES$,IPRODZ$,IN,IMAX,IDISEN0,KWA,KWB,KWC
8030 IF FAZ THEN LPRINT ,USING A4$:IDX,"1 TERM 1 TERM 1 ",CALIB$(CALZ),TIPO$(CALZ)
8040 IF FBZ THEN LPRINT ,USING A4$:IDX,"2 TERM 2 TERM 2 ",CALIB$(CALZ),TIPO$(CALZ)
8050 IF FCZ THEN LPRINT ,USING A4$:IDX,"3 TERM 3 TERM 3 ",CALIB$(CALZ),TIPO$(CALZ)
8060 IF FINX THEN LPRINT ,USING A4$:IDX,"N TERM N TERM N ",CALIB$(CALNZ),TIPO$(CALNZ)
8070 LPRINT ,USING A4$:IDX,"T TERM T TERM T ",CALIB$(CALTX),TIPO$(CALTX)
8080 LPRINT ,
8090 LINEAS = LINEAS + 8
8100 IF LINEAS > 56 THEN ENCX=0: LINEAS=0: PRINT #2,CHR$(12):PRINT #2: PRINT #2
8999 RETURN
19000 /
10001 / lectura de datos de conductores
10002 /
10003 READ NCONDZ
10020 A4$="### \ \ \ \ \ ### ####.### #####.## #.##### 0.#####"
10030 FOR CONDZ=1 TO NCONDZ
10045 READ CALIB$(CONDZ),TIPO$(CONDZ),AMPACZ$(CONDZ),DIAM$(CONDZ),AREA$(CONDZ),R$(CONDZ),X$(CONDZ),COSTO$(CONDZ)
10040 DIAM$(CONDZ)=DIAM$(CONDZ)*25.4
10050 AREA$(CONDZ)=AREA$(CONDZ)*25.4*25.4
10060 R$(CONDZ)=R$(CONDZ)/305
10070 X$(CONDZ)=X$(CONDZ)/305
10080 IF TRX = 0 THEN 10090
10085 LPRINT USING A4$: CONDZ, CALIB$(CONDZ), TIPO$(CONDZ), AMPACZ$(CONDZ), DIAM$(CONDZ), AREA$(CONDZ), R$(CONDZ), X$(CONDZ)
10090 NEXT CONDZ
10100 DATA 20
10110 DATA 14, thw, 15, .162, .0206, 2.5524, 0.18414, 0.0
10120 DATA 12, thw(sol), 20, .179, .0251, 2.0948, .18414, 0.0
10130 DATA 12, thw, 20, .179, .0251, 2.1325, .18414, 0.0
10140 DATA 10, thw(sol), 30, .179, .0311, 1.3163, .16236, 0.0
10150 DATA 10, thw, 30, .199, .0311, 1.344, .16236, 0.0
10160 DATA 8, thw(sol), 45, .276, .0598, .786, .0754, 0.0
10170 DATA 8, thw, 45, .276, .0598, .811, .0754, 0.0
10270 DATA 6, thw(sol), 65, .323, .323, .0819, .496, .0685, 0.0
10280 DATA 6, thw, 65, .323, .0819, .510, .0685, 0.0
10290 DATA 4, thw(sol), 85, .372, .1097, .312, .0632, 0.0
10310 DATA 4, thw, 85, .372, .1097, .321, .0632, 0.0
10315 DATA 2, thw, 115, .433, .1473, .202, .0585, 0.0
10320 DATA 1, thw, 130, .508, .2027, .160, .0570, 0.0
10330 DATA 1/0, thw, 150, .549, .2361, .129, .0540, 0.0
10340 DATA 2/0, thw, 175, .595, .2781, .102, .0533, 0.0
10350 DATA 3/0, thw, 200, .647, .3288, .0805, .0519, 0.0
10360 DATA 4/0, thw, 230, .705, .3904, .0640, .0497, 0.0
10370 DATA 250, thw, 255, .787402, .487631, .0552, .0495, 0.0

```

```

10390 DATA 300, THW, 285, .84252, .558001, .0464, .0493, 0.0
10390 DATA 350, THW, 310, .893701, .629146, .0378, .0491, 0.
10999 RETURN
11000
11001 / LECTURA DE FACTORES DE TEMP
11002 /
11010 READ NFX
11020 FOR IX=1 TO NFX
11030 READ TEMPX(IX),FT(IX)
11040 NEXT IX
11050 RETURN
11060 REM PARA COBRE
11070 DATA 6
11080 DATA 40, .89
11090 DATA 45, .82
11100 DATA 50, .75
11120 DATA 55, .67
11130 DATA 60, .59
11140 DATA 70, .35
11500 /
11501 / LEC DE FACTORES DE AGRUPAM
11502 /
11510 READ NAX
11520 FOR IX=1 TO NAX
11530 READ NUMCONDR(IX),FDRTO(IX)
11540 NEXT IX
11550 RETURN
11560 DATA 5
11570 DATA 3,1
11580 DATA 4,.8
11590 DATA 24,.7
11600 DATA 42,.6
11610 DATA 100,.5
12000
12001 / LECT DE DATOS DE TUBOS
12002 /
12003 A3E="## \ \ ###.### ###.### ###.###"
12010 READ NTX
12015 PRINT NTX
12020 FOR IX=1 TO NTX
12030 READ TAMB(IX), DIAMT(IX),AREAT(IX),COSTT(IX)
12040 DIAMT(IX)=DIAMT(IX)*25.4
12050 AREAT(IX)=AREAT(IX)*25.4*25.4
12060 IF TRX=0 THEN 12080
12070 LPRINT USING A3E; IX,TAMB(IX),DIAMT(IX),AREAT(IX),COSTT(IX)
12080 NEXT IX
12100 DATA 13
12110 DATA 1/2, .622, .3, 0.0
12120 DATA 3/4, .824, .53, 0.0
12130 DATA 1, 1.049, .86, 0.0
12140 DATA "1 1/4", 1.360, 1.5, 0.0
12150 DATA "1 1/2", 1.610, 2.04, 0.0
12160 DATA 2, 2.067, 3.36, 0.0
12170 DATA "2 1/2", 2.469, 4.79, 0.0
12180 DATA 3, 3.048, 7.38, 0.0

```

```

12190 DATA "3 1/2", 3.548, 9.90, 0.0
12200 DATA 4, 4.026, 12.72, 0.0
12210 DATA "4 1/2", 4.506, 15.94, 0.0
12220 DATA 5, 5.047, 20.00, 0.0
12230 DATA 6, 6.065, 28.69, 0.0
29900 DEF FNCAIDA(R,X,IA,FP)=IA*FNZ(R,X,FP)
29950 DEF FNZ(R,X,FP)=R*FP+50*(1-FP)*X
29970 DEF FNR2(R1,T1,T2)=R1*(234.5+T2)/(234.5+T1)
29980 RETURN
30300
30301 SUB QUE CALCULA LA AMFACIDAD
30302
30303 FNAMP(INOMX,TEMPX,NCONDX)
30310 FTEMP=11
30320 FAGR = 11
30330 FOR IX=1 TO NFX
30340 IF TEMPX>TEMPX(IX) THEN FTEMP=FT(IX)
30350 NEXT IX
30360 FOR IX=1 TO NAX
30370 IF NCTX > NUNCONDX(IX) THEN FAGR=FDRTO(IX)
30380 NEXT IX
30390 AMP=INOMX*FTEMP*FAGR
30400 RETURN
30500
30501 LECTURA DE TABLA 206.58 (INCOMPLETA)
30502
30503 IF TRX THEN PRINT "TRACE:LEE 206.58"
30504 NINTX=8
30505 IPROTX(1) = 15
30506 IPROTX(2) = 20
30507 IPROTX(3) = 30
30508 IPROTX(4) = 40
30509 IPROTX(5) = 50
30510 IPROTX(6)=70
30511 IPROTX(7) = 100
30512 IPROTX(8)=200
30515 FOR IX=1 TO 15
30520 READ AMPROT(IX),CALTX(IX)
30530 IF TRX THEN PRINT AMPROT(IX),CALIB(CALTX(IX))
30540 NEXT IX
30550 DATA 15, 2, 20, 2
30560 DATA 30, 4, 40, 4
30570 DATA 60, 4, 100, 7
30580 DATA 200, 9, 400, 11
30590 DATA 400, 12, 800, 14
30600 DATA 1000,15, 1200, 16
30610 DATA 1600, 17, 2000, 18
30620 DATA 2500, 20
30630 INTCAT="A18"
30999 RETURN
31000 DATA 2
31010 DATA 10,"INT.PAL","TRNSF1",50.0,1.,8.1111,55,120,120,"UNO",3,1,0
31020 DATA 20,"DENEMR","TRNSF1",37.5,0.0,8.1111,21,98,98,"DOS",3,1,0
32767 END

```

1  
1

## **C.3 Circuitos Derivados**



**PROGRAMA:  
CIRCUITOS DERIVADOS**

**EXPLICACION Y PREPARACION DE DATOS.**

El Programa de Circuitos Derivados calcula la caída de Voltaje del alimentador al tablero y a las cargas monofásicas distribuidas a lo largo del circuito derivado.

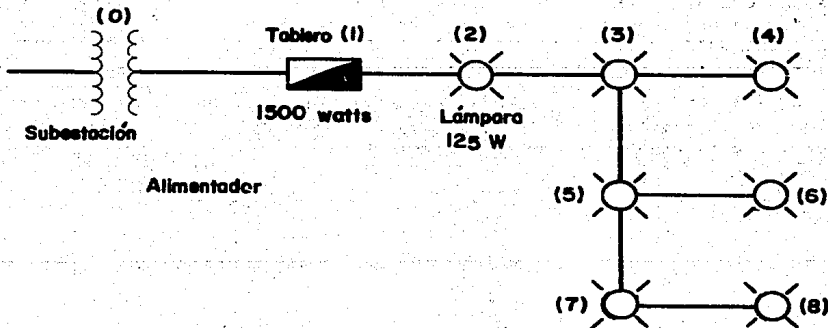
Los datos deben prepararse indicando para cada carga de cada circuito:

- Nodo Inicial.
- Nodo Final.
- Calibre del Circuito.
- Longitud.
- Carga en el nodo final.

Debe tomarse en cuenta que el nodo Cero corresponde a la subestación.

Ejemplo:

En el siguiente circuito derivado; se considera que las lámparas son de 125 watts, la preparación de los datos para el programa es:



**CIRCUITO DERIVADO (Ejemplo)**

Nodo Inicial	Nodo Final	(AWG-MCM) Calibre	(m) Longitud	(W) Carga
0	1	1/0	20	15,000
1	2	12	10	125
2	3	12	5	125
3	4	12	6	125
4	5	12	6	125
5	6	12	6	125
6	7	12	6	125
7	8	12	6	125

El Programa, resuelve el sistema de ecuaciones nodales dado por:

$$[ y ] [ i ] = [ e ]$$

Para todos los voltajes nodales ( $e_i$ ), donde las cargas han sido reemplazadas por impedancias equivalentes.

La matriz se construye de acuerdo al método ybus (Stagg Elabiad, Computer Methods in Power System Analysis).

El programa resuelve un conjunto de ecuaciones simultáneas por el método de gauss-jordan, éstas ecuaciones, representan al circuito derivado. La solución de las ecuaciones de nodos, se realiza a través de la formación de la matriz ybus antes mencionada, la cual es invertida. El método de inversión de la matriz, es adaptado de McCormick.

Los voltajes Nodales, se calculan con  $[ y ] [ i ]$ , donde  $i$  es calculada como  $v_y$ , donde la admitancia ( $y$ ), es la del elemento que conecta a la fuente de corriente (voltaje por impedancia interna).

PROGRAMA:  
CIRCUITOS DERIVADOS.

DATOS DE ENTRADA.

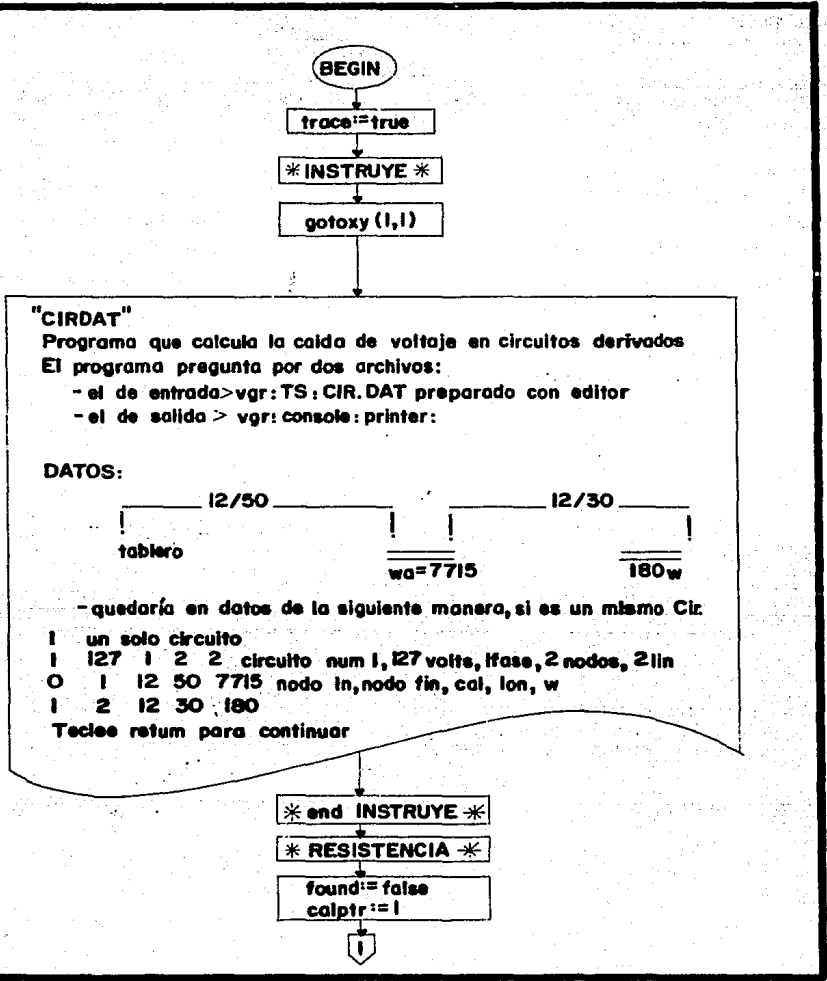
Los datos de entrada para el programa de Circuitos Derivados, (Caída de Tensión) son los siguientes:

- 1.- Nodo Inicial.
- 2.- nodo Final.
- 3.- Longitud (m).
- 4.- Calibre del Conductor (AWG-MCM).
- 5.- Carga en el Nodo Final (Watts).

RESULTADOS.

Para cada tramo, los resultados son los siguientes:

- 1.- Número de Nodo.
- 2.- Voltaje en dicho Nodo.
- 3.- Caída de Voltaje (Volts).



**"CIRDAT"**

Programa que calcula la caída de voltaje en circuitos derivados

El programa pregunta por dos archivos:

- el de entrada >vgr: TS: CIR.DAT preparado con editor
- el de salida > vgr: console: printer:

**DATOS:**

	12/50		12/30	
tablero		wa=7715		180w

- quedaría en datos de la siguiente manera, si es un mismo Cir:

1 un solo circuito

I 127 1 2 2 circuito num 1, 127 volts, 1fase, 2 nodos, 2 lin

O 1 12 50 7715 nodo ln, nodo fin, cal, lon, w

I 2 12 30 180

Teclee return para continuar

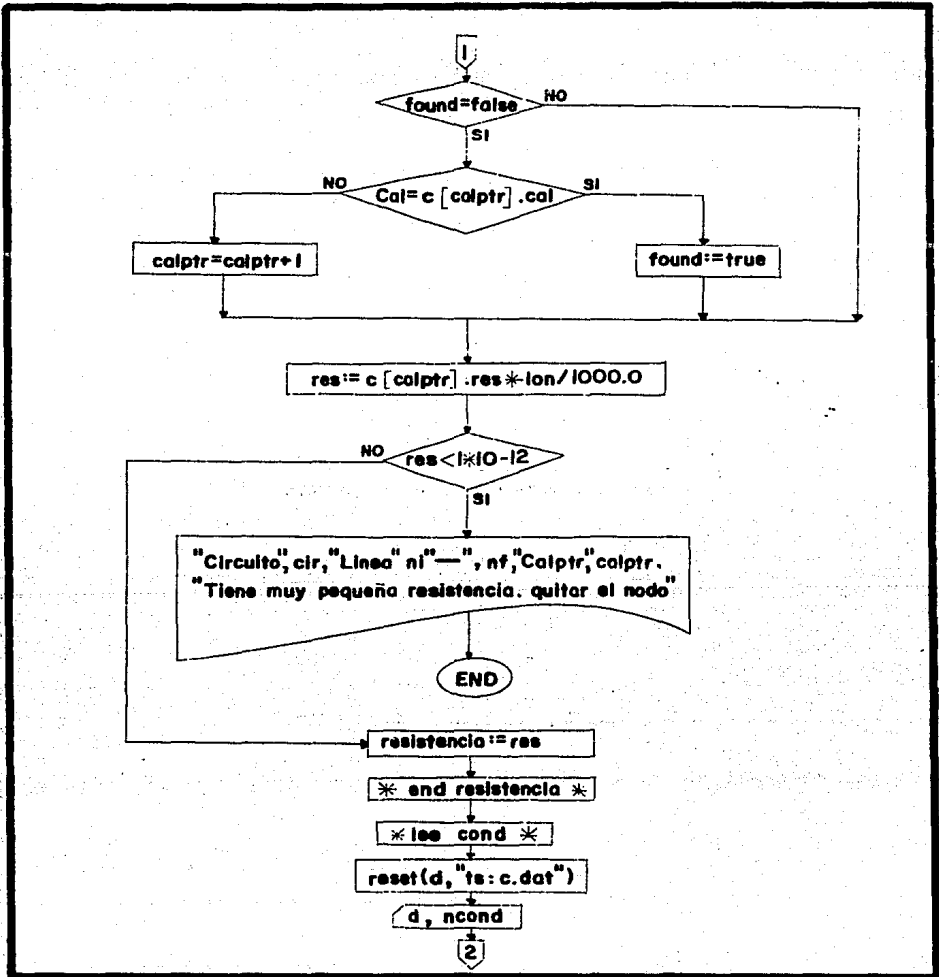
\* end INSTRUYE \*

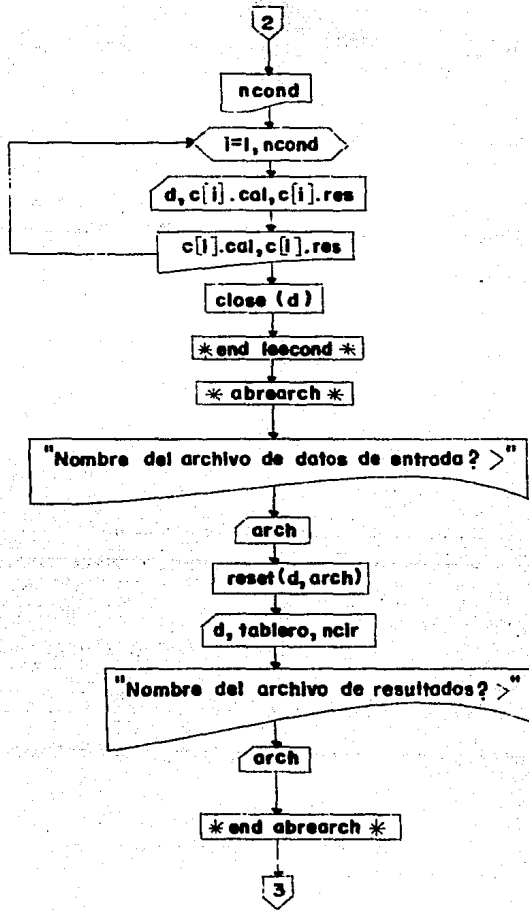
\* RESISTENCIA \*

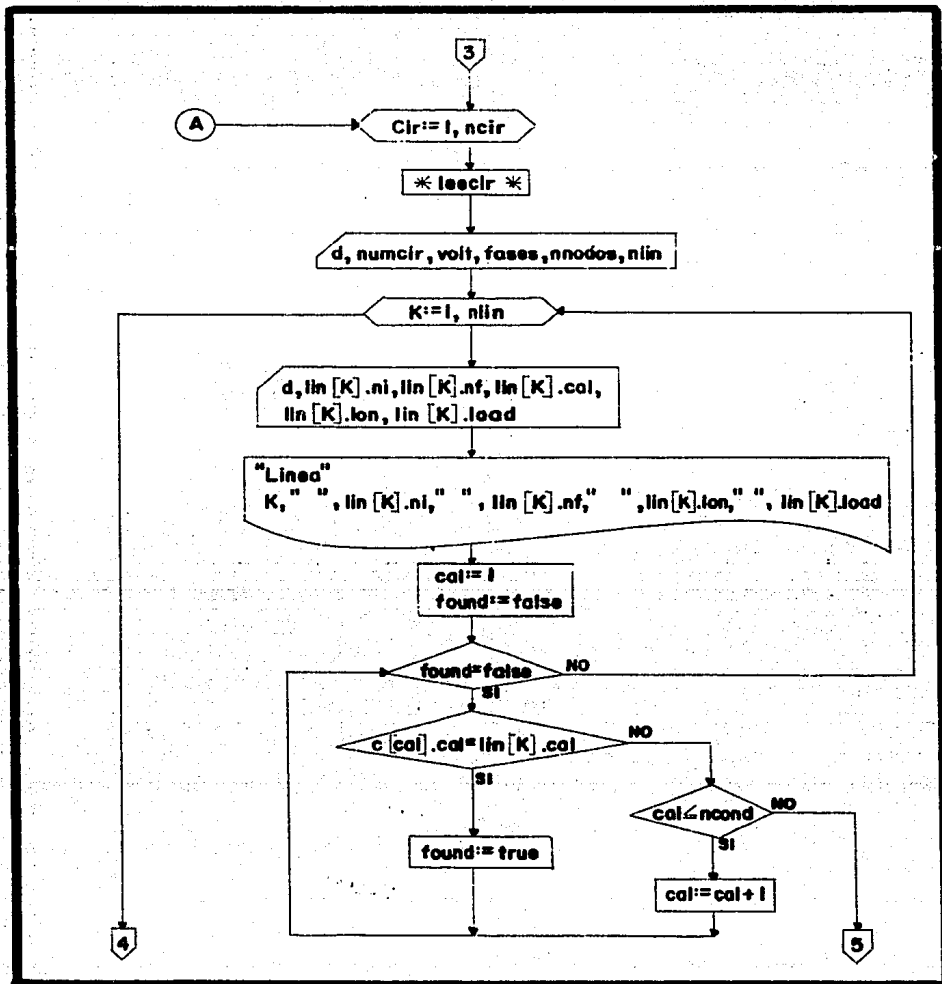
found:= false

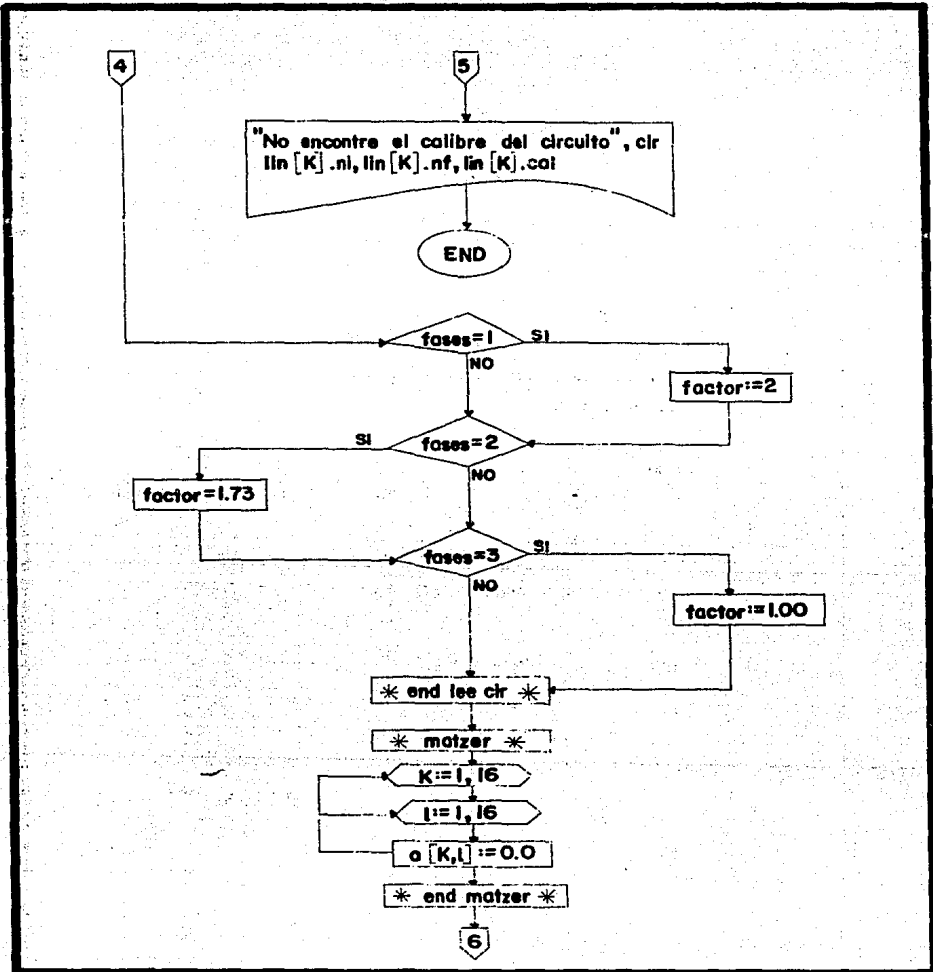
calptr:=1



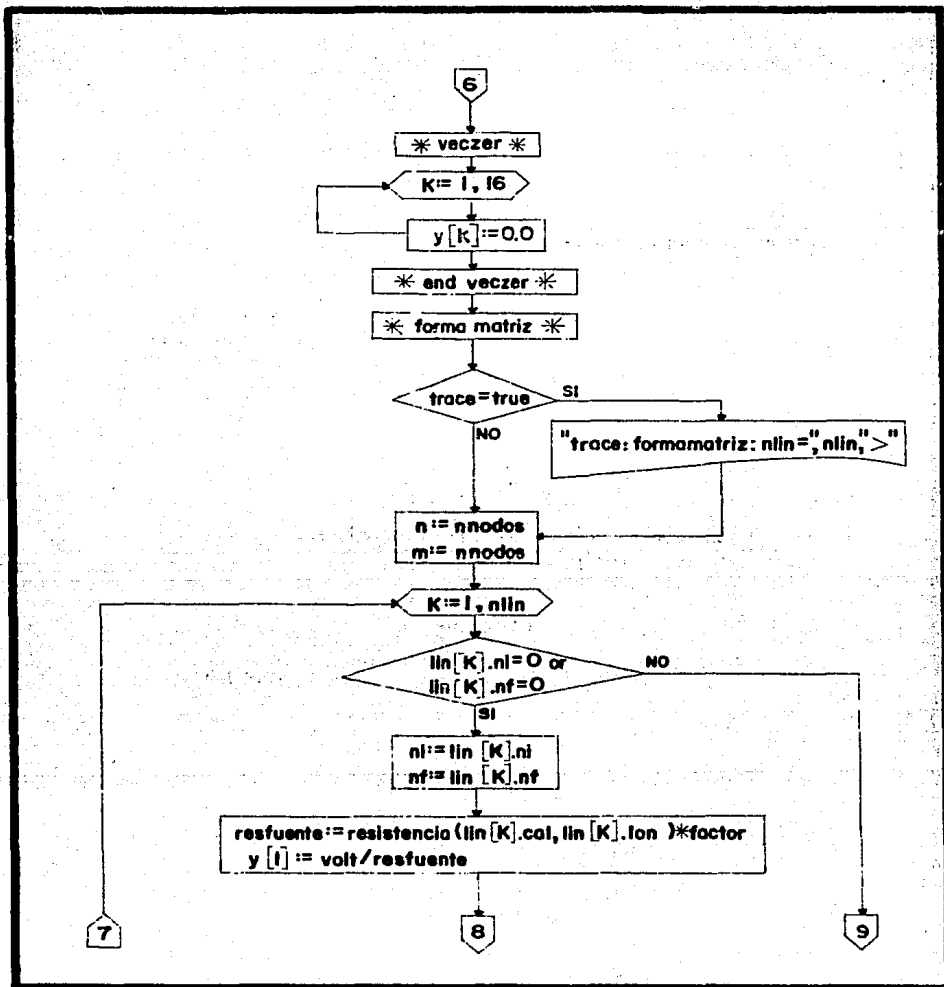


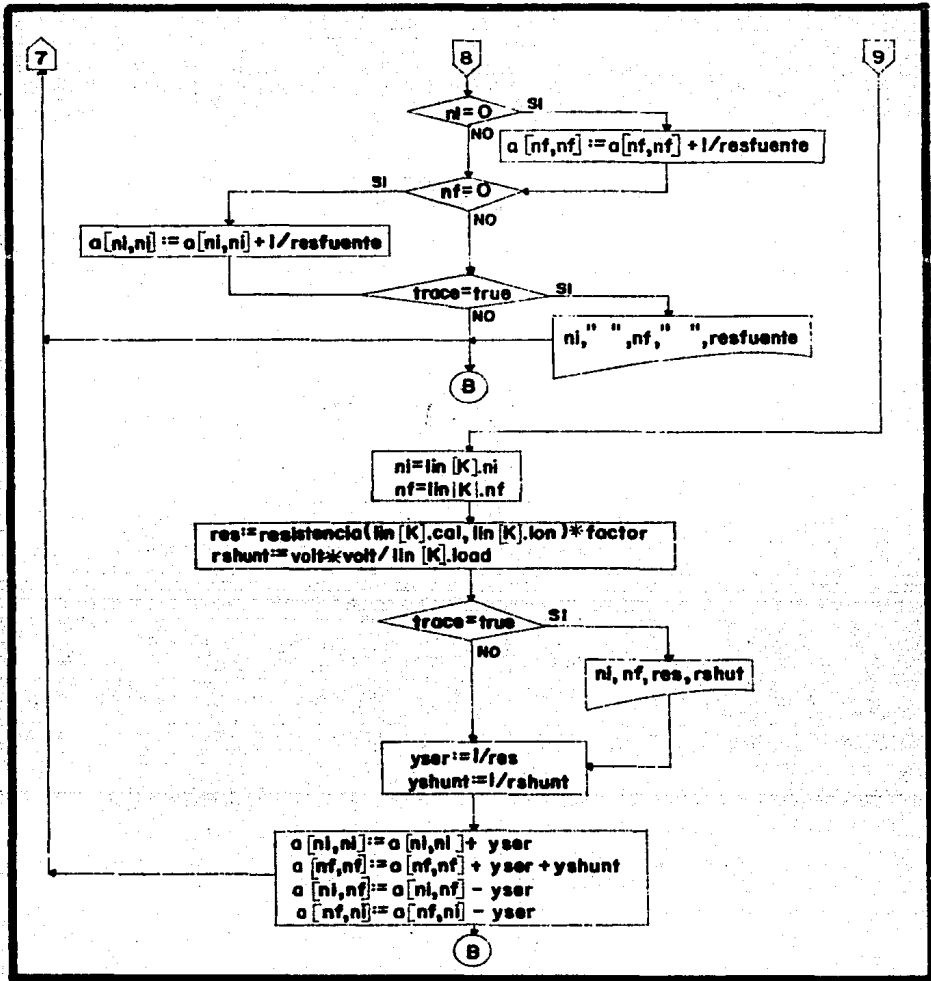


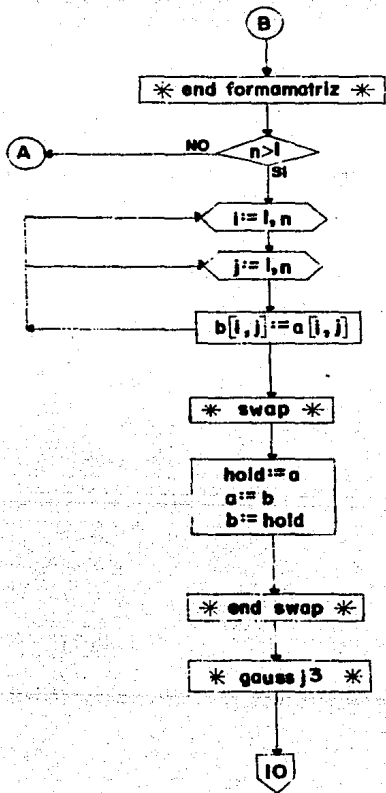


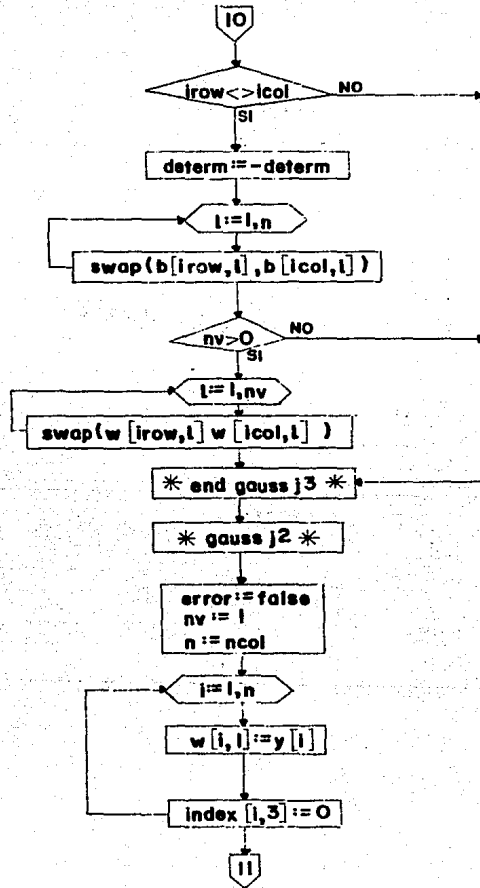


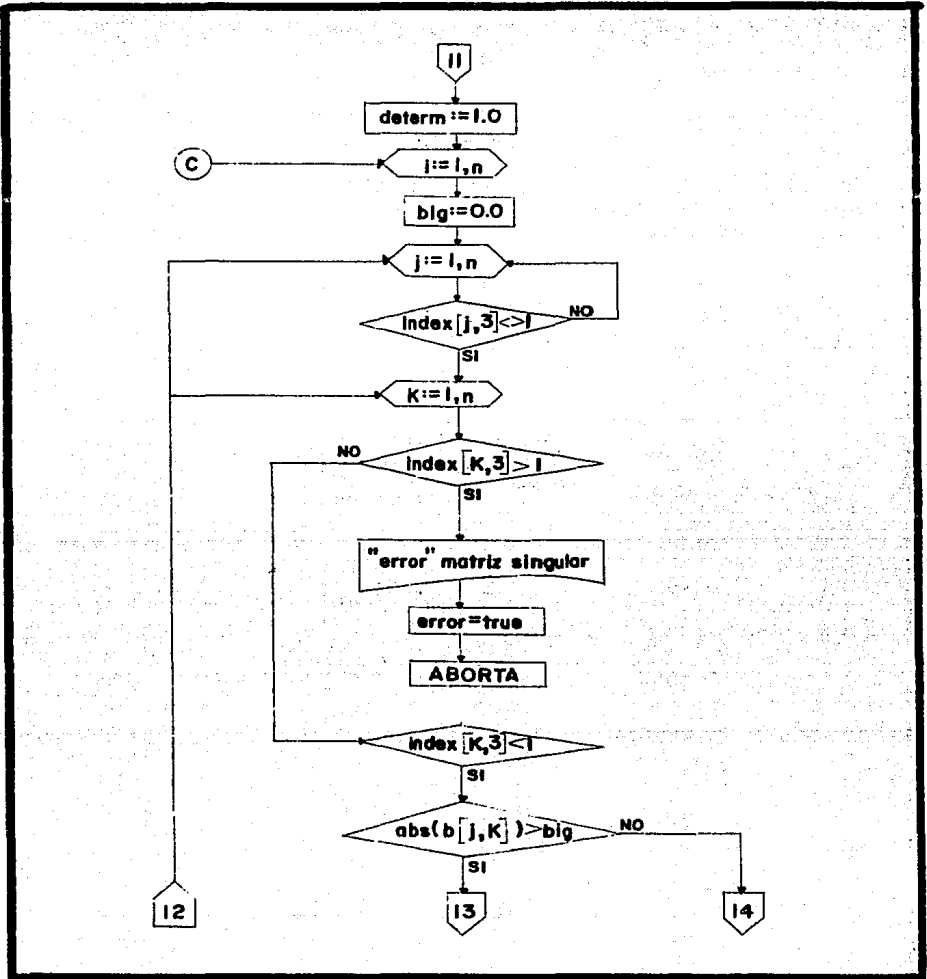


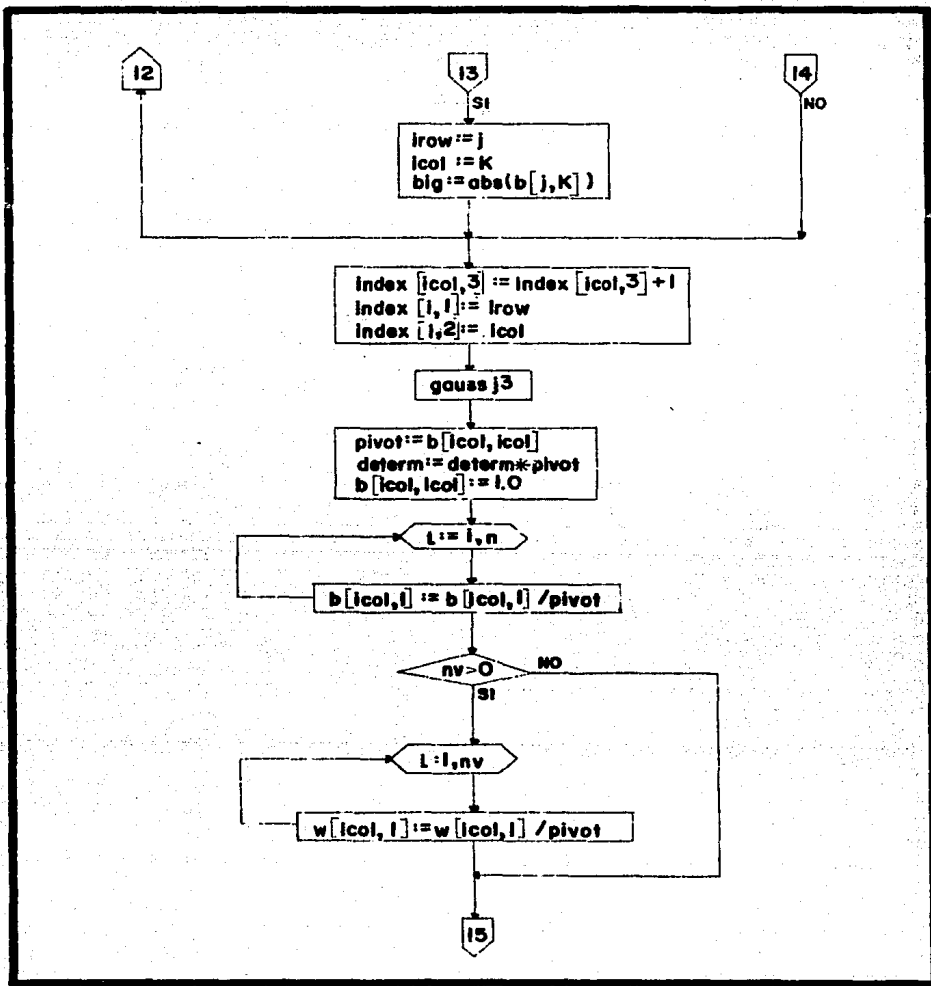


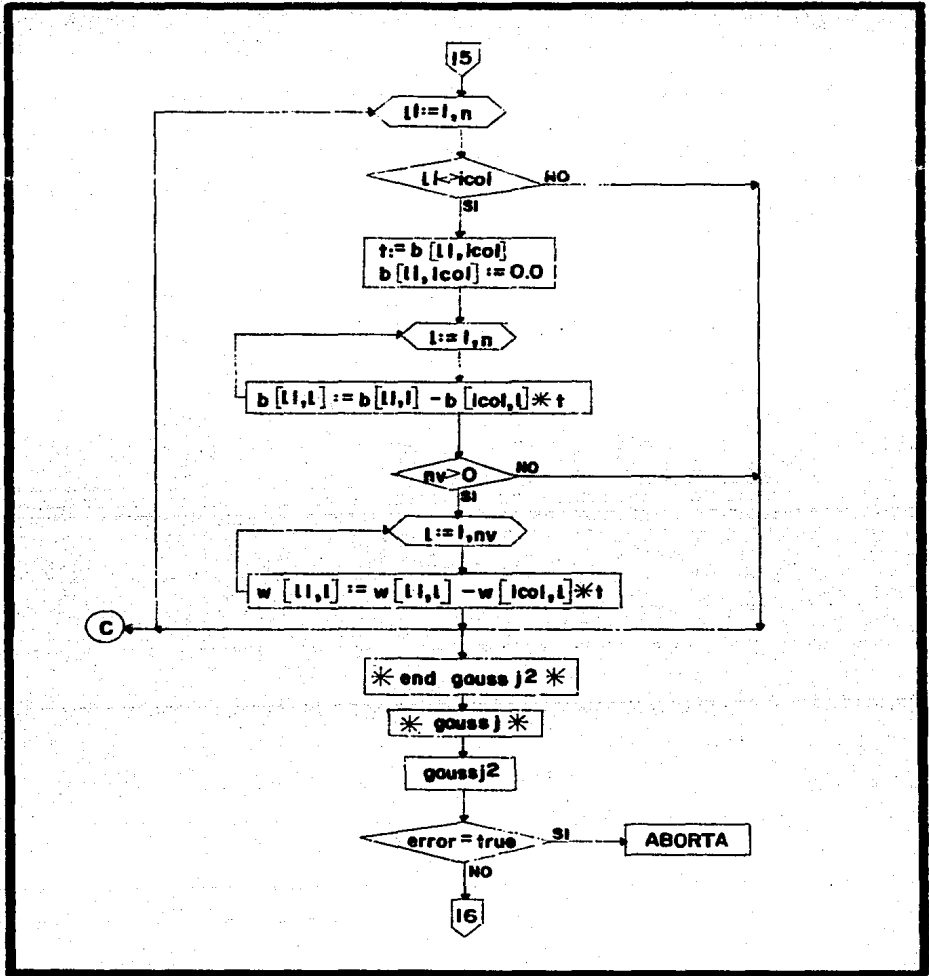


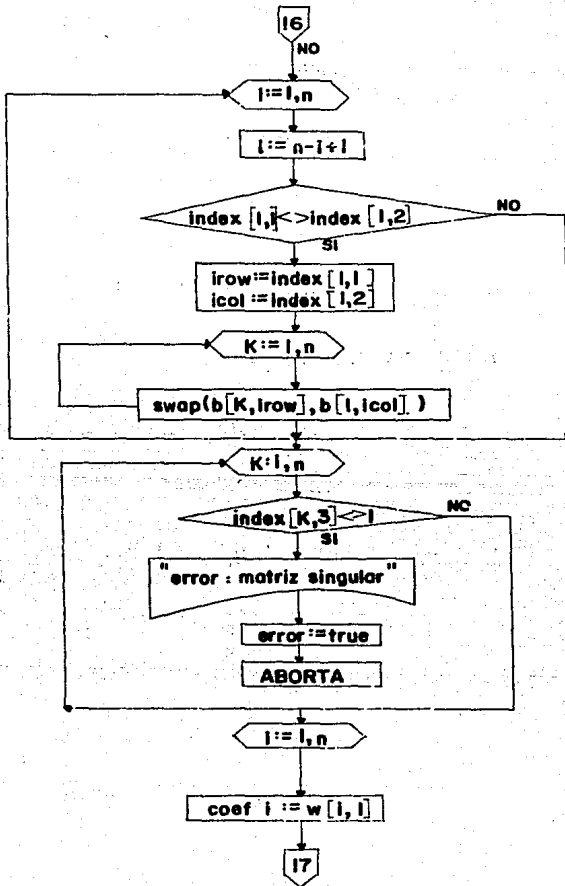




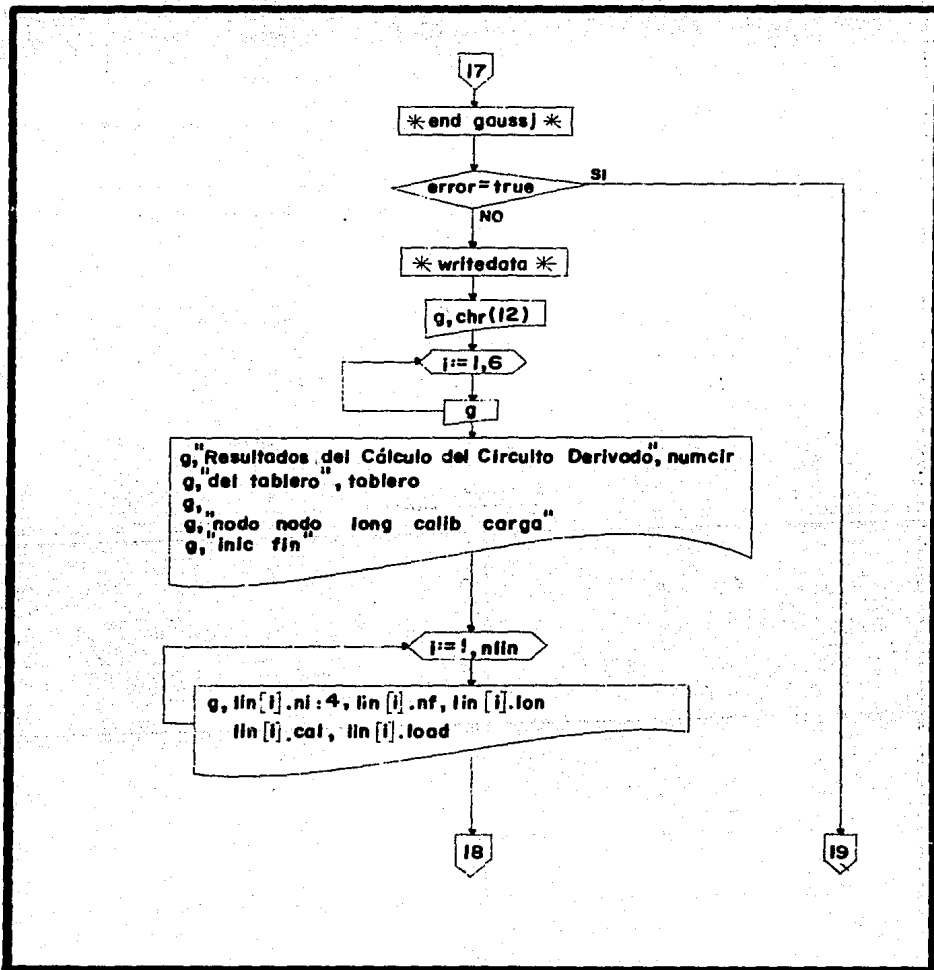


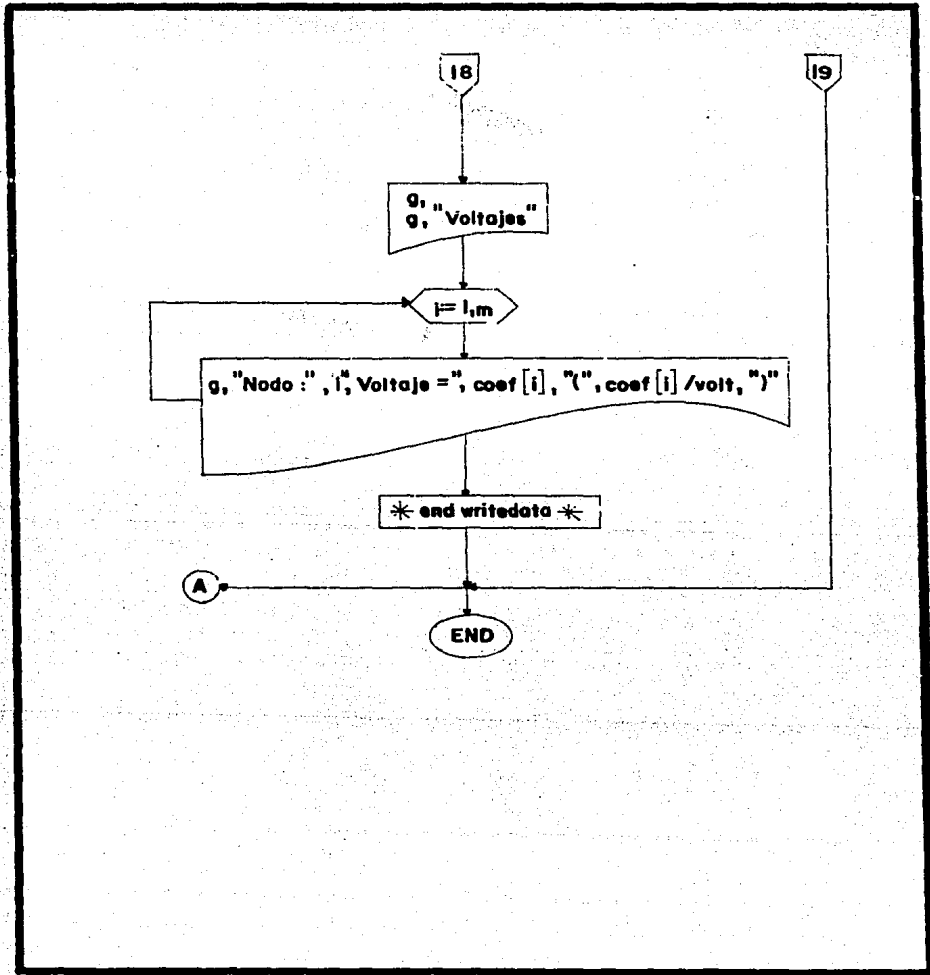












```

(**g**) (* permite go to al compilar *)
program cirder;
(*
programa en pascal para resolver un conjunto de ecuaciones
simultaneas (por el metodo de gauss jordan)
que representan a un circuito derivado.
resuelto por ecuaciones de nodos, a traves de la formacion
de una matriz ybus, la cual es invertida.
[y] i= voltajes nodales;
i es calculada como vy; y es la del elemento que conecta
a la fuente de corriente ( el voltaje por la impedancia
interna )
*)
=)
const
vered = '02/06';
maxr = 16;
maxc = 16;
tol = 0.000000000001;

type
conductor = record
  cal : integer;
  res: real;
end;
ary =array[1..maxr] of real;
arys=array[1..maxc] of real;
ary2s=array[1..maxr,1..maxc] of real;
linea = record
  ni : integer;
  nf : integer;
  cal : integer;
  lon : real;
  load : real;
end;

var
tablero : char;
numcir, (*numero de circuitos*)
fases : integer;
factor : real; (*factor de multiplicacion que considera el retorno de corrie*)
ncir : integer;
ni,
nf,
cir : integer;
arch : string;
y : array;
coef : array;
a,b : array2s;
n,m,i,j : integer;
error : boolean;
trace : boolean;

```

```

c : array [1..20] of conductor;
d,g : text;
ncond : integer;

lin : array [1..20] of linea;
volt, (*volts del circuito*)
nnodos,(*nodos de carga del circuito*)

nlin(*numero de lineas del circuito*)
: integer;

```

```

function resistencia(cal :integer; lon : real): real;
var
res : real;
found : boolean;
calptr : integer;
begin

```

```

    (* loc la res del conductor *)
    found := false; calptr :=1;
    while not found do begin
        if cal = c[calptr].cal then found :=true
            else calptr := calptr +1;
        end; (*while*)
    res := c[calptr].res* lon/1000.0;
    if res < tol then
        begin
            write('circuito ',cir,' linea ',ni,'- ',nf,' calptr ',calptr);
            write('tiene muy pequena resistencia. quitar el nodo ');
            exit(program);
        end;(* if *)
        resistencia :=res;
    end; (*resistencia*)

```

```

procedure leecond;

```

```

begin
reset(d,'tssc.dat');
readln(d,ncond);writeln(ncond);
for i:=1 to ncond do begin
    readln(d,c[i].cal,c[i].res);
    writeln(c[i].cal, c[i].res);
end;
close(d);
end;(*leecond*)

```

```

procedure instruye;
begin
  gotoxy(1,1);
  writeln('CIRDAT ',vered);
  writeln('Programa que calcula la caida de voltaje en circuitos derivados');
  writeln('El programa pregunta por dos archivos ');
  writeln(' el de entrada > vgr: TS:CIR.DAT preparado con editor ');
  writeln(' el de salida > vgr: console: printer');
  writeln;
  writeln('DATOS:');
  writeln('-----12/50-----12/30-----');
  writeln('          |          | |          |');
  writeln('          tablero          wa=7715          180w ');
  writeln('-----');
  writeln('quedaria en datos de la siguiente manera, si es un mismo cir');
  writeln('1 un solo circuito ');
  writeln('1 127 1 2 2 circuito num 1, 127 volts, 1 fase, 2 nodos, 2 lin');
  writeln('0 1 12 50 7715 nodo in, nodo fin, cal, lon, w ');
  writeln('1 2 12 30 180');
  write('TEclee return para continuar ');
  readln;
end; (*instruye*)

```

```

procedure abrearch;
begin
  write(' nombre del arch de datos de entrada ? >');
  readln(arch);
  reset(d,arch);
  readln(d,tablero,ncir);
  write('nombre del archivo de resultados ? >');
  readln(arch);
  rewrite(g,arch);
end; (*abrearch*)

```

```

procedure veczer( var y : arys );
var k : integer;
begin
  for k := 1 to maxc do y[k] :=0.0
end; (*veczer*)

```

```

procedure matzer( var a:ary2s);
var
  k,
  l :integer;
begin
  for k :=1 to maxr do
  for l :=1 to maxc do
  a[k,l] :=0.0
end; (* matzer*)

```

```

procedure leerir;
var
  k,
  cal:integer;
  found : boolean;
begin
  readln(d,numcir,volt,fases,nnodos,nlin);
  for k:=1 to nlin do begin
    readln(d,lin[k].ni,lin[k].nf,lin[k].cal,lin[k].lon,lin[k].load);
    writeln('linea ');
    writeln(k,' ',lin[k].ni,' ',lin[k].nf,' ',lin[k].lon,' ',lin[k].cal);
    cal :=1;
    found :=false;
    while not found do begin
      if c[cal].cal = lin[k].cal then found :=true
      else if cal <= ncond then cal := cal + 1
      else begin
        writeln('no encontro el calibre del circuito',cir);
        writeln(lin[k].ni,lin[k].nf,lin[k].cal);
        exit(program);
      end;
    end;
  end; (*while*)
end; (*for*)
if fases = 1 then factor:= 2;
if fases = 2 then factor:= 1.73;
if fases = 3 then factor:= 1.00;
end; (*leerir *)

```

```

procedure formamatriz(var a:array2s;
  var y : array;
  var n,m:integer);
var
  resfuente,
  res,
  rshunt,
  yser,
  yshunt :real;
  k: integer;

```

```
begin
if trace then writeln('trace:formamatriz : nlin=',nlin,' >');
n :=nnodos;
m :=nnodos;
for k := 1 to nlin do
if (lin[k].ni = 0) or (lin[k].nf = 0) then
begin (* impedancia interna de la fuente *)
ni:=lin[k].ni;
nf:=lin[k].nf;
resfuente :=resistencia(lin[k].cal,lin[k].lon)*factor;
y[i]:=volt/resfuente;
if ni =0 then a[nf,nf] := a[nf,nf] + 1/resfuente;
if nf =0 then a[ni,ni] := a[ni,ni] + 1/resfuente;
if trace then writeln(ni,' ',nf,' ',resfuente);

end (*la parte del if *)
else (* es un elemento de ybus esta linea *)
begin
ni := lin[k].ni;
nf := lin[k].nf;
res := resistencia(lin[k].cal,lin[k].lon)*factor;
rshunt := volt*volt/lin[k].load;
if trace then writeln(ni,' ',nf,' ',res,' ',rshunt);
yser :=1/res;
yshunt := 1/rshunt;
a[ni,ni] := a[ni,ni]+ yser;
a[nf,nf] := a[nf,nf]+ yser+ yshunt;
a[ni,nf] := a[ni,nf] - yser;
a[nf,ni] := a[nf,ni] - yser;
end; (*if*)
end;(*formamatriz*)

procedure writedata;
(*
imprime las respuestas
*)
var i : integer;
begin
writeln(g,chr(12));for i:=1 to 6 do writeln(g);
write(g,'Resultados del calculo del circuito derivado ',numcir);
writeln(g,' del tablero ',tablero);
writeln(g);
writeln(g,'nodo nodo long calib carga');
writeln(g,'inic fin');

for i :=1 to nlin do begin
write(g,lin[i].ni:4,' ',lin[i].nf:4,' ',lin[i].lon:5:2,' ');
writeln(g,lin[i].cal:5,' ',lin[i].load:6:1);
end;
writeln(g);
writeln(g,' Voltajes ');
for i :=1 to m do
writeln(g,'Nodo ',i,' Voltaje =',coef[i]:9:5,' (',coef[i]/volt:5:3,')');
end; (* writedata*)
```

```

procedure gausj( var b: ary2s;
                y      :arys;
                var coef:arys;
                ncol   :integer;
                var error :boolean);
(*
Metodo de inversion de matrices y su solucion;
adaptado de McCormick
B(n,n) matriz de coeficientes, sera la inversa
y(n) vector constante original;
W(n,m) vector(es) contantes que seran vectores solucion
determ es el determinante
error =1 si es singular
index(n,3)
nv es el numero de vectores constantes
*)

label 99;
var
    ws:      Array[1..maxc,1..maxc] of real;
    index:   array[1..maxc,1..3] of integer;
    i,j,k,l,
    nv,irow,icol,n,li      : integer;
    determ,pivot,hold,sum,t,ab,big:real;

procedure swap(var a,b : real);
var
    hold : real;
begin(*swap*)
    hold :=a;
    a := b;
    b:= hold
end; (*swap*)

procedure gausj2;
label 98;
var
    i,j,k,l,li:integer;
procedure gausj3;
var
    l :integer;

begin (*procedure gausj3 *)
(*
intercambio de renglones para pivotar la diagonal
*)
if irow <> icol then begin
    determ := -determ;
    for l :=1 to n do swap(b[irow,l],b[icol,l]);
    if nv > 0 then for l :=1 to nv do swap(w[irow,l],w[icol,l]);
end; (*if irow <> icol *)
end; (*gausj3*)

begin (* procedure gausj2 *)
(* arranque real del gausj *)

```



```

error := false;
nv :=1; (* vector constante sencillo *)
n := ncol;
for i:= 1 to n do begin
  w[i,1] := y[i] (* copia el vector constante *);
  index[i,3] := 0
end;
determ :=1.0;
for i :=1 to n do begin (*busqueda del elemento mas grande *)
  big:=0.0;
  for j :=1 to n do begin
    if index[j,3] <> 1 then begin
      for k :=1 to n do begin
        if index[k,3] > 1 then begin
          writeln('error: matriz singular ');
          error := true;
          goto 98 (*aborta*)
        end;
        if index[k,3] < 1 then if abs(b[j,k]) > big then begin
          irow := j;
          icol := k;
          big := abs(b[j,k])
        end;
      end; (* for de k *)
    end; (* for de j *)
  end;
  index[icol,3] :=index[icol,3]+1;
  index[i,1] :=irow;
  index[i,2] := icol;
  gausj3; (* mayor subdivision de gaussj *)
  (*
  dividir el renglon pivote, por la columna pivote
  *)
  pivot :=b[icol,icol];
  determ :=determ * pivot;
  b[icol,icol] :=1.0;

  for l :=1 to n do b[icol,l] := b[icol,l]/pivot;
  if nv > 0 then for l :=1 to nv do w[icol,l] :=w[icol,l]/pivot;
  (*
  reduccion de los renglones no pivotales.
  *)
  for ll :=1 to n do begin
    if ll <> icol then begin
      t :=b[ll,icol];
      b[ll,icol] :=0.0;
      for l :=1 to n do b[ll,l] := b[ll,l]-b[icol,l]*t;
      if nv > 0 then for l := 1 to nv do w[ll,l]:=w[ll,l]-w[icol,l]*t;
    end; (*if ll <> icol*)
  end;
  end; (* for i *)
  98;
end; (*gausj2*)

```

```

begin (* gaus Jordan proc *)
gausj2 (*primera mitad de gaus *);
if error then goto 99;
(* intercambio de columnas *)
for i:=1 to n do begin
  l :=n-i+1;
  if index[l,1]<>index[l,2] then begin
    irow :=index[l,1];
    icol :=index[l,2];
    for k :=1 to n do swap(b[k,irow],b[k,icol]);
    end; (*if index*)
  end;(*for i*)
for k := 1 to n do
  if index[k,3] <>1 then begin
    writeln('error: matriz singular');
    error := true;
    goto 99; (*abort*)
  end;
for i:= 1 to n do coef[i]:=w[i,1];
99 : end; (*procedure gausj *)

begin (*main program*)
  trace := true;
  instruye;
  leecond;
  abrearch;
for cir := 1 to ncir do begin
  leecir;
  matzer(a);
  veczer(y);
  formamatriz(a,y,n,m);
  if n>1 then begin
    for i:=1 to n do
      for j:=1 to n do
        b[i,j]:=a[i,j]; (*poniendo el arreglo de trabajo *)
      gausj(b,y,coef,n,error);
      if not error then writedata;
    end;
  end; (*for*)
end.

```

## **C.4 Flujos**

PROGRAMA:  
FLUJOS

INTRODUCCION.

El programa de flujo ha sido elaborado en lenguaje BASIC y se ha corrido en una computadora personal APPLE IIe. El equipo de trabajo consiste en teclado, cerebro, monitor, dos drives e impresora.

Con este equipo que tiene un costo aproximado de Dlls. 2,700.00, se tiene la oportunidad de tener al alcance de la mano toda la información necesaria para elaborar un análisis completo de flujos de energía en sistemas de potencia.

PREPARACION DE DATOS.

Para ilustrar el programa, imaginemos el sistema hipotético de la Fig. 1, formada por siete buses y diez líneas de transmisión, el primer grupo de datos a leer es el que describe el ordenamiento y las conexiones entre los nodos, así pues, se debe proceder como sigue:

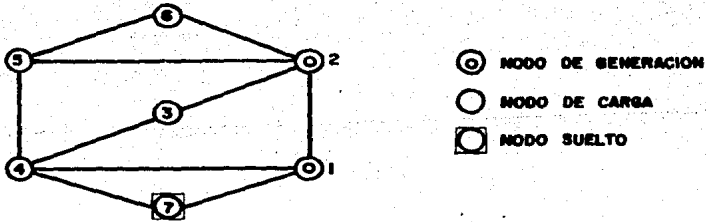


FIGURA 1

En el diagrama de conexión del sistema los nodos deben enumerarse en forma progresiva de uno en uno y a partir del número uno, hasta el N2 donde N2 identifica el número total de nodos del sistema. La numeración puede ser arbitraria, pero existe la condición de que el nodo suelto será el último nodo, es decir, tendrá el número N2. Por lo que, los datos deben ordenarse así:

- 1.- Se indica el número de nodo (N1)
- 2.- Se indica el número de nodos que tiene conectados N1, es decir, L(N1), seguido de los números de los nodos conectados a dicho nodo N1, o sea, N(N1, I), en donde I varía desde 1 hasta L(N1).
- 3.- Al final de cada grupo de datos de un nodo se asigna un valor a una variable llamada I1, que debe ser distinto de 0, en caso de que se hayan terminado de leer los datos del último nodo.

Por ejemplo, tomando en cuenta la figura 1

N1	L(N1)	N(N1, 1)	N(N1, 2)	N(N1, 3)	N(N1, 4)	I1
1	3	2	4	7		0
2	4	1	3	5	6	0
3	2	2	4			0
4	4	1	3	5	7	0
5	3	2	4	6		0
6	2	2	5			0
7	2	1	4			1

- 4.- Se ordenan los siguientes datos: el número de nodos (N2), el número de nodos menos uno (N3) y el valor especificado para la tolerancia (T0).

Siguiendo con el ejemplo:

N2	N3	T0
7	6	(cierta tolerancia)

- 5.- Se introducen los datos de las impedancias en serie (R y X) y susceptancias a tierra ( $Y_C/2=C$ ) de las líneas en por unidad, comenzando por las líneas conectadas entre el nodo 1 y los nodos unidos a él, siempre en orden progresivo.

Continuando el ejemplo:

R(I,J)	X(I,J)	YC(I,J)/2
R(4,5)	X(4,5)	YC(4,5)/2
R(4,7)	X(4,7)	YC(4,7)/2

(Se supone que los datos de las líneas 1-4 y 3-4 han sido especificados antes y por lo tanto no es necesario redefinirlos).

6.- Para cada nodo, desde el nodo 1 hasta el N2, se ordenan los siguientes datos: magnitud de voltaje en el nodo I, V(I); argumento del voltaje, A(I); potencia real generada, R(I); potencia real consumida H(I); potencia reactiva consumida, S(I); y finalmente un número T(I) que identifique al tipo de nodo I, que dependiendo si es de carga, de generación o suelto, se le asignará el número 1, 2 ó 3 respectivamente.

Del ejemplo de la figura 1:

V(1)	A(I)	k(I)	R(I)	H(I)	S(I)	T(I)
V(4)	A(4)	K(4)	R(4)	H(4)	S(4)	1

(Los voltajes y potencias se dan en por unidad y los ángulos en radianes).

#### DEFINICION DE CONSTANTES Y VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL PROGRAMA.

##### IDENTIFICACION

##### SIGNIFICADO

N1	Variable que identifica el número que tiene asignado cada nodo.
N2	Número de nodos en el sistema.
N3	Número de nodos menos uno (N2-1).
L(N1)	Número de nodos conectados con el N1.
N(N1,I)	Número del nodo asociado con N1 (I varía desde uno hasta L(N1) ).
N4	N(I,J)
I1	Cuando I1 ≠ 0 se termina la lectura de los datos de conexión de los nodos.
T0	Valor asignado a la tolerancia.
G(I,J)	Resistencia (dato) o conductancia (calculada).
B(I,J)	Reactancia inductiva (dato) o susceptancia inductiva (calculada).

C(I,J)	Admitancia transversal conectada a tierra' (dato).
IO	Contador de iteraciones.
V(I)	Módulo del voltaje en el nodo I.
A(I)	Argumento del voltaje en el nodo I.
K(I)	Potencia real generada en el nodo I.
H(I)	Potencia real consumida en el nodo I.
R(I)	Potencia reactiva generada en el nodo I.
S(I)	Potencia reactiva consumida en el nodo I.
E(I)	Parte real del voltaje V(I).
F(I)	Parte imaginaria del voltaje V(I).
T(I)	Tipo del nodo I (carga, generación o suelto).
P(I)	Potencia real calculada en el nodo I.
Q(I)	Potencia reactiva calculada en el nodo I.

IDENTIFICACION

SIGNIFICADO

Q <sup>2</sup>	Potencia reactiva calculada en el nodo de generación I al que se le resta la potencia Q(I) calculada posteriormente para comparación contra la tolerancia.
U(I)	Diferencias de potencias reales (programadas menos calculadas).
O(I)	Diferencias de potencias reactivas (programadas menos calculadas).
NB	(2xN3)+1
NS	(2xN3)
W,X,Y,Z	Variables auxiliares utilizadas en el cálculo de los elementos de la matriz jacobiana.
M(I,J)	Elemento de la matriz M (matriz jacobiana' o triangularizada).
D(I)	Elemento I de la columna de incrementos de ángulo o magnitud del voltaje.

PROGRAMA:  
FLUJOS

EXPLICACION.

El programa se divide en dos y se encadenan a través de un archivo llamado NEWTON. El nombre de los programas es FLOW1 y FLOW2 respectivamente. Con FLOW1 se obtienen los valores para los voltajes en todos los nodos y se calculan las potencias reactivas en los nodos de generación; a partir de estos resultados FLOW2 calcula e imprime los resultados relativos a flujos de corriente y de potencia, pérdidas en el sistema y potencia generada por el nodo suelto.

FLOW1

Primeramente se define el archivo que se va a utilizar para grabar en él los valores de las variables requeridas para efectuar los cálculos correspondientes en FLOW2.

En seguida se dimensionan convenientemente las variables con subíndices que intervienen en FLOW1.

Se leen los valores de características de las líneas y se calcula la matriz de admitancia.

Se define el contador de iteraciones  $IO=0$ .

Se leen los valores conocidos y supuestos de  $V(I)$ ,  $A(I)$ ,  $K(I)$ ,  $R(I)$ ,  $H(I)$ ,  $S(I)$ ,  $T(I)$  y se transforman a su vez los voltajes a su forma rectangular.

Si  $IO=0$ , se efectúa un ciclo del método de desplazamientos sucesivos o de Gauss-Seidel, con el objeto de calcular unos nuevos valores para los voltajes a partir de los valores supuestos y conocidos de potencias y voltajes que estarán más cerca de los valores de solución y que provocarán por lo tanto una mayor rapidez en la convergencia.

Se calculan las potencias a partir de los valores que arrojó la aplicación del ciclo del método de Gauss-Seidel. En este proceso ha sido necesario calcular un valor para la potencia reactiva en los nodos de generación (Q2).



Se obtienen las diferencias de potencia real y reactiva. Para los nodos de generación se calcula también la potencia reactiva y se compara con la calculada previamente (Gauss-Seidel o iteración anterior).

El valor absoluto de éstas se compara contra la tolerancia. Si alguna diferencia resulta mayor, se suspende la comparación y el contador de iteraciones se incrementa con la unidad.

Con los nuevos voltajes y potencias calculadas, se obtienen los elementos de la matriz jacobiana y se aumenta con el elemento correspondiente de la columna de residuales (U(I) y O(I) en el programa). El programa divide a la matriz jacobiana en seis submatrices en cada una de las cuales almacena los valores correspondientes a H, K, R, S, y T.

Así, para un nodo I, conectado a un nodo J, el programa pregunta que tipo de nodos son I y J, y dependiendo de ello, calcula los elementos de la matriz jacobiana que tienen valor y la aumenta con la columna de diferencias de potencia.

Una vez completado el proceso de formación de la matriz jacobiana, se aplica al sistema lineal resultante el método de Crout; una vez triangularizada la matriz, se obtiene la solución por sustitución hacia atrás resultando un vector columna D(I) de factores de corrección de ángulo y magnitud de voltaje.

Estos factores de corrección se aplican a los voltajes nodales calculados en el ciclo de desplazamientos sucesivos o en la anterior iteración -- efectuada.

En este punto, el programa ordena a la computadora regresar a la proposición 390, en donde se transforman los voltajes a su forma rectangular. Con estos valores y puesto que  $IO \neq 0$  se recalculan las potencias sin efectuar el ciclo de desplazamiento sucesivos. Estas potencias se comparan de nuevo con las programadas; si alguna diferencia resulta todavía mayor que la tolerancia, se incrementa al contador de iteraciones y el proceso se repite. Si todas las diferencias de potencia se encuentran ya dentro de la tolerancia, el programa ordena pasar a la proposición 1860, a partir de la cual se transmiten al archivo NEWTON los valores que serán utilizados posteriormente en el programa FLOW2.

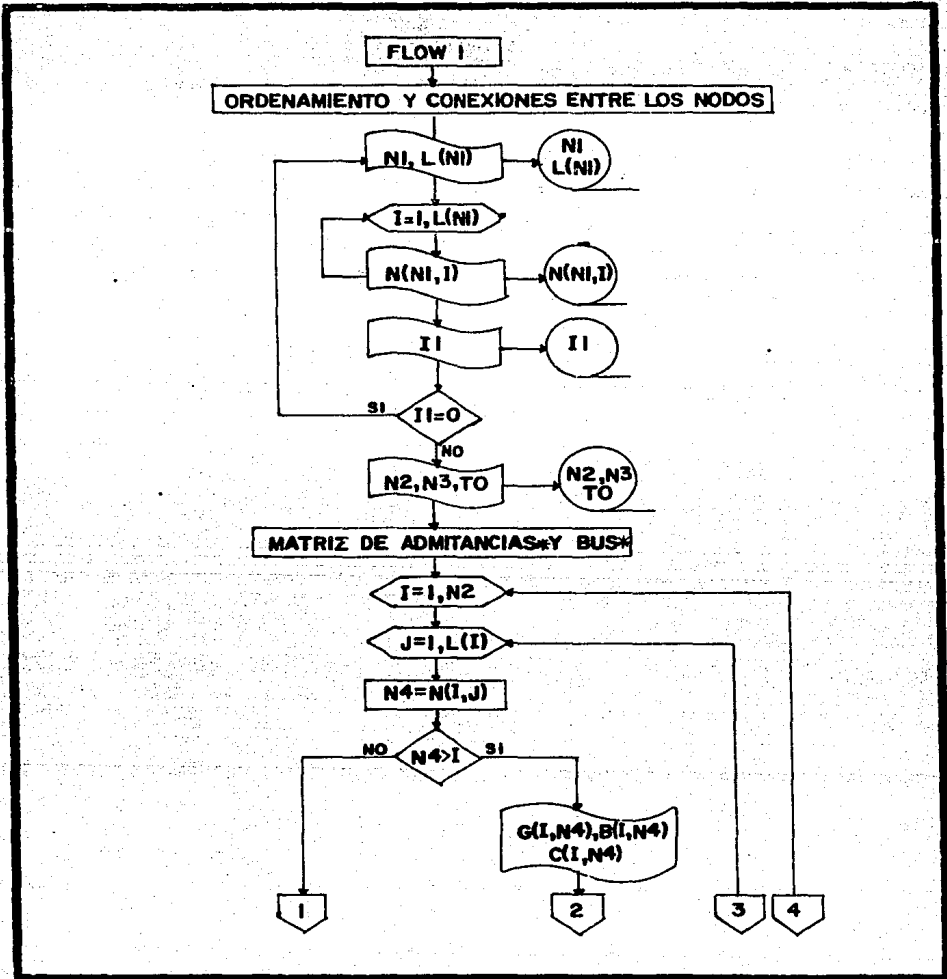
La última proposición ejecutable en el FLOW1, es la que ordena a la computadora encadenarse automáticamente con el segundo programa.

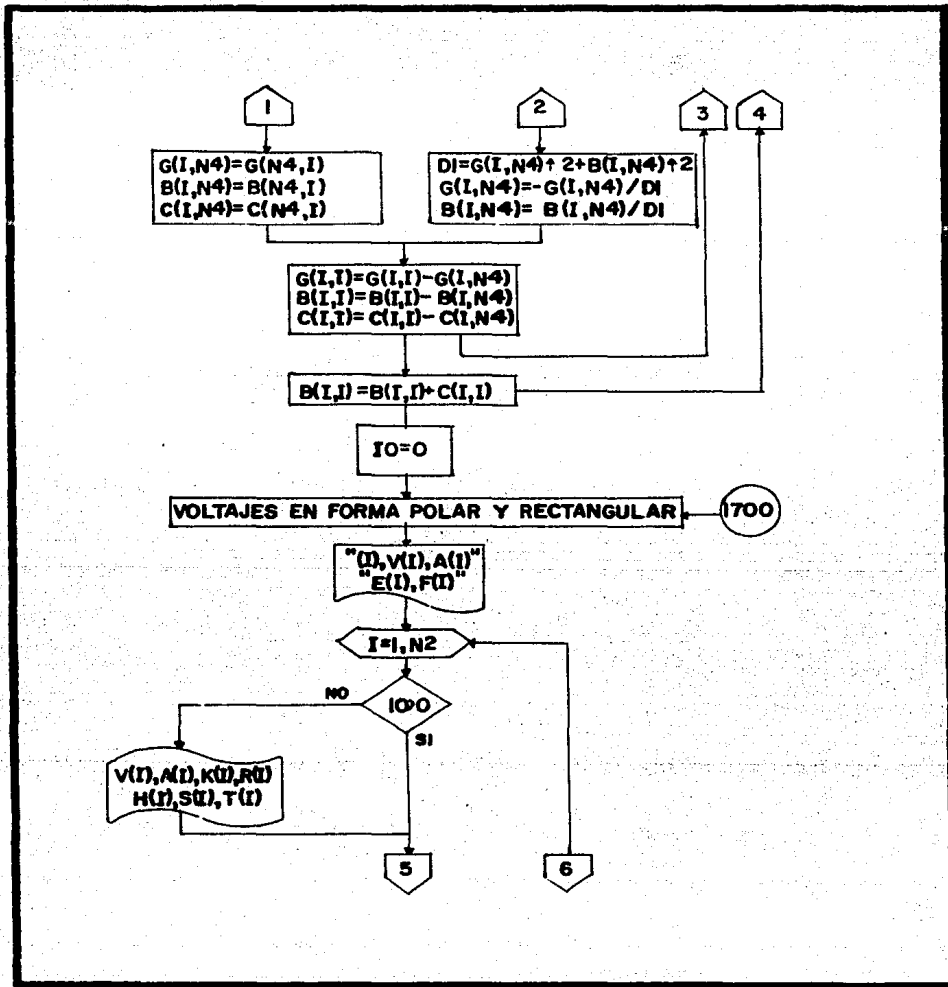
FLOW2

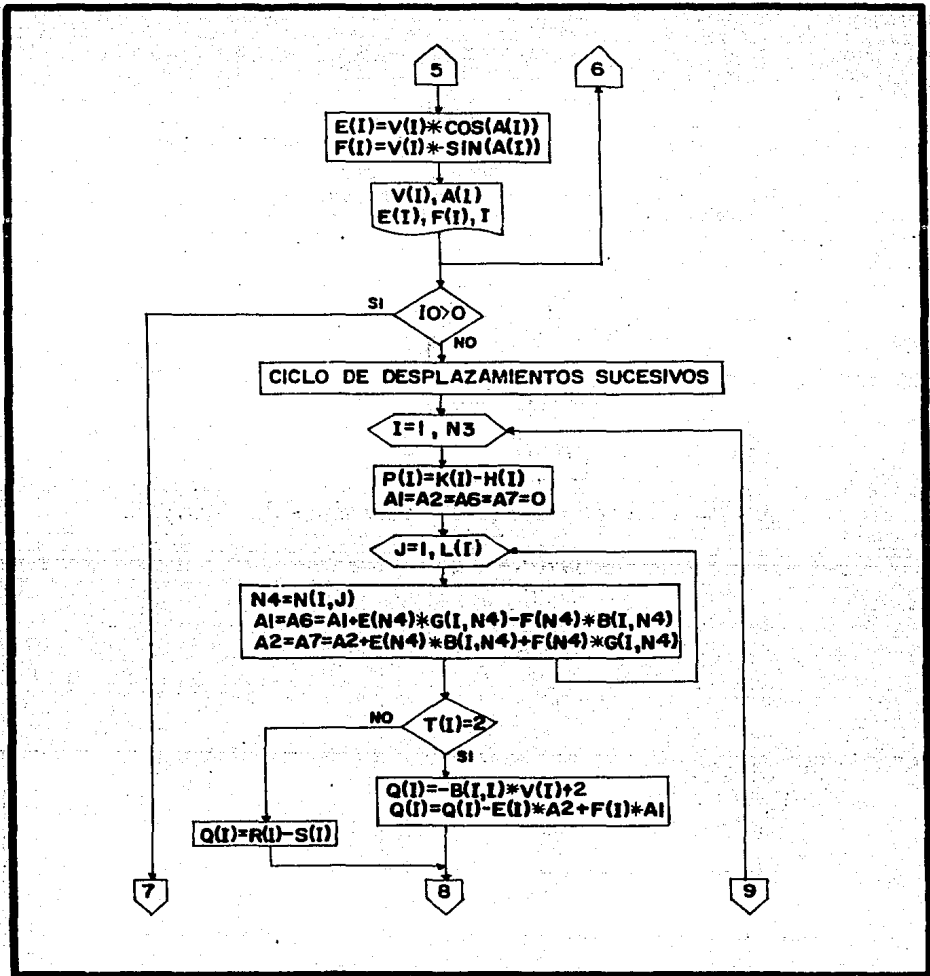
Se define el archivo del que recibirá la información requerida para los cálculos subsecuentes.

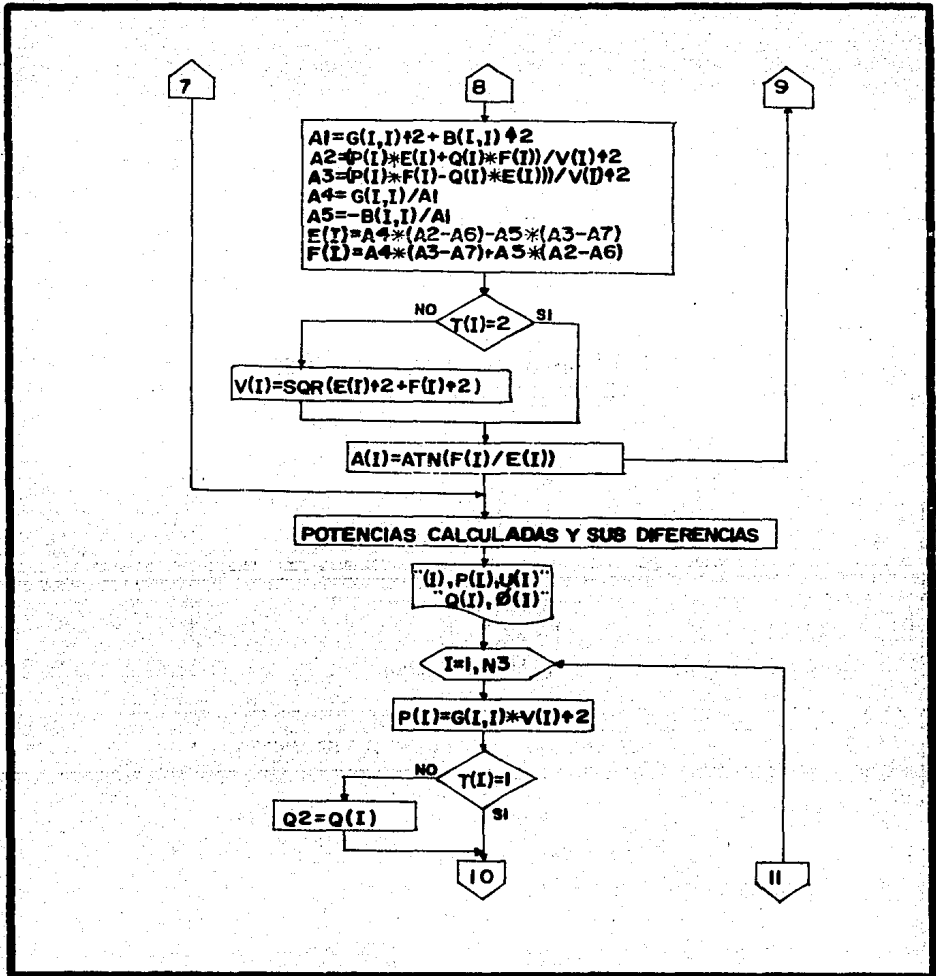
Se dimensionan las variables que intervienen en este programa y se ordena la lectura de los datos del archivo, con los cuales, una vez almacenados, se calculan los flujos de corriente real ( $I(I,J)$ ) e imaginaria ( $J(I,J)$ ) y los flujos de potencia real ( $Y(I,J)$ ) y reactiva ( $Z(I,J)$ ). Se calculan también las pérdidas en el sistema P1 y Q1.

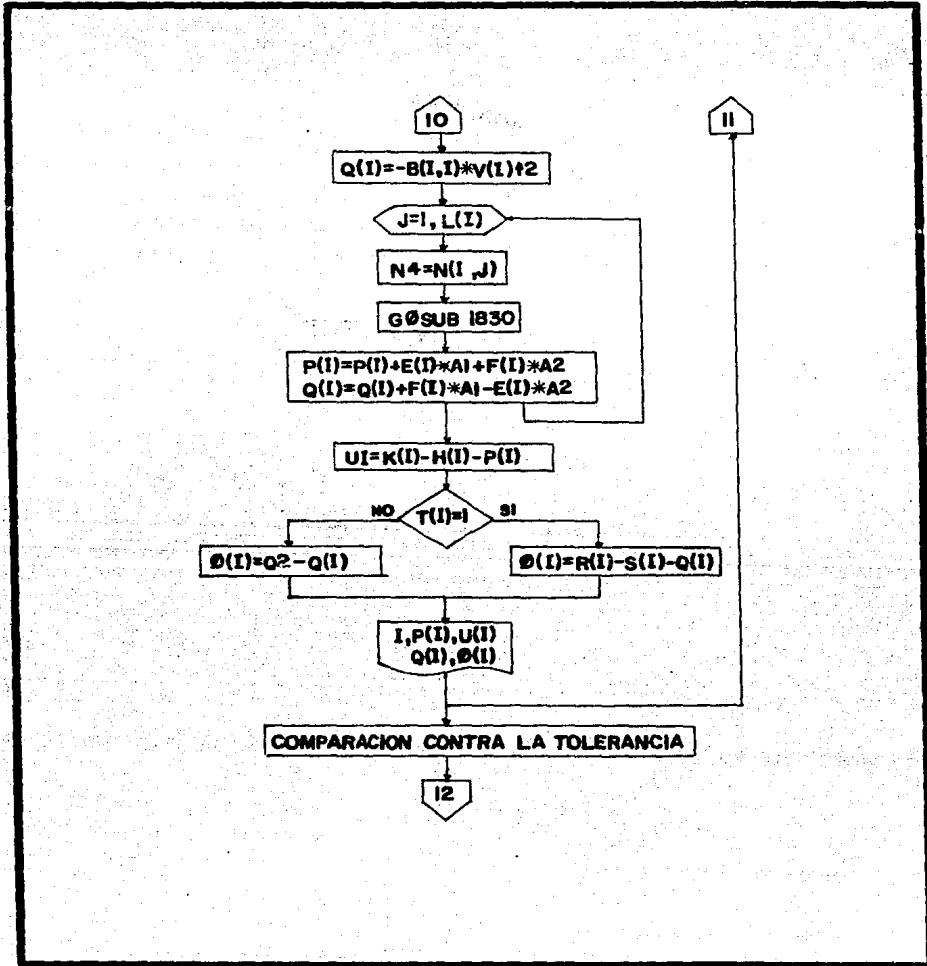
La potencia generada por el nodo suelto, P0 y Q0, como se sabe, es la diferencia entre la salida total de potencia más las pérdidas, y la inyección especificada en los otros nodos.

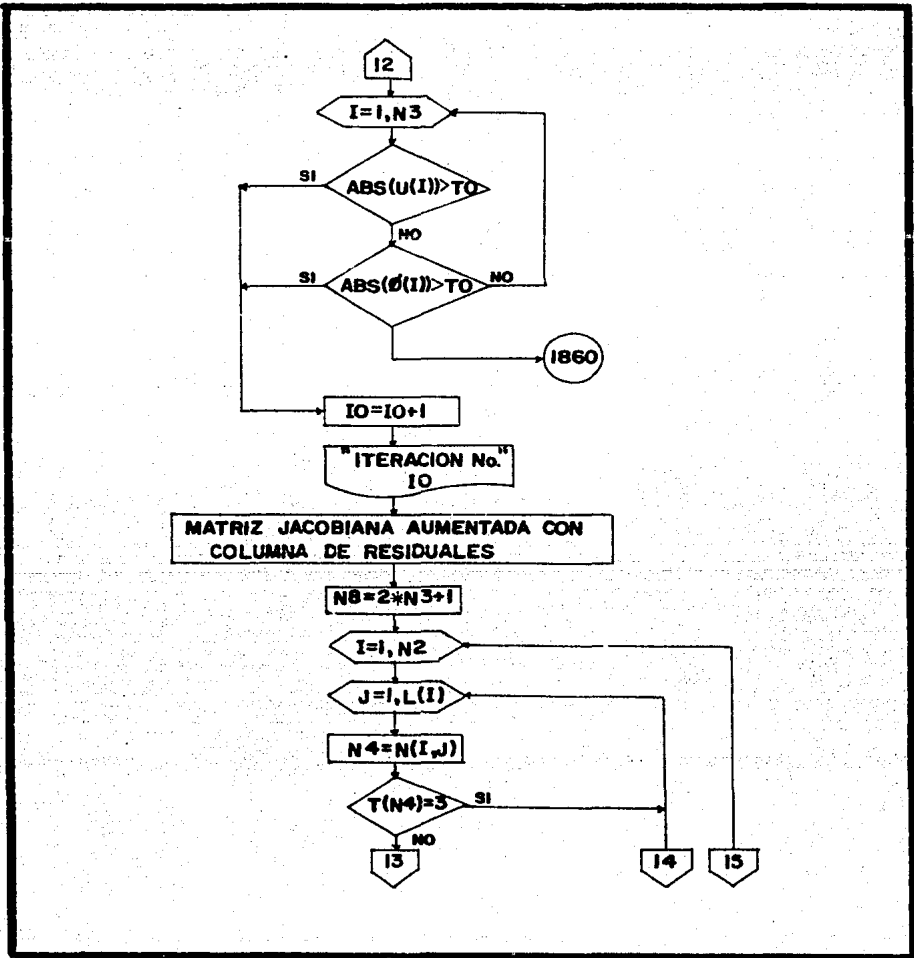




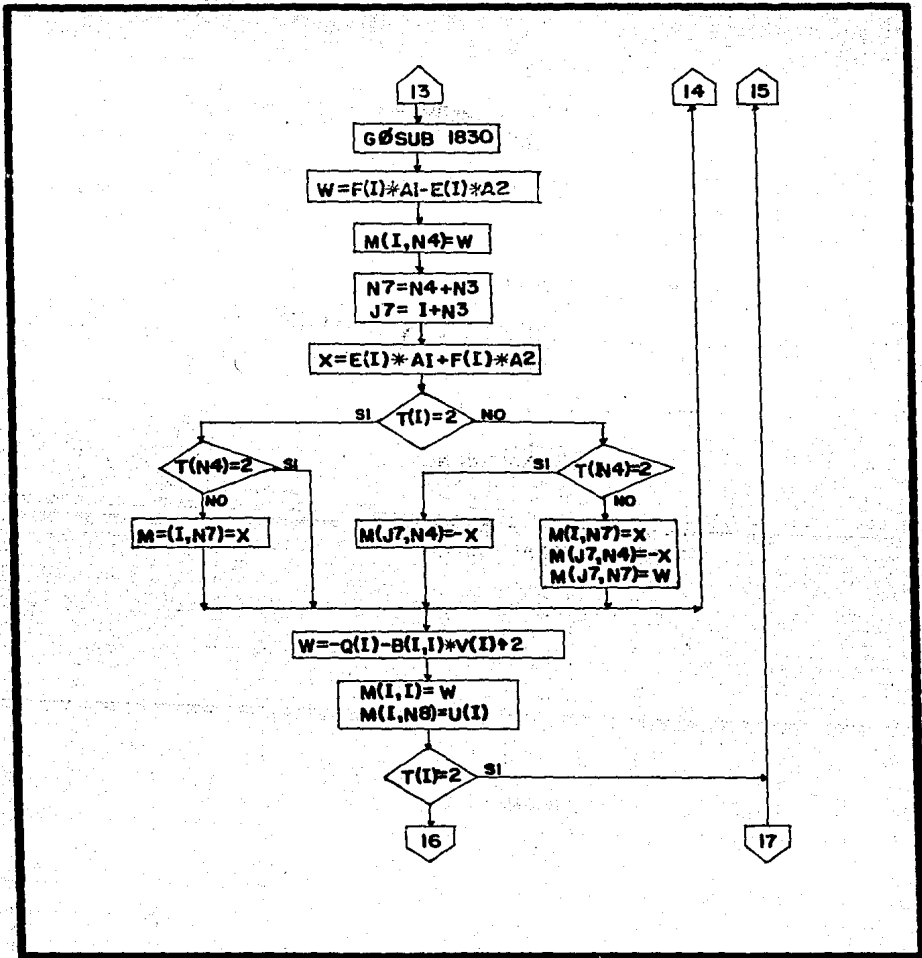


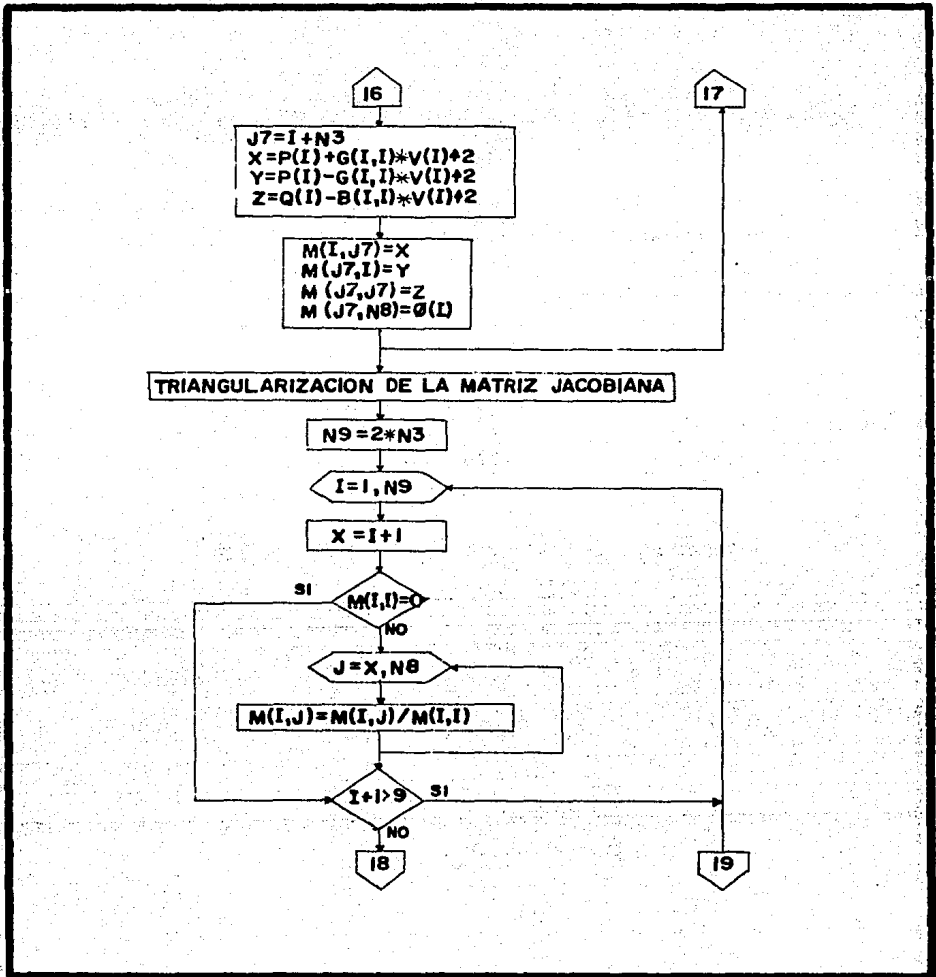


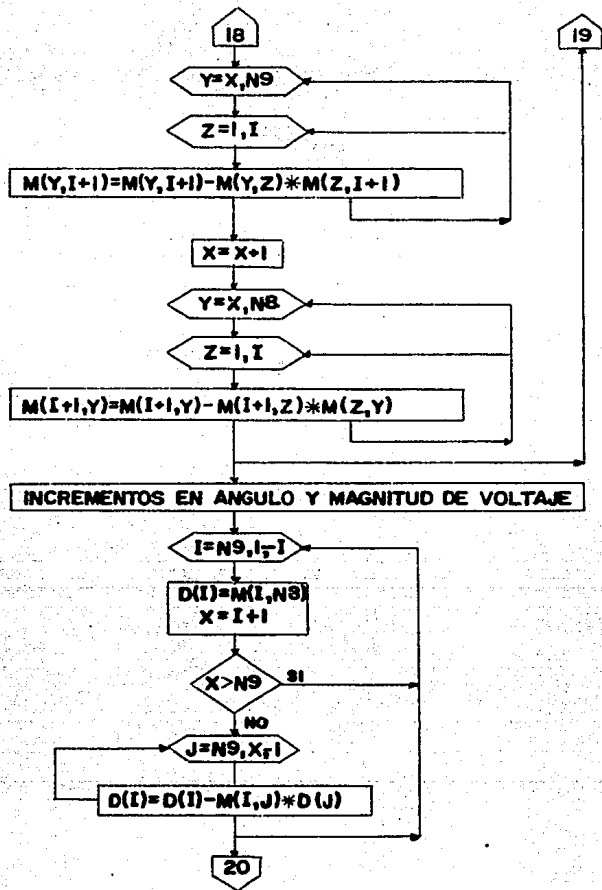


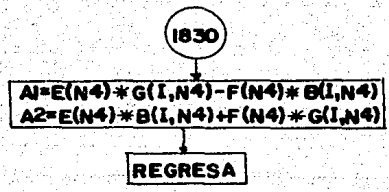
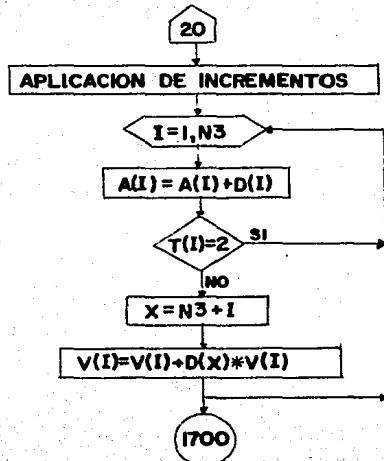


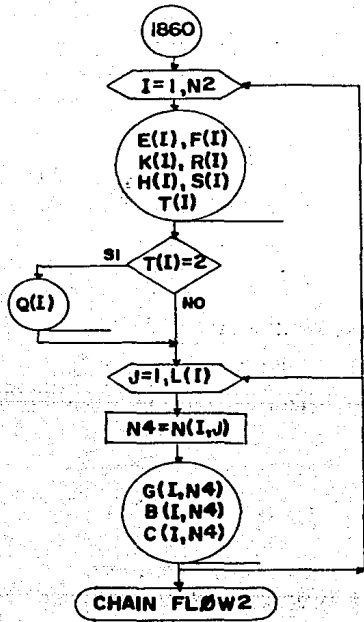


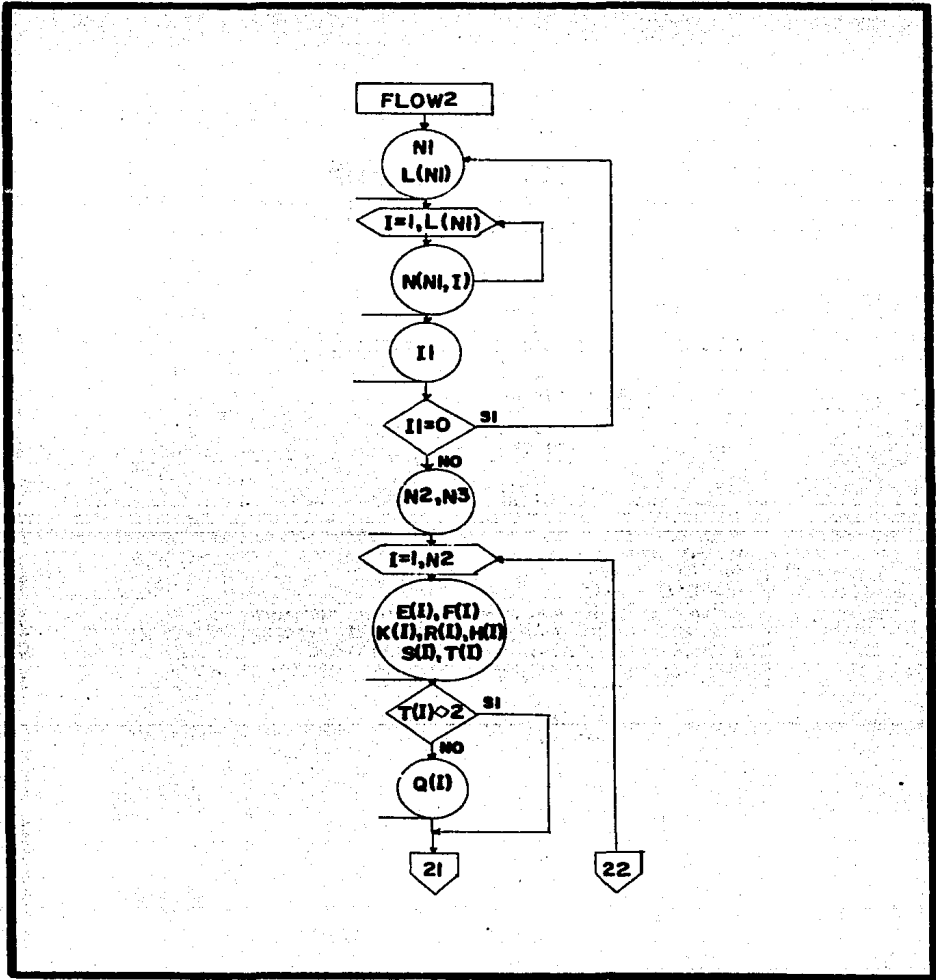


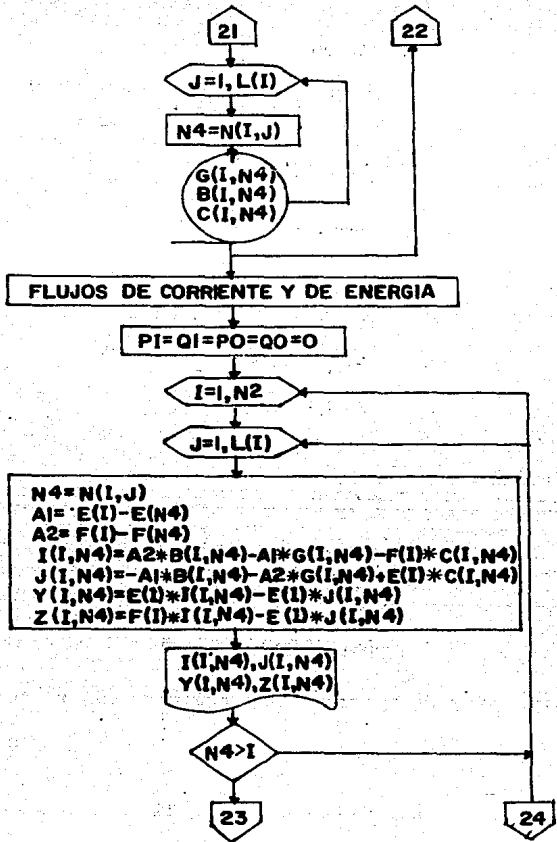


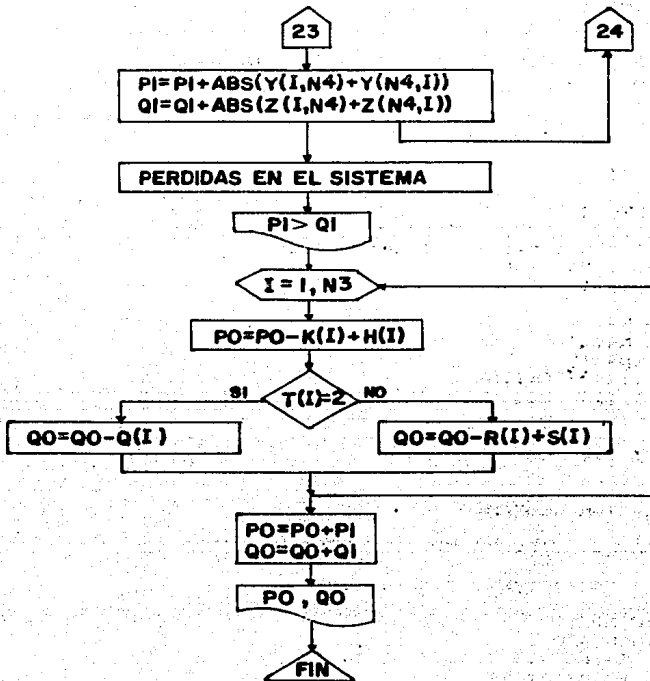














```
10 OPEN "0",1,"NEWTON"
30 DEF FNI(X) = INT(X*1000001 + .5)/1000001
40 DIM L(5),N(5,6),G(5,5),B(5,5),C(5,5),V(5),A(5),K(5),H(5),R(5)
50 DIM S(5),T(5),E(5),F(5),P(5),Q(5),U(5),O(5),M(8,9),D(8)
60 REM ORDENAMIENTO Y CONEXIONES ENTRE LOS NODOS
70 READ N1, L(N1)
80 PRINT #1, N1,"",L(N1)
90 FOR I = 1 TO L(N1)
100 READ N(N1,I)
110 PRINT #1, N(N1,I)
120 NEXT I
130 READ I1
140 PRINT #1, I1
150 IF I1 = 0 THEN 70
160 READ N2,N3,TO
170 PRINT # 1, N2,"",N3
180 REM MATRIZ DE ADMITANCIAS
190 FOR I = 1 TO N2
200 FOR J=1 TO L(I)
210 N4 = N(I,J)
220 IF N4 < I THEN 280
230 READ G(I,N4), B(I,N4), C(I,N4)
240 D1 = G(I,N4) * G(I,N4) + B(I,N4)*B(I,N4)
250 G(I,N4) = -G(I,N4) / D1
260 B(I,N4) = B(I,N4)/D1
270 GOTO 310
280 G(I,N4) = G(N4,I)
290 B(I,N4) = B(N4,I)
300 C(I,N4) = C(N4,I)
310 G(I,I) = G(I,I) - G(I,N4)
320 B(I,I) = B(I,I) - B(I,N4)
330 C(I,I) = C(I,I) + C(I,N4)
340 NEXT J
350 B(I,I) = B(I,I) + C(I,I)
360 NEXT I
370 LET IO =0
380 PRINT "ITERACION NUMERO 0 "
390 PRINT
400 PRINT "VOLTAJES EN FORMA POLAR Y RECTANGULAR "
410 PRINT
420 PRINT "V(I)", "A(I)", "E(I)", "F(I)", "I"
430 PRINT
440 FOR I = 1 TO N2
450 IF IO > 0 THEN 470
460 READ V(I),A(I),K(I),R(I),H(I),S(I),T(I)
470 E(I) = V(I) * COS(A(I))
480 F(I) = V(I) * SIN(A(I))
490 PRINT V(I),A(I),E(I),F(I)
500 NEXT I
510 IF IO > 0 THEN 770
520 REM CICLO DE DESPLAZAMIENTOS SUCESIVOS
530 FOR I = 1 TO N3
540 P(I) = K(I) - H(I)
550 A1 = 0 : A2 = 0 : A6 = 0 : A7 = 0
560 FOR J = 1 TO L(I)
570 N4 = N(I,J)
```

```
580 A1 = A1 + E(N4) * G(I,N4) - F(N4) * B(I,N4)
585 A6 = A1
590 A2 = A2 + E(N4) * B(I,N4) + F(N4) * G(I,N4)
595 A7 = A2
600 NEXT J
610 IF T(I) = 2 THEN 640
620 LET Q(I) = R(I) - S(I)
630 GOTO 660
640 LET Q(I) = -B(I,I) * V(I) * V(I)
650 Q(I) = Q(I) - E(I) * A2 + F(I) * A1
660 A1 = G(I,I) * G(I,I) + B(I,I) * E(I,I)
670 A2 = (P(I) * E(I) + Q(I) * F(I)) / (V(I) * V(I))
680 A3 = (P(I) * F(I) - Q(I) * E(I)) / (V(I) * V(I))
690 A4 = G(I,I) / A1
700 A5 = -B(I,I) / A1
710 E(I) = A4*(A2 - A6) - A5*(A3 - A7)
720 F(I) = A4 * (A3 - A7) + A5 * (A2 - A6)
730 IF (T(I) = 2) THEN 750
740 LET V(I) = SQR( E(I) * E(I) + F(I) * F(I) )
750 A(I) = ATN( F(I)/E(I) )
760 NEXT I
770 PRINT
780 PRINT " POTENCIAS CALCULADAS Y SUS DIFERENCIAS "
790 PRINT
800 PRINT "(I)", "P(I)", "U(I)", "Q(I)", "O(I)"
810 PRINT
820 FOR I = 1 TO N3
830 P(I) = G(I,I) * V(I) * V(I)
840 IF T(I) = 1 THEN 860
850 Q2 = Q(I)
860 Q(I) = -B(I,I) * V(I) * V(I)
870 FOR J = 1 TO L(I)
880 N4 = N(I,J)
890 GOSUB 1830
900 P(I) = P(I) + E(I) * A1 + F(I) * A2
910 Q(I) = Q(I) + F(I) * A1 - E(I) * A2
920 NEXT J
930 U(I) = K(I) - H(I) - P(I)
940 IF T(I) = 1 THEN 970
950 O(I) = Q2 - Q(I)
960 GOTO 980
970 O(I) = R(I) - S(I) - Q(I)
980 PRINT I, FNI(P(I)), FNI(U(I)), FNI(Q(I)), FNI(O(I))
990 NEXT I
1000 REM COMPARACION CONTRA LA TOLERANCIA
1010 FOR I = 1 TO N3
1020 IF ABS(U(I)) > TO THEN 1060
1030 IF ABS(O(I)) > TO THEN 1060
1040 NEXT I
1050 GOTO 1860
1060 IO = IO + 1
1070 PRINT
1080 PRINT "ITERACION NUMERO "; IO
1090 REM MATRIZ JACOBIANA AUMENTADA CON COLUMNA DE RESIDUALES
1100 LET N8 = 2 * N3 + 1
```

```
1110 FOR I = 1 TO N3
1120 FOR J = 1 TO L(I)
1130 N4 = N(I,J)
1140 IF T(N4) = 3 THEN 1310
1150 GOSUB 1830
1160 W = F(I) * A1 - E(I) * A2
1170 M(I,N4) = W
1180 N7 = N4 + N3
1190 J7 = I + N3
1200 X = E(I) * A1 + F(I) * A2
1210 IF T(I) = 2 THEN 1270
1220 IF T(N4) = 2 THEN 1300
1230 M(I,N7) = X
1240 M(J7,N4) = -X
1250 M(J7,N7) = W
1260 GOTO 1310
1270 IF T(N4) = 2 THEN 1310
1280 M(I,N7) = X
1290 GOTO 1310
1300 M(J7,N4) = -X
1310 NEXT J
1320 W = -G(I) - B(I,I) * V(I) * V(I)
1330 M(I,I) = W
1340 M(I,N8) = U(I)
1350 IF T(I) = 2 THEN 1440
1360 J7 = I + N3
1370 X = P(I) + G(I,I) * V(I) * V(I)
1380 Y = P(I) - G(I,I) * V(I) * V(I)
1390 M(I,J7) = X
1400 M(J7,I) = Y
1410 Z = Q(I) - B(I,I) * V(I) * V(I)
1420 M(J7,J7) = Z
1430 M(J7,N8) = O(I)
1440 NEXT I
1450 REM TRIANGULARIZACION DE LA MATRIZ JACOBIANA
1460 N9 = 2 * N3
1470 FOR I = 1 TO N9
1480 X = I + 1
1490 IF M(I,I) = 0 THEN 1530
1500 FOR J = X TO N3
1510 M(I,J) = M(I,J) / M(I,I)
1520 NEXT J
1530 IF I + 1 > N9 THEN 1650
1540 FOR Y = X TO N9
1550 FOR Z = 1 TO I
1560 M(Y,I+1) = M(Y,I+1) - M(Y,Z) * M(Z,I+1)
1570 NEXT Z
1580 NEXT Y
1590 X = X + 1
1600 FOR Y = X TO N8
1610 FOR Z = 1 TO I
1620 M(I+1,Y) = M(I+1,Y) - M(I+1,Z) * M(Z,Y)
1630 NEXT Z
1640 NEXT Y
1650 NEXT I
```

```
1660 REM INCREMENTOS EN ANGULO Y MAGNITUD DE VOLTAJE
1670 FOR I = N9 TO 1 STEP -1
1680 D(I) = M(I,N8)
1690 X = I + 1
1700 IF X > N9 THEN 1740
1710 FOR J = N9 TO X STEP -1
1720 D(I) = D(I) - M(I,J) * D(J)
1730 NEXT J
1740 NEXT I
1750 REM APLICACION DE LOS INCREMENTOS
1760 FOR I = 1 TO N3
1770 A(I) = A(I) + D(I)
1780 IF T(I) = 2 THEN 1810
1790 X = N3 + I
1800 V(I) = V(I) + D(X) * V(I)
1810 NEXT I
1820 GOTO 390
1830 A1 = E(N4)*G(I,N4) - F(N4)*B(I,N4)
1840 A2 = E(N4)*B(I,N4) + F(N4)*G(I,N4)
1850 RETURN
1860 FOR I = 1 TO N2
1870 PRINT #1,E(I),",",F(I),",",",K(I),",",",R(I),",",",H(I),",",",S(I),",",",T(I)
1880 IF T(I) <> 2 THEN 1900
1890 PRINT # 1, Q(I)
1900 FOR J = 1 TO L(I)
1910 N4 = N(I,J)
1920 PRINT #1, G(I,N4),",",B(I,N4),",",C(I,N4)
1930 NEXT J
1940 NEXT I
1950 PRINT
1960 PRINT
1965 CLOSE #1
1970 CHAIN "FLOW2
1980 DATA 1,4,2,3,4,5,0
1990 DATA 2, 3, 1, 3, 5, 0
2000 DATA 3, 3, 1, 2, 4, 0
2010 DATA 4, 2, 1, 3, 0
2020 DATA 5, 2, 1, 2, 5
2030 DATA 5, 4, 0,00005
2040 DATA .06, .18, .020
2050 DATA .06, .18, .020
2060 DATA .04, .12, .015
2070 DATA .02, .06, .030
2080 DATA .01, .03, .010
2090 DATA .08, .24, .025
2100 DATA .08, .24, .025
2200 DATA 1.04742, 0, .4, .3, .2, .1, 2
2210 DATA 1, 0, 0, 0, .45, .15, 1
2220 DATA 1, 0, 0, 0, .4, .05, 1
2240 DATA 1, 0, 0, 0, .6, .1, 1
2250 DATA 1.06, 0, 0, 0, 0, 0, 3
32767 END
```

```
10 OPEN "I",1,"NEWTON
20 DEF FNI(X) = INT(1E+06 * X+.5) / 1E+06
30 DIM L(5),N(5,6),K(5),H(5),R(5),S(5),T(5),E(5),F(5),Q(5)
40 DIM G(5,5),B(5,5),C(5,5),I(5,5),J(5,5),Y(5,5),Z(5,5)
50 INPUT # 1, N1, L(N1)
60 FOR I=1 TO L(N1)
70 INPUT #1, N(N1,I)
80 NEXT I
90 INPUT #1, I1
100 IF I1 = 0 THEN 50
110 INPUT #1, N2,N3
120 FOR I = 1 TO N2
130 INPUT #1, E(I),F(I),K(I),R(I),H(I),S(I),T(I)
140 IF T(I) <> 2 THEN 160
150 INPUT # 1, Q(I)
160 FOR J = 1 TO L(I)
170 N4 = N(I,J)
180 INPUT #1, G(I,N4),B(I,N4),C(I,N4)
190 NEXT J
200 NEXT I
210 PRINT "FLUJOS DE CORRIENTE Y ENERGIA
220 PRINT
230 PRINT " I   J   ) ", "I(I,J)", "J(I,J)", "Y(I,J)", "Z(I,J)"
240 PRINT
250 P1 = 0
251 Q1 = 0 : P0 = 0 : Q0 = 0
260 FOR I = 1 TO N2
270 FOR J = 1 TO L(I)
280 N4 = N(I,J)
290 A1 = E(I) - E(N4)
300 A2 = F(I) - F(N4)
310 I(I,N4) = A2*B(I,N4) - A1*G(I,N4) - F(I)*C(I,N4)
320 J(I,N4) = -A1*B(I,N4) - A2*G(I,N4) + E(I)*C(I,N4)
330 Y(I,N4) = E(I)*I(I,N4) + F(I)*J(I,N4)
340 Z(I,N4) = F(I)*I(I,N4) - E(I)*J(I,N4)
350 PRINT I;" ",N4;"", FNI(I(I,N4)),FNI(J(I,N4)),FNI(Y(I,N4)),FNI(Z(I,N4))
360 IF N4 > I THEN 390
370 P1 = P1 + ABS(Y(I,N4)+Y(N4,I))
380 Q1 = Q1 + ABS(Z(I,N4)+Z(N4,I))
390 NEXT J
400 PRINT
410 NEXT I
420 PRINT
430 PRINT " PERDIDAS DEL SISTEMA "
440 PRINT
450 PRINT "P1 = ";P1;"   Q1=";Q1
460 PRINT
470 PRINT
480 PRINT " POTENCIA GENERADA POR EL NODO SUELTO "
490 PRINT
500 FOR I = 1 TO N3
510 P0 = P0 - K(I) + H(I)
520 IF T(I) = 2 THEN 550
530 Q0 = Q0 - R(I) + S(I)
540 GOTO 560
550 Q0 = Q0 - Q(I)
```

```
560 NEXT I
570 PO = PO + P1
580 QO = QO + Q1
590 PRINT "PO =",PO;" QO =",QO
600 END
```

## **C.5 Corto Circuito**

PROGRAMA:  
CORTO CIRCUITO

EXPLICACION.

Este programa sirve para calcular cortos circuitos trifásicos e impedancia de Thevenin en cada uno de los nodos de la red dato, así como también las contribuciones de los buses adyacentes al fallado.

El programa se basa en el método de formación directa de Z bus, agregando el elemento "pq". Enseguida se presenta una tabla que condensa las fórmulas necesarias para formar la matriz Z bus; desde luego, puede extenderse para tomar en cuenta acoplamientos mutuos; se pretende sin embargo, mostrar su uso en la forma más sencilla posible, "p" deberá ser siempre el nodo de salida, "q" siempre el de llegada. Cada vez que se agrega una rama la matriz aumenta de rango; cada vez que se agrega una cuerda se usa un nodo postizo "l" que se elimina enseguida, sin aumentar el rango de la matriz.

	"p" No es Nodo de Referencia.	"p" Si es Nodo de Referencia.
RAMA (Agrega Nuevo Nodo).	$Z_{qi} = Z_{pi}$ $i \neq 0$	$Z_{qi} = 0$ $i \neq q$
	$Z_{qq} = Z_{pq} + z_{pq}$ $i = q$	$Z_{qq} = z_{pq}$ $i = q$
CUERDA (No Agrega Nuevo Nodo).	$Z_{li} = Z_{pi} - Z_{qi}$ $i \neq l$	$Z_{li} = -Z_{qi}$ $i \neq l$
	$Z_{ll} = Z_{pl} - Z_{ql} + z_{pq}$ $i = l$	$Z_{ll} = -Z_{ql} + z_{pq}$ $i = l$

Modificación de Elementos para Eliminar el Nodo "l".

$$Z_{ij} = Z_{ij} - \frac{Z_{il} * Z_{lj}}{Z_{ll}}$$



PROGRAMA  
CORTO CIRCUITO

DATOS DE ENTRADA.

A).- De datos generales:

6000 DATA NREF, NBUSES, NLINEAS

donde:

NREF es el número del bus de referencia (normalmente cero)  
NBUSES es el número de buses de la red considerada  
NLINEAS es el número de líneas que constituyen la red

B).- De datos de nodos:

6010 DATA N1, N2, N3, N4, N5

6020 DATA N6, N7 ...

.  
.  
.

Hasta la línea 6990

donde:

N1, N2 ... son los números de los buses dados en el orden en que se desea que aparezcan en la salida

C).- De datos de líneas:

7010 DATA NENV(1), NREC(1), X(1)

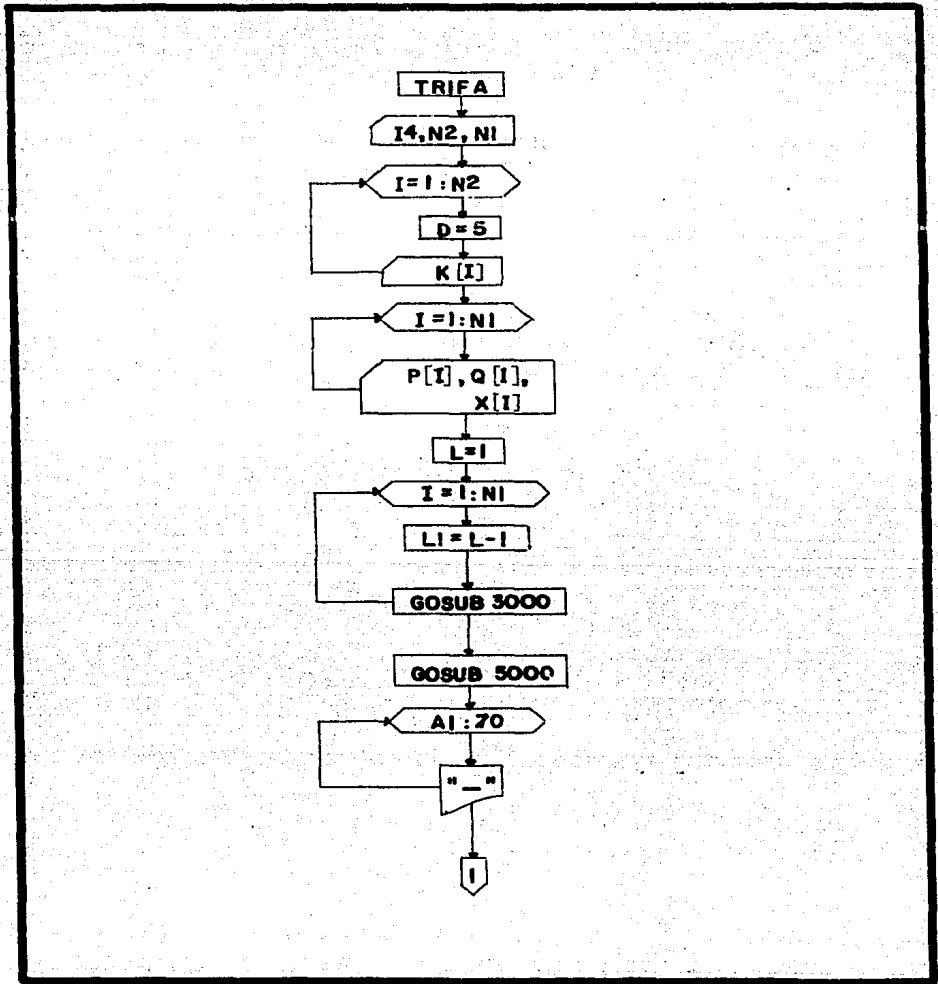
7020 DATA NENV(2), NREC(2), X(2)

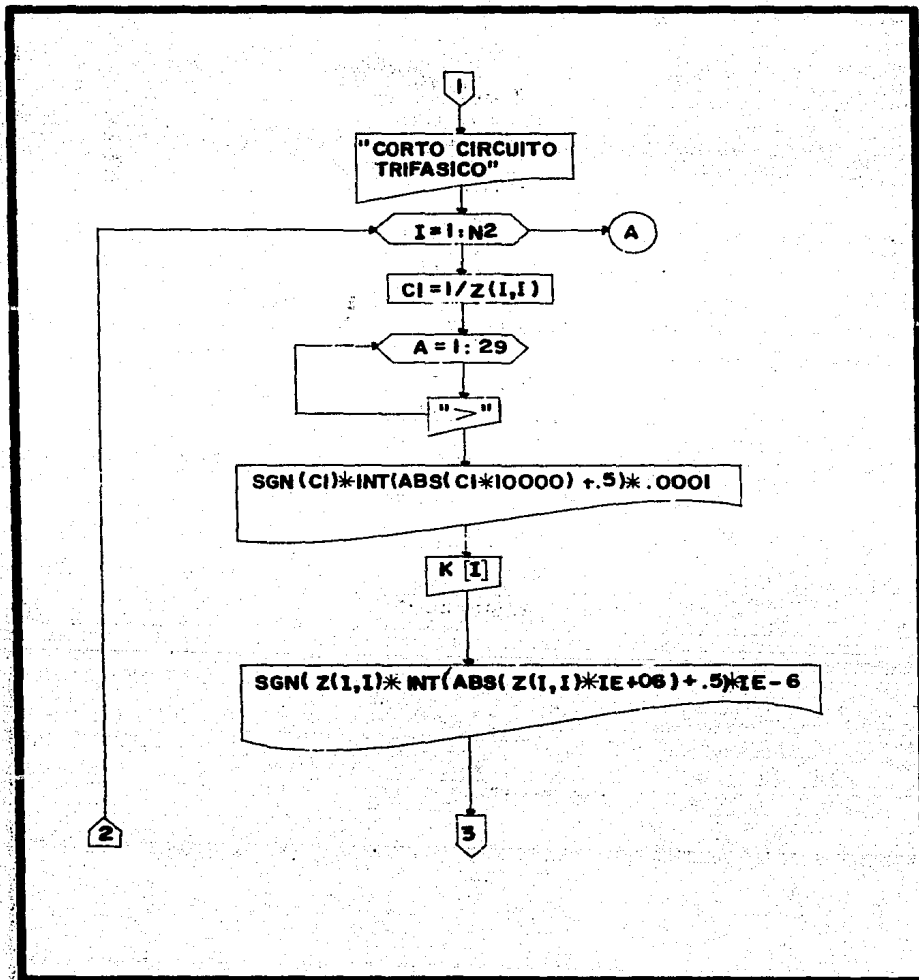
.  
.  
.

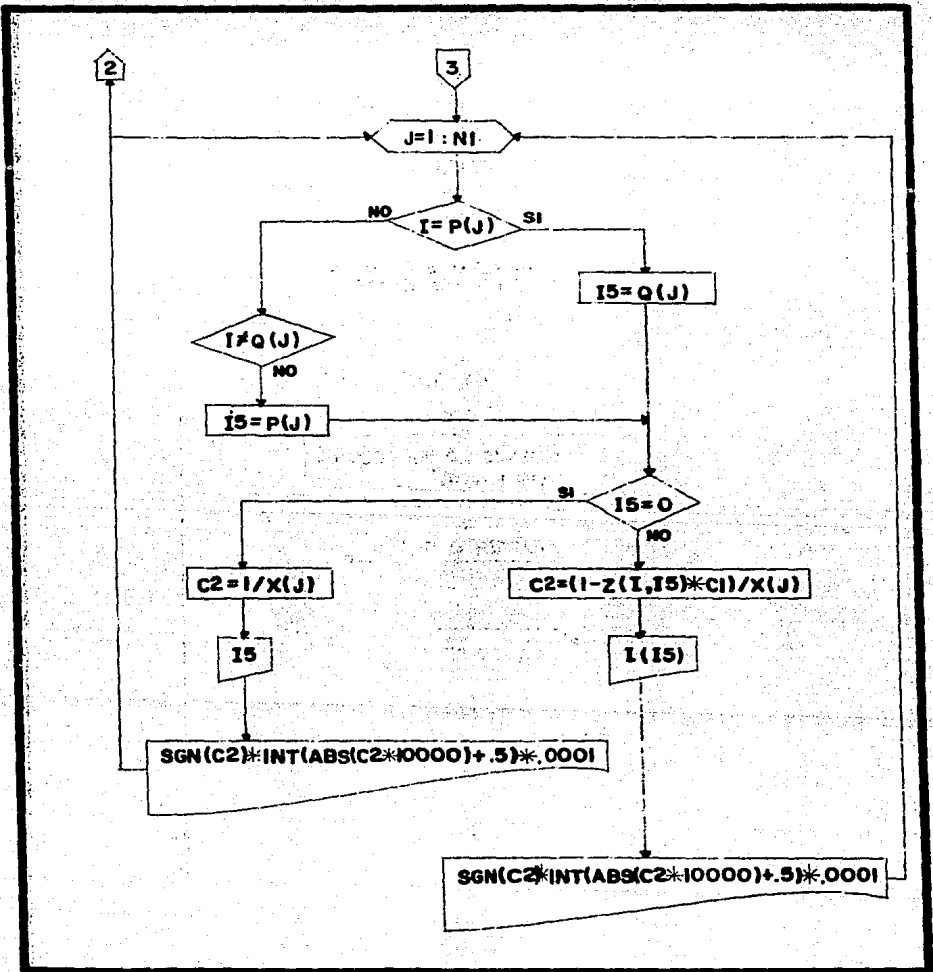
Hasta la línea 7990

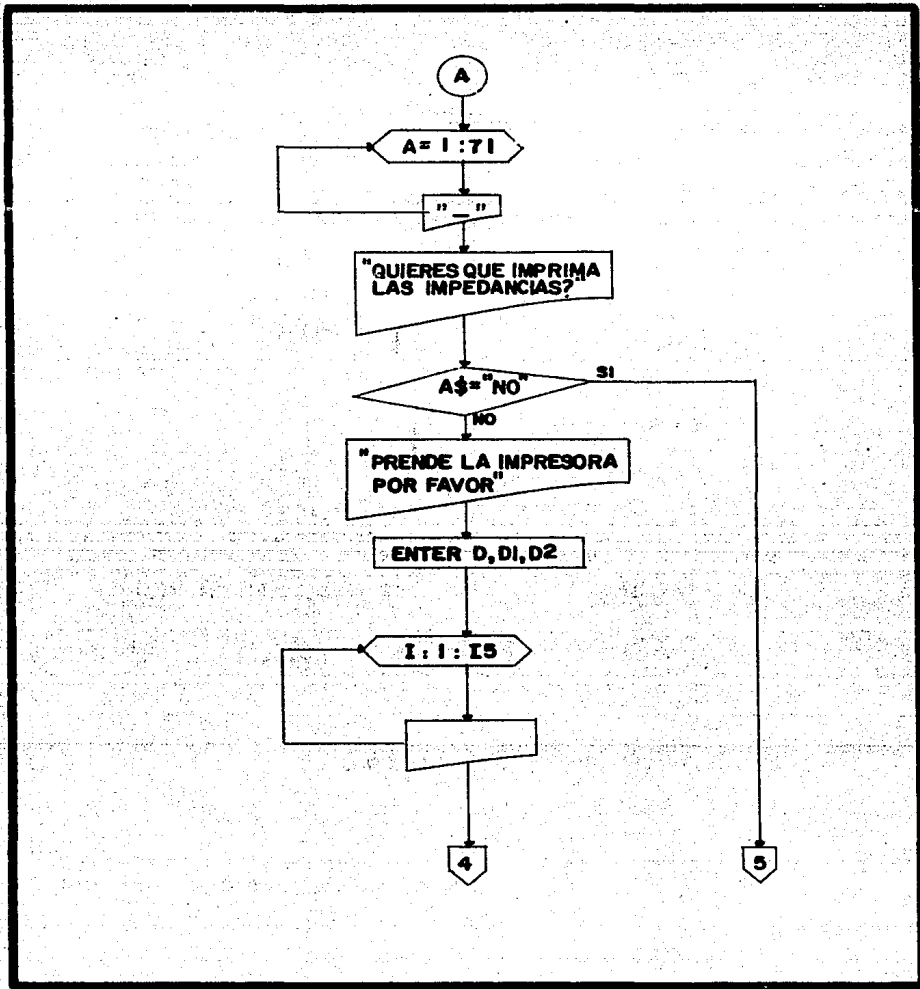
donde:

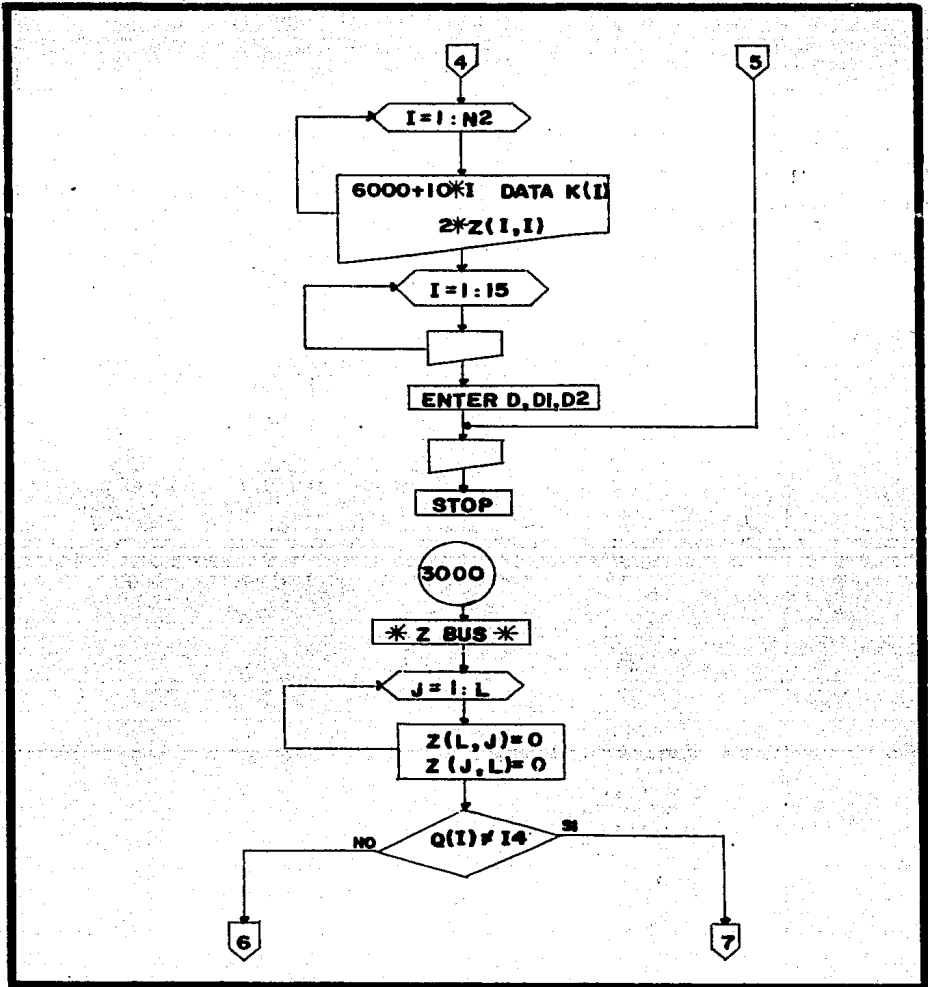
NENV es el número del nodo de envío de cada línea  
NREC es el número del nodo de recepción de cada línea  
X es la reactancia serie de la línea de la que se acaban de dar los nodos terminales.

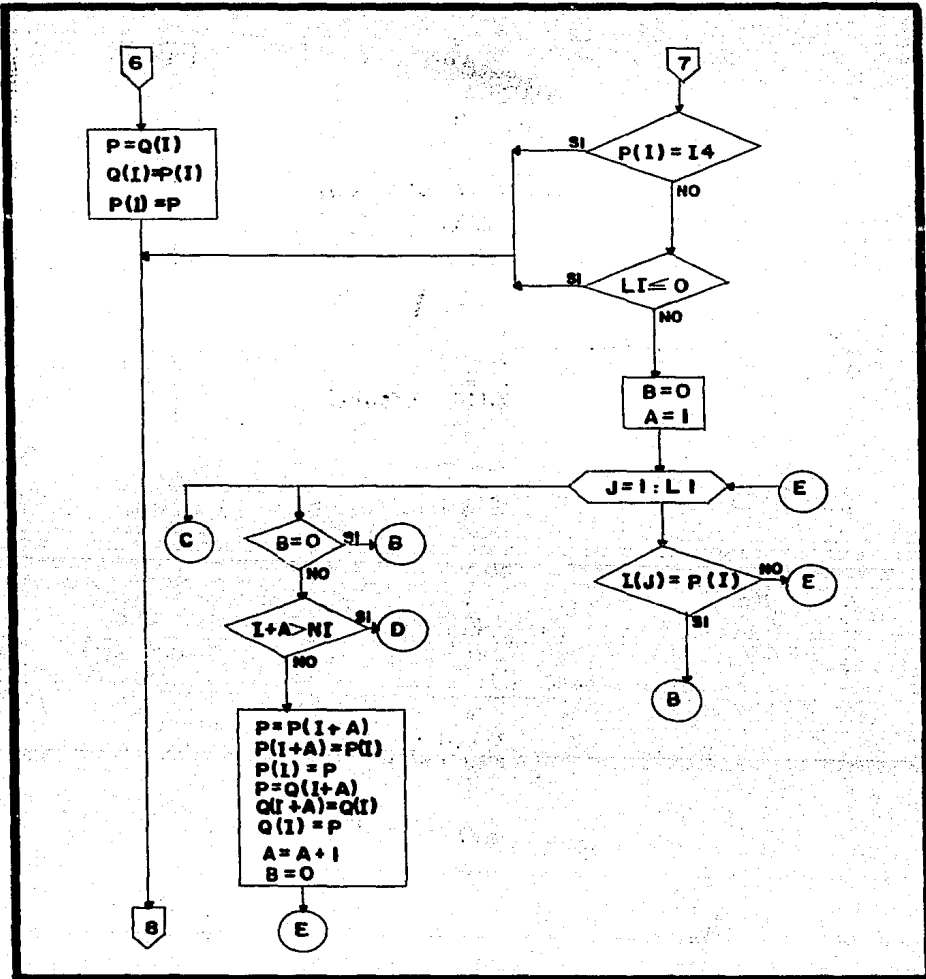


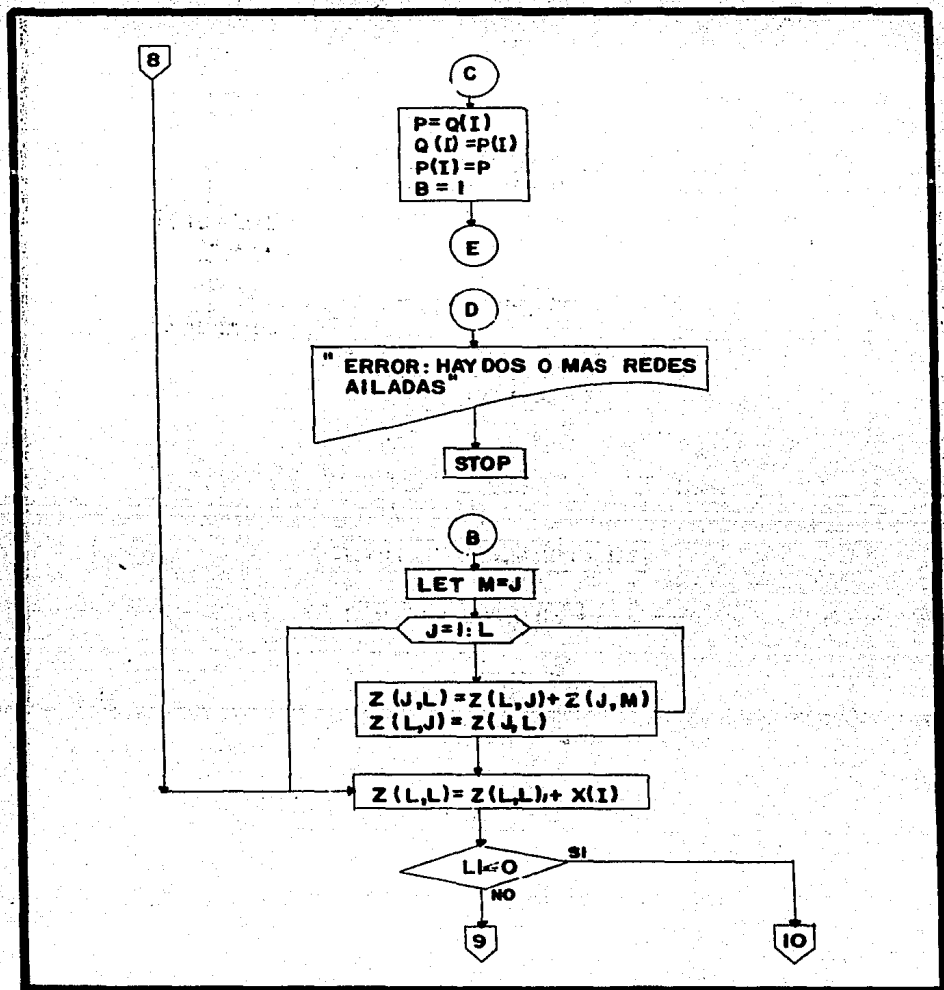




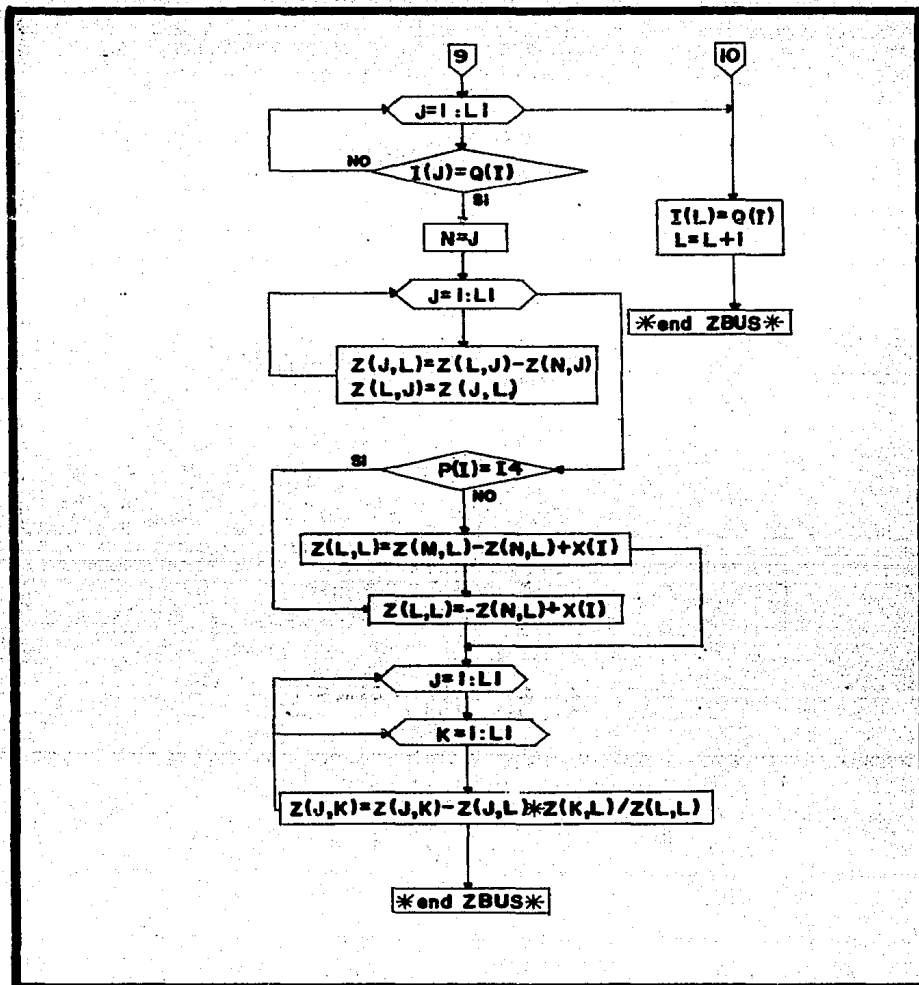


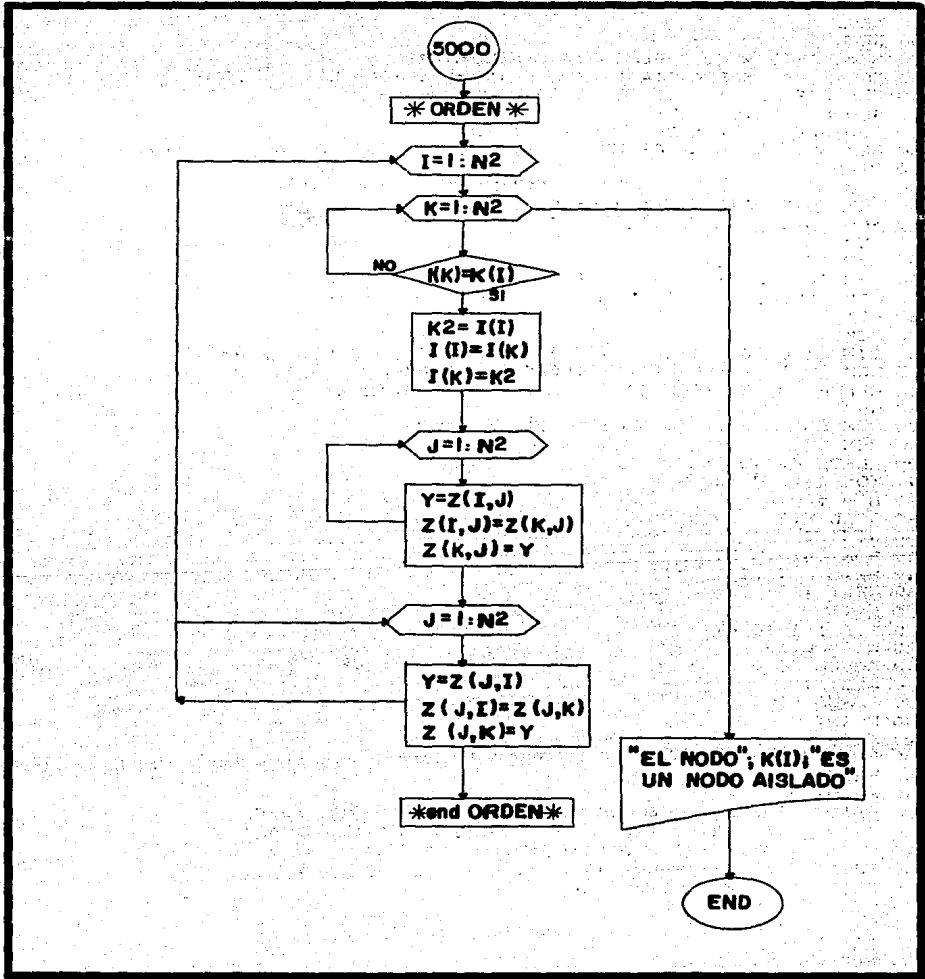












```
1000 REM*****TRIFA*****
1010 REM
1020 REM
1060 REM ESTE ALCULA EL CORTO CIRCUITRIFASICO
1080 REM Y LA IMPEDANCIA DE THEVENIN Y PERFORA ESTA ULTIMA
1100 REM PARA ENCAD (SI SE DESEA) CON MONOFA
1120 REM LDS DATOS SON:
1140 REM 6000 DATA NREF, NBUSES, NLINEAS
1160 REM 6010 DATA NODOS EN EL ORDEN QUE SE DESEA PARA LA SALIDA
1180 REM
1200 REM 6990 COMO LINEA FINAL PERMISIBLE
1240 REM 7010 DATA NENV(1),NREC(1),REACT(1)
1260 REM 7020 DATA NENV(2),NREC(2),REACT(2)
1270 REM
1280 REM
1300 REM COMO LINEA FINAL PERMISIBLE
1340 REM EMPIEZA EL PROGRAMA-----
1360 REM
1380 REM
1400 DIM Z(30,30), I(30), K(30), P(50), Q(50), X(50), A*(10)
1420 REM Z, I, K NECESITAN DIMENSION DE NBUSES.
1440 REM P, Q, X NECESITAN DIMENSION DE NLINEAS
1460 REM
1480 REM EMPIEZA LA EJECUCION DEL PROGRAMA
1500 REM
1520 READ I4, N2, N1
1540 FOR I=1 TO N2
1560 D = 5
1580 READ K(I)
1600 NEXT I
1620 FOR I=1 TO N1
1640 READ P(I),Q(I),X(I)
1660 NEXT I
1680 L=1
1700 FOR I=1 TO N1
1720 L1 = L-1
1740 GOSUB 3000
1760 NEXT I
1780 GOSUB 5000
1800 PRINT
1820 FOR A=1 TO 70
1840 PRINT "-";
1860 NEXT A
1880 PRINT "-."
1900 PRINT ;TAB(20);"COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD"
1920 PRINT ;TAB(20);"OFICINA DE INGENIERIA PRELIMINAR"
1940 PRINT TAB(24);"CORTO CIRCUITO TRIFASICO"
1960 PRINT TAB(26);"FALLA TOTAL (P.U.) EN EL BUS 'XTH+'
1980 PRINT "DEL BUS VIENEN (P.U.)"
2000 FOR I=1 TO N2
2020 C1 = 1 / Z(I,I)
2040 PRINT
2060 FOR A= 1 TO 29
2080 PRINT ">";
2100 NEXT A
2120 PRINT SGN(C1)*INT(ABS(C1*10000)+.5)*.0001;
```

```
2140 PRINT TAB(S1);K(I);TAB(60);
2160 PRINT SGN(Z(I,I))*INT(ABS(Z(I,I)*1E+06)+.5)*.000001
2180 FOR J=1 TO N1
2200 IF I=P(J) THEN 2280
2220 IF I<>Q(J) THEN 2460
2240 I5 = P(J)
2260 GOTO 2300
2280 I5=Q(J)
2300 IF I5=0 THEN 2400
2320 C2= (1-Z(I,I5)*C1)/X(J)
2340 PRINT I(I5);TAB(11);
2360 PRINT SGN(C2)*INT(ABS(C2*10000)+.5)*.0001
2380 GOTO 2460
2400 C2 = 1/X(J)
2420 PRINT I5; TAB(11);
2440 PRINT SGN(C2)*INT(ABS(C2*10000)+.5)*.0001
2460 NEXT J
2480 NEXT I
2500 PRINT
2520 FOR A =1 TO 71
2540 PRINT "-";
2560 NEXT A
2600 PRINT "QUIERES QUE PERFORE LAS IMPEDANCIAS > ";
2620 INPUT A$
2640 IF A$="NO" THEN 2920
2660 PRINT "PRENDE LA PERFORADORA POR FAVOR";
2680 ENTER D,D1,D2
2720 FOR I= 1 TO 15
2740 PRINT
2760 NEXT I
2780 FOR I = 1 TO N2
2800 PRINT 6000+10*I; " DATA";K(I);",";2*Z(I,I)
2820 NEXT I
2840 FOR I=1 TO 15
2860 PRINT
2880 NEXT I
2900 ENTER D,D1,D2
2920 PRINT
2940 STOP
3000 REM SUBROUTINA ---- Z-BUS----
3020 FOR J=1 TO L
3040 Z(L,J)=0
3050 Z(J,L)=0
3060 NEXT J
3080 IF Q(I)<>I4 THEN 3180
3100 P = Q(I)
3120 Q(I) = P(I)
3140 P(I) = P
3160 GOTO 3720
3180 IF P(I) = I4 THEN 3720
3200 IF L1 <=0 THEN 3720
3210 B = 0
3220 A = 1
3240 FOR J = 1 TO L1
3260 IF I(J) = P (I) THEN 3640
```

```
3280 NEXT J
3300 IF B = 0 THEN 3640
3320 IF I + A > N1 THEN 3600
3340 P = P(I+A)
3360 P(I+A)=P(I)
3380 P(I) = P
3400 P = Q(I+A)
3420 Q(I+A) = Q(I)
3440 Q(I) = P
3460 A = A+1
3470 B=0
3480 GOTO 3240
3500 P = Q(I)
3520 Q(I) = P(I)
3540 P(I) = P
3560 B = 1
3580 GOTO 3240
3600 PRINT "ERROR. HAY DOS O MAS REDES AISLADAS "
3620 STOP
3640 LET M=J
3660 FOR J = 1 TO L
3680 Z(J,L) = Z(L,J)+Z(J,M)
3690 Z(L,J) = Z(J,L)
3700 NEXT J
3720 Z(L,L)=Z(L,L)+X(I)
3740 IF L1 <=0 THEN 3820
3760 FOR J = 1 TO L1
3780 IF I(J)=Q(I) THEN 3880
3800 NEXT J
3820 I(L) = Q(I)
3840 L = L + 1
3860 RETURN
3880 N = J
3900 FOR J = 1 TO L1
3920 Z(J,L) = Z(L,J) - Z(N,J)
3930 Z(L,J)=Z(J,L)
3940 NEXT J
3960 IF P(I)=I4 THEN 4020
3980 Z(L,L) = Z(M,L) - Z(N,L) + X(I)
4000 GOTO 4040
4020 Z(L,L) = -Z(N,L) + X(I)
4040 FOR J = 1 TO L1
4060 FOR K = 1 TO L1
4080 Z(J,K)=Z(J,K) - Z(J,L)*Z(K,L)/Z(L,L)
4100 NEXT K
4120 NEXT J
4140 RETURN
5000 REM SUBROUTINA --- ORDEN ---
5020 FOR I = 1 TO N2
5040 FOR K = 1 TO N2
5060 IF I(K) = K(I) THEN 5120
5080 NEXT K
5100 GOTO 9000
5120 K2 =I(I)
5140 I(I) = I(K)
```

```
5160 I(K) = K2
5180 FOR J = 1 TO N2
5200 Y = Z(I,J)
5220 Z(I,J) = Z(K,J)
5240 Z(K,J) = Y
5260 NEXT J
5280 FOR J = 1 TO N2
5300 Y = Z(J,I)
5320 Z(J,I) = Z(J,K)
5340 Z(J,K) = Y
5360 NEXT J
5380 NEXT I
5400 RETURN
6000 DATA 0, 3, 4
6010 DATA 1, 2, 3
7010 DATA 0, 1, .1
7020 DATA 0, 3, .2
7030 DATA 1, 2, .5
7040 DATA 2, 3, .4
9000 PRINT "EL NODO ";K(I); " ES UN NODO AISLADO "
9999 END
```

## **BIBLIOGRAFIA**

BIBLIOGRAFIA

- 1) Normas Técnicas Para Instalaciones Eléctricas. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Edición 1981.
- 2) Adiciones, Modificaciones y Aclaraciones a las Normas Técnicas Para Instalaciones Eléctricas Edición 1981. Diario Oficial del 23 de Abril de 1985.
- 3) Acuerdo del Diario Oficial del 14 de Junio de 1984.
- 4) Acuerdo del Diario Oficial del 30 de Junio de 1986.
- 5) Western System Coordinating Council. Interactive Power Flow System. Training Guide. Version 2.00.
- 6) Manual de Diseño de Subestaciones. Capítulo IV. Diseño de Redes de Tierra. Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S.A. Gerencia de Planeación e Ingeniería. Departamento de Ingeniería Eléctrica. 1975.
- 7) Análisis de Flujos en Sistemas de Potencia. Daniel Zavala Maldonado. U.N.A.M. Tesis. 1970.
- 8) Análisis de Fallas en Sistemas de Potencia. Rafael Guerrero Cepeda. Comisión Federal de Electricidad. Gerencia de Estudios. 1973.
- 9) Electric Power Distribution for Industrial Plants. IEEE Std. 141. 1969.
- 10) IEEE Recommended Practice for Electric Systems in Health Care Facilities. ANSI/IEEE Std. 602. 1966.
- 11) ANSI/IEEE Std. 446-1980, Recommended Practice for Emergency and Standby Systems for Industrial and Commercial Applications.
- 12) ANSI/NFPA 70-1984, National Electric Code.
- 13) IEEE Std. 399-1980, Recommended Practice for Industrial and Commercial Power Systems Analysis.
- 14) ANSI/IEEE 739-1984. IEEE Recommended Practice for Energy Conservation and Cost Effective Planning in Industrial Facilities.
- 15) James Martin, Design of Man-Computer Dialogues. Prentice Hall. 1973.
- 16) W. J. Meehan, J. F. Bates, Computerized Auxiliary Electric System Design and Analysis. IEEE Winter Power Meeting. Art. 81 WM 166-B.



- 17) W. J. Meehan, J. F. Bates, J. E. Mulgrew, Computerized Circuit and Race way Management. IEEE Winter Power Meeting. Art. FB0 194-1.
- 18) D. M. Crawford, S. B. Holt Jr., "A Mathematical Optimization Technique for Locating and Sizing Distribution Substations and Deriving their Optimal Service Areas". IEEE/PES Trans. Vol. 94, No. 2. 1975.
- 19) D. L. Wall, G. L. Thompson, J. E. D. Northcote-Green. "An Optimization Model for Planning Radial Distribution Networks". IEEE/PES Trans. Vol. PAS 98, No. 3, 1979.
- 20) Applications Software Today. BYTE Bonus Edition. Summer 1987.
- 21) Arthur Freund. Computerizing Building Distribution Data. Electrical Construction and Maintenance, Marzo, 1974.
- 22) F. Aboytes, R. Cristerna, J. Frias, F. Lara, J. Ramirez, E. Salinas, C. Urdaibay, G. Zagal. Modelo para la Evaluación del Comportamiento de Sistemas Eléctricos "VALRED". Comisión Federal de Electricidad. Gerencia de Estudios. Departamento de Metodología. Art. No. AJBBA/83/08.
- 23) T. Carrera, C. Urdaibay. Modelo para Cálculo de la Confiabilidad en Subestaciones. Comisión Federal de Electricidad. Gerencia de Estudios. Departamento de Metodología. Art. No. AJBBA/77/9.
- 24) D. W. Vass, M. M. Price, J. G. Dalton, S. G. Whisenant. ASDOP - An Auxiliary System Design Optimization Program. IEEE/PAS Trans. Vol. PAS - 98, No. 4, 1979.
- 25) L. H. Ruhlen, P. R. Shire, Optimal Circuit Routing By Dynamic Programming. Power Industrial Computer Applications Conference (PICA), Pittsburgh, Mayo 15, 1967, pp. 291-301.
- 26) Enver Masud. "An Interactive Procedure for Sizing and Timing Distribution Substations Using Optimization Techniques". IEEE PES Winter Power Meeting, 1974. Art. T74, 142-6.
- 27) Manuales de los Programas de Computadora "IBM Assistant Series".
- 28) Industrial Power Systems Data Book. General Electric. 1968.
- 29) Apple Pascal: A hands on Approach. Arthur Luehmann & Herbert Pechham. Mc. Graw Hill Book Company. 1981.

**FE DE ERRATAS:**