

T  
621.31  
P811  
C.2



# ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

## Facultad de Ingeniería en Electricidad



“EVALUACION DE LA CONFIABILIDAD EN  
SISTEMAS DE GENERACION UTILIZANDO  
UN COMPUTADOR PERSONAL”

### TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:  
**INGENIERO EN ELECTRICIDAD**

Especialización: **POTENCIA**

Presentada por:  
**Alvaro Pontón F.**

Guayaquil - Ecuador

1989

## **AGRADECIMIENTO**

**AL ING. CRISTOBAL MERA**

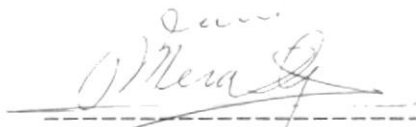
Director de Tesis, por su ayuda  
y colaboración para la  
realización de este trabajo:

## DEDICATORIA

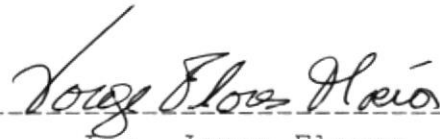
A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

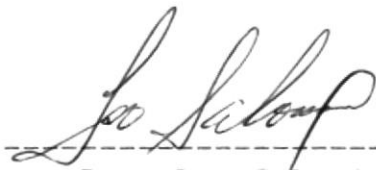
A MIS AMIGOS



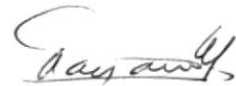
Ing. Cristobal Mera G.  
Director de tesis.



Ing. Jorge Flores.  
Sub-decano de la Facultad  
de Ingeniería Eléctrica.



Ing. Leo Salomón F.  
Miembro del Tribunal.



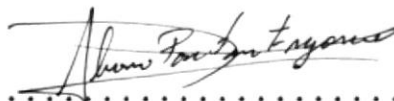
Ing. José Layana Ch.  
Miembro del Tribunal.



## DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionatles de la ESPOL).



.....  
Alvaro Francisco Pontón Frugone.



BIBLIOTECA

## RESUMEN

Se han desarrollado diferentes métodos basados en análisis probabilístico para evaluar la confiabilidad de los sistemas de generación, siendo los más importantes, el L.O.L.P., el método de frecuencia y duración, el Método de Montecarlo, el E.U.E. y otros. Todos estos métodos entregan como resultado una probabilidad que se asocia con una determinada pérdida de carga, sin embargo, el método de frecuencia y duración entrega dos valores adicionales que son indicativos de la frecuencia con que se espera que se presente un estado de pérdida de carga y de cuanto tiempo se espera que dure dicho estado.

El procedimiento óptimo para evaluar la frecuencia y duración, lo constituye el modelo de MARKOV, el cual presenta algunas limitaciones. Para resolverlo existen algunos métodos que van desde el desarrollo gráfico hasta el balance de frecuencias, pasando por la matriz de transición y otros. Todos estos métodos requieren de una capacidad muy grande de memoria cuando los sistemas pasan de cierta dimensión. Para evitar este problema, se desarrolló un procedimiento alternativo basado en el método de balance de frecuencias pero que permite evaluar el sistema nivel por nivel.

Una rutina va ordenando los estados según la capacidad en línea, a la vez que fusiona los estados que representan igual capacidad y desecha los estados con baja probabilidad.

En lo referente a la carga se utiliza un modelo discreto de dos niveles de carga: un nivel base, el cual se mantiene para todos los ciclos de carga, y un nivel pico, el cual es característico de cada ciclo. Cuando se han desarrollado los modelos de carga y generación, se los confronta entre sí para obtener los márgenes de generación con su respectiva probabilidad y la probabilidad acumulada, la frecuencia y duración y para finalizar archivando los resultados en el soporte de disco empleando archivos de acceso secuencial.

Para facilitar el manejo de archivos se divide el programa en dos partes: un programa maestro, con el cual es posible crear los archivos de datos, listar datos o resultados, corregir datos, etc.; y, un subprograma destinado a la evaluación propiamente tal, cuyos resultados se registran en archivos de acceso secuencial para luego ser listados mediante el programa maestro.

## INDICE GENERAL

	Pag.
RESUMEN .....	VI
INDICE GENERAL.....	VIII
INDICE DE FIGURAS .....	X
INTRODUCCION .....	12
I. GENERALIDADES	
1.1. Confiabilidad .....	15
1.2. Indices de confiabilidad .....	17
II. EL MODELO DE MARKOV	
2.1. Descripción .....	19
2.2. Limitaciones .....	21
2.3. Aplicación como modelo de generación .....	22
2.4. Métodos de resolución .....	24
2.4.1. Método gráfico .....	24
2.4.2. Matriz de transición .....	28
2.4.3. Balance de frecuencias .....	34
III. LA CARGA DEL SISTEMA	
3.1. Diferentes modelos de carga .....	39
3.2. Descripción del modelo escogido .....	42
IV. DESARROLLO DEL MODELO	
4.1. Desarrollo del modelo de generación .....	45
4.2. Algoritmo de solución del modelo de generación .....	49

4.3. Desarrollo del modelo de carga .....	50
4.4. Algoritmo de solución del modelo de carga ..	52
V. INDICES DE FRECUENCIA Y DURACION	
5.1. Introducción .....	53
5.2. Método de evaluación .....	54
5.3. Algoritmo de evaluación .....	57
5.4. Confiabilidad en términos de frecuencia y duración .....	58
VI. PROGRAMACION	
6.1. Estructura del programa .....	60
6.2. Archivos auxiliares .....	62
6.3. Interpretación de resultados .....	63
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	66
APENDICES	
A.- Diagramas de flujo .....	69
B.- Manual de operación .....	85
C.- Ejemplo de entrada de datos .....	101
D.- Ejemplo de salida de datos .....	107
E.- Listado .....	112
BIBLIOGRAFIA .....	130

## INDICE DE FIGURAS

Fig.	2.1.	Diagrama de estados para sistema de tres componentes .....	20
	2.2.	Agrupación de estados de igual capacidad.....	24
	2.3.	Diagrama de estados para sistema de dos componentes .....	25
	2.4.	Esquema de árbol para sistema de dos componentes .....	27
	2.5.	Transiciones relacionadas con un estado .....	35
	3.1.	Gráfica de la duración de los picos diarios de carga .....	40
	3.2.	Gráfica de una curva de carga diaria discretizada a dos niveles .....	41
	3.3.	Estructura de un ciclo de carga de dos niveles .....	42
	3.4.	Sucesión aleatoria de ciclos de carga .....	43
	3.5.	Representación gráfica del modelo de carga .....	44
	4.1.	Diagrama de estados para sistema de una unidad ..	46
	4.2.	Diagrama de flujo para algoritmo de solución del modelo de generación .....	49
	4.3.	Diagrama de flujo para algoritmo de solución del modelo de carga .....	52
	5.1.	Diagrama de flujo para la convolución de los modelos de carga y generación .....	57

B.1. Pantalla de presentación .....	86
B.2. Seleccionando soporte de datos .....	88
B.3. Menú de rutinas .....	89
B.4. Menú de archivos .....	90
B.5. Funciones de la rutina archivos .....	91
B.6. Modelo de índice de archivos .....	91
B.7. Publicación de datos por pantalla .....	92
B.8. Publicación de datos por papel .....	93
B.9. Rutina para borrar archivos .....	94
B.10. Menú de datos .....	94
B.11. Funciones de la rutina de datos .....	95
B.12. Edición de datos .....	96
B.13. Evaluación .....	97
B.14. Modelo de generación .....	98
B.15. Evaluación del modelo de carga .....	99
B.16. Convolución de modelos de generación y carga ....	99
B.17. Márgenes de generación con probabilidad acumulada	100
C.1. Ingresando datos de carga .....	103
C.2. Datos de carga .....	104
C.3. Datos de generadores .....	106
D.1. Reporte reducido del modelo de generación .....	108
D.2. Reporte final de modelo de carga .....	109
D.3. Reporte reducido del modelo completo .....	110
D.4. Síntesis final del modelo completo .....	111

## INTRODUCCION

Se dice que los primeros intentos por desarrollar una teoría de confiabilidad pueden remontarse a los tiempos de la segunda guerra mundial, donde la primera evaluación de confiabilidad se realizó para explicar la baja eficiencia de los misiles alemanes V1 y V2, los cuales fueron contruidos con un sinnúmero de componentes considerados altamente confiables. En ese entonces era difícil aceptar el hecho de que un sistema en el cual todos sus componentes son altamente confiables, pueda tener una eficiencia tan baja. Hoy sabemos a ciencia cierta que la confiabilidad de un sistema es igual al producto de la confiabilidad de cada uno de sus componentes.

Después de la guerra, los primeros estudios serios en materia de confiabilidad se aplicaron a las industrias electrónicas, nucleares y espaciales; en las cuales se demandaba una alta confiabilidad debido a que la complejidad de los sistemas se iba incrementando día a día; sinembargo estas teorías se basaban únicamente sobre componentes no reparables. Con el paso del tiempo se profundizan los estudios de confiabilidad extendiendolos hacia más aplicaciones incluyendo sistemas de componentes reparables y no reparables.



Los estudios orientados hacia la evaluación de la capacidad de generación de reserva fue desarrollada posteriormente debido a que era evidente la necesidad de incluir un procedimiento estadístico. En este sentido aparece la primera contribución significativa en 1947 aunque con modelos matemáticos comparativamente simples basados en la pérdida de carga.

Con los resultados obtenidos se organizó un compendio de reportes de la AIEE, y algunos de los métodos se fueron perfeccionando y, para los años sesenta, ya eran procedimientos rutinarios en varias aplicaciones. En aquel tiempo se comienzan a extender las investigaciones de confiabilidad hacia los sistemas de transmisión y distribución empleando técnicas analíticas más complicadas; así aparece el proceso de Markov que pronto se utilizó para modelar el sistema de generación. Las primeras publicaciones en este ámbito datan de 1964.

Los estudios en materia de confiabilidad aplicados a sistemas de potencia reciben un nuevo impulso en 1965 a raíz de que se presentara una falla que abarcó una extensa zona en el nordeste de Estados Unidos y el este de Canadá, la cual duró varias horas. Como consecuencia de este incidente, algunos grupos interconectados deciden formar las llamadas Agencias de Coordinación, las cuales se

dedican a coordinar los planes de expansión y los procedimientos de operación de numerosos sistemas de potencia y a promover el desarrollo de métodos y criterios de confiabilidad. Así se desarrolla el método de frecuencia y duración hacia fines de los años sesenta.

Mientras en América del norte se perfeccionaban los modelos probabilísticos, en los países europeos se desarrollaban las técnicas de simulación como el método de Monte-Carlo, sin embargo ambas metodologías coinciden en obtener una probabilidad de expectación asociada con la confiabilidad del sistema de potencia que se está analizando.

## CAPITULO I

### GENERALIDADES

#### **1.1. Confiabilidad.**

Se dice que un sistema es confiable si ha tenido una vida útil superior a un cierto promedio esperado. Las expectativas con que se juzga la confiabilidad de un sistema debe ser ajustada según la eficiencia de la función o trabajo que éste realiza. La confiabilidad se considera alta si repetidamente el sistema ha tenido un rendimiento satisfactorio; y, es considerada baja, cuando tiende a fallar en repetidas ocasiones.

De lo anterior se desprende el hecho de que la confiabilidad es un valor estadístico, y es posible estimar en que medida puede esperarse un desempeño satisfactorio del sistema, o con que frecuencia puede esperarse una falla del mismo. En aplicaciones técnicas, no basta una noción vaga sobre confiabilidad, es necesario asociarla con un valor numérico, esto es,



debe disponerse de procedimientos por los cuales sea factible correlacionarla con una escala numérica, de esta forma se dice que la confiabilidad puede medirse.

Considerando lo anterior podemos definir la confiabilidad en los siguientes términos: Confiabilidad es la probabilidad de que un dispositivo o sistema desarrolle sus funciones adecuadamente, en un período de tiempo indicado.

Cabe destacar el hecho de que la confiabilidad se define en términos del concepto matemático de probabilidad, y además considera un período de tiempo debidamente seleccionado. Este concepto es aplicable sólo a sistemas no reparables.

En el caso de tener sistemas que pueden ser reparados y continuar en servicio una vez superada la falla, la confiabilidad debe ser expresada como una medida diferente a lo analizado anteriormente; surge entonces el concepto de disponibilidad y, se lo define de la siguiente manera:

La disponibilidad de un sistema reparable es la proporción de tiempo que ha funcionado en un período largo de trabajo.

## 1.2. Índices de confiabilidad.

El concepto de índices de confiabilidad tiene como finalidad el facilitar la aplicación de la teoría en la evaluación de la confiabilidad. Estos índices se pueden agrupar en cuatro categorías, a saber: probabilidad, frecuencia, duración, expectación.

Algunos de estos índices se aplican sólo a sistemas reparables y, son cantidades probabilísticas dada la imposibilidad de hacer proyecciones exactas, por cuanto al referirse a eventos futuros sólo podemos hablar de promedios y de posibilidades de cada alternativa.

Se mencionó antes que para sistemas reparables se aplica el término disponibilidad, sin embargo es costumbre hablar de confiabilidad en sistemas de potencia a pesar de ser reparables por naturaleza.

La confiabilidad en sistemas de suministro de electricidad se ha definido como la probabilidad de que los usuarios dispongan de un servicio continuo de calidad satisfactoria. La calidad del servicio se refiere a la frecuencia y el voltaje que suministra el sistema, éstos deben permanecer dentro de ciertas tolerancias permisibles.

Los índices de confiabilidad más utilizados en la evaluación de sistemas de potencia son los siguientes:

Probabilidad de pérdida de carga (LOLP).

Indica la posibilidad de que la carga del sistema supere la capacidad de generación disponible, asumiendo que el pico de carga en cada día permanece durante todo el día.

Índice de interrupción de carga.

Señala la cantidad promedio de carga interrumpida por unidad de carga servida.

Índice de frecuencia de interrupción.

Señala el número promedio de interrupciones experimentadas por los usuarios en la unidad de tiempo.

Índice de duración de interrupción.

Indica la duración promedio de interrupciones durante un período específico de tiempo.

## CAPITULO II

### EL MODELO DE MARKOV

#### 2.1.Descripción.

El modelo de Markov es un procedimiento sencillo que por sus características es fácil de aplicar en muchos sistemas reparables constituidos por varios componentes. Para desarrollar el modelo de Markov se introduce el concepto de estados del sistema; cada uno de estos estados corresponde a una configuración en particular de la condición de falla o disponibilidad de los componentes del sistema.

Generalmente se designa cada estado con un código numérico, siendo lo usual utilizar un código binario que corresponda a la condición de falla o disponibilidad de cada uno de los componentes. Para facilitar la notación se convierte el código binario en su equivalente decimal como se muestra en la figura (2.1).

El modelo requiere de dos datos para cada componente: La tasa de fallas, la cual indica el promedio de fallas que se esperan para un período de tiempo determinado de operación; y, la tasa de reparaciones, la cual indica el promedio de reparaciones que es posible llevar a cabo en un determinado período de operación. A fin de facilitar la notación, se utilizan respectivamente los símbolos (L-) y (L+) con un subíndice que representa al componente al cual se hallan vinculadas.

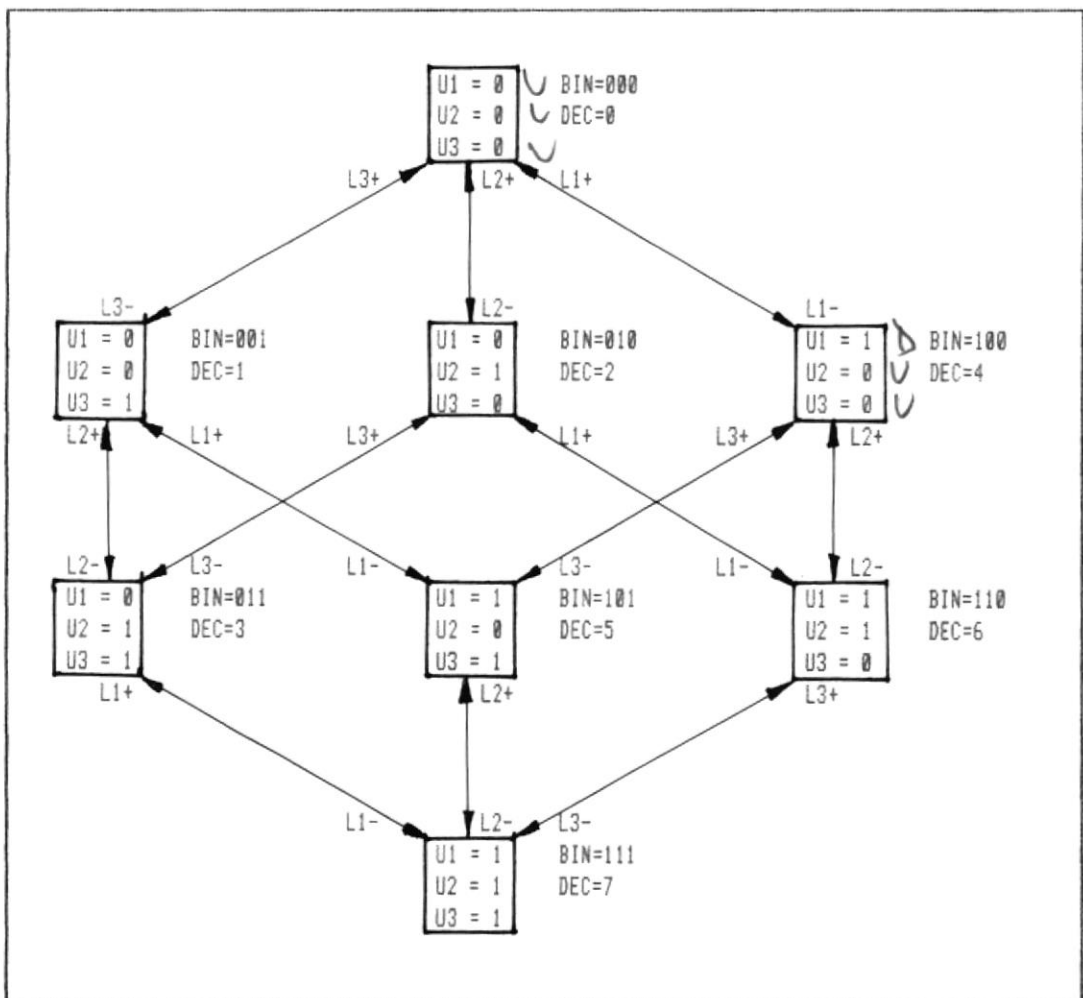


Figura 2.1. Diagrama de estados para sistema de tres componentes ( 0=Disponible - 1=Falla)



La representación gráfica del modelo de Markov es el diagrama de estados. Para construir este diagrama, cada estado debe ser representado como un bloque en cuyo interior se especifica cuales unidades estarían disponibles y cuales estarían deshabilitadas, cuando el sistema se encuentre en dicho estado. Cada bloque se interconecta con los demás bloques mediante nexos dirigidos que representan a las respectivas tasas de transición.

## 2.2.Limitaciones.

Se señaló anteriormente que el modelo de Markov se utiliza para modelar muchos sistemas reparables y no reparables, cabe ahora insistir en el hecho de que no todos los sistemas tienen las condiciones necesarias para que el modelo de Markov sea aplicable; el procedimiento tiene algunas limitaciones y, por consiguiente es necesario aceptar algunos criterios que no necesariamente se cumplen en la realidad, aproximando el sistema real a un modelo idealizado donde supuestamente se cumplen las siguientes condiciones:

- a ) Las tasas de falla o de reparación que cuantifican la transición de un estado a otro, son valores que no cambian durante todo el período de evaluación.

- b ) Sólo puede fallar o entrar en servicio un componente a la vez, es decir, se descarta la transición simultánea de dos o más unidades y por consiguiente, no existe nexo entre dos estados que se diferencien por la condición de más de un componente.
  
- c ) Se espera que un componente reparado sea tan confiable como un componente nuevo.
  
- d ) Cada componente puede encontrarse sólo en una de las dos condiciones ya sea falla ó disponibilidad y su condición es independiente de la falla ó disponibilidad de los demás componentes del sistema.

### 2.3. Aplicación como modelo de generación.

El modelo de Markov se ajusta muy adecuadamente a las necesidades de un sistema de potencia para plantear y resolver el modelo de generación. Todo sistema de potencia está constituido por barras de generación y de carga interconectadas mediante líneas de transmisión, las cuales se asume que tienen capacidad infinita y confiabilidad absoluta y por lo tanto, no son incluidas en la evaluación.



Así representamos todo el sistema de generación como una barra única donde convergen todas las unidades de generación y las cargas del sistema. Cada unidad de generación se considera como un componente del sistema de generación y, dado que cada unidad posee una capacidad nominal, entonces cada estado del sistema representa una determinada capacidad disponible. Se agrupan los estados que representan igual capacidad de generación, aplicando las siguientes reglas:

- a ) La capacidad del estado agrupado es igual a cualquiera de los estados que se agrupan.
- b ) La probabilidad asignada al estado agrupado es igual a la suma de las probabilidades individuales de los estados que se agrupan.
- c ) La tasa de transición equivalente es un promedio ponderado de las tasas de los estados que se agrupan.

Para ilustrar lo anterior recurrimos a la figura (2.2). Aplicando las fórmulas siguientes es posible reducir el modelo de generación a un modelo pequeño en el cual los estados representan grupos de igual capacidad, con nueva probabilidad y tasa de transición equivalentes.

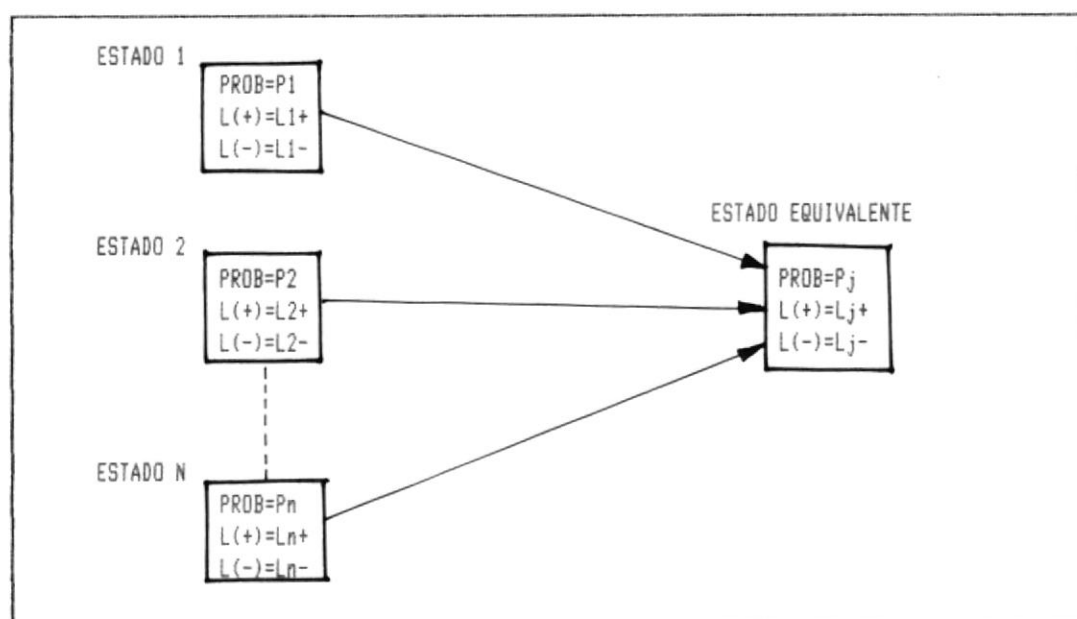


Figura 2.2. Agrupacion de estados de igual capacidad

$$P_j = \sum_{i=1}^N P_i$$

$$L_j = \frac{\sum_{i=1}^N P_i * L_i}{P_j}$$

#### 2.4. Métodos de resolución.

Existen algunos métodos para resolver el modelo de Markov, los más comunes y fáciles de aplicar detallaremos a continuación:

##### 2.4.1. Método gráfico.

En este método se pretende modelar el sistema paso por paso, formando un árbol con los estados que

son factibles encontrar a medida que el desarrollo avanza. Como ejemplo tomemos un sistema que posee dos componentes como se muestra en la figura (2.3).

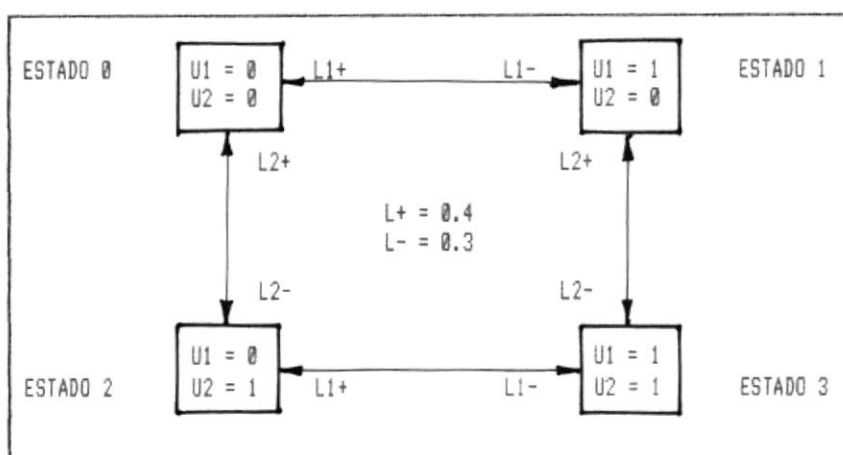


Figura 2.3. Diagrama de estados para sistema de dos componentes

Partiendo del estado cero, en la siguiente etapa el sistema puede encontrarse en cualquiera de los tres estados 0,1,2, cada uno de ellos es punto de partida para la siguiente etapa, obteniéndose un desarrollo en forma de árbol como se muestra en la figura (2.4).

Basados en la tasa de transición es factible asociar un valor de probabilidad para cada camino que conduce de una etapa a otra. La suma de probabilidades de todos los estados en cada etapa es siempre igual a uno.

La probabilidad para cada estado se evalúa multiplicando la probabilidad del estado anterior del cual proviene por el valor probabilístico asignado al camino que los une.

Por ejemplo, refiriéndonos a la misma figura (2.4), en la etapa cero, partimos del estado cero con una probabilidad real de uno dado que es el único estado de esa etapa.

Al pasar a la etapa uno, el sistema puede hallarse en cualquiera de los estados cero, uno, dos, y la probabilidad de que en la etapa uno se de el estado cero será la probabilidad del estado del cual proviene en la etapa anterior (en este caso, el estado cero con probabilidad 1), multiplicada por la probabilidad asignada al camino que los une (0.4 en gráfico ).

En la etapa dos existen ya tres caminos diferentes para llegar al estado cero, entonces, la probabilidad de que se de el estado cero en la segunda etapa será igual a la suma de los resultados obtenidos en cada uno de los tres caminos. Así:

$$P(0) = 0.4 \times 0.4 + 0.4 \times 0.3 + 0.4 \times 0.3 = 0.4$$

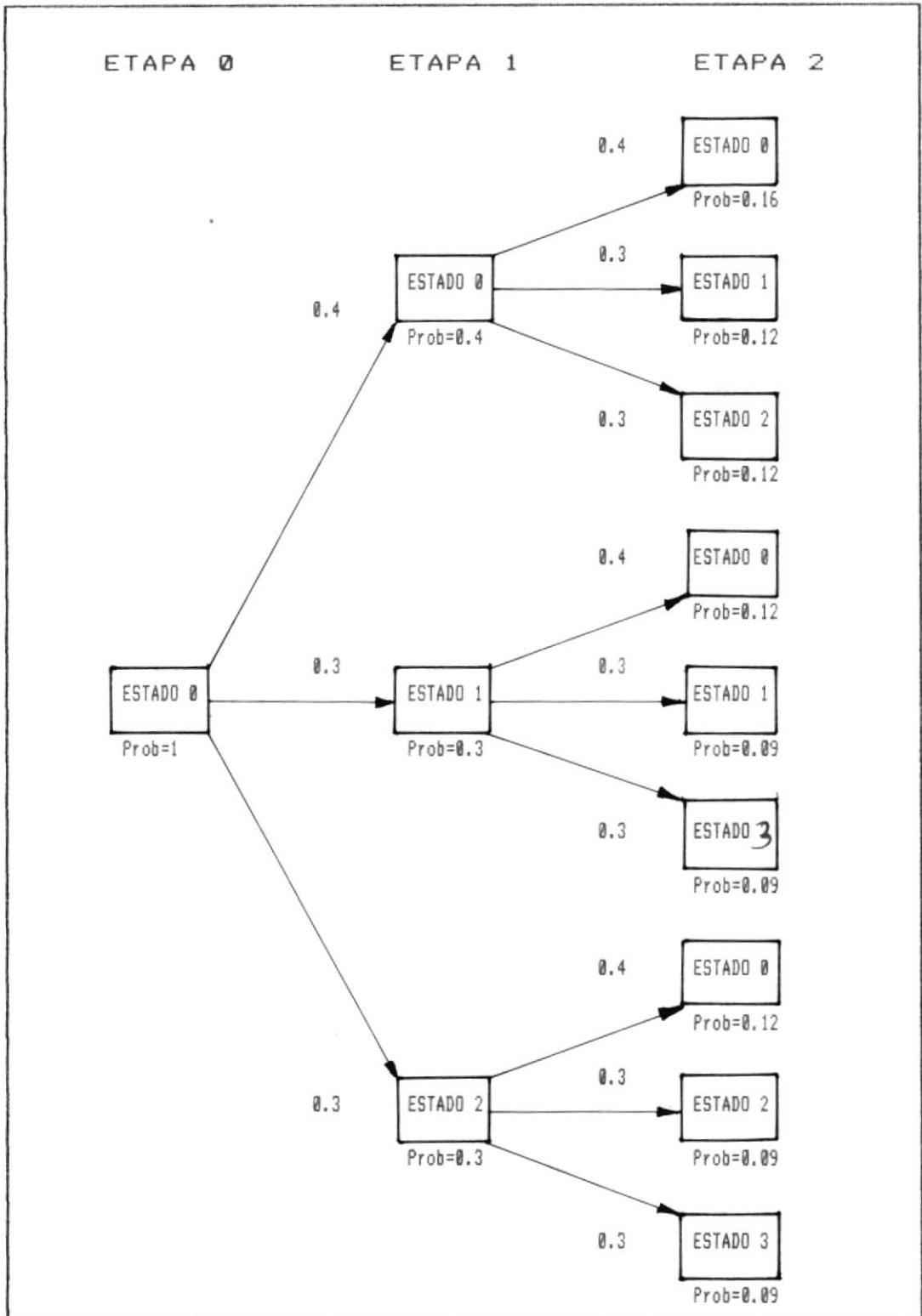


Figura 2.4. Esquema de arbol para sistema de dos componentes

Evaluando para cada estado en cada etapa tenemos la siguiente tabla, en la cual los valores van cambiando etapa a etapa, pero a medida que se avanza en el desarrollo, tienden a estabilizarse obteniéndose probabilidades que convergen hacia los resultados que se obtienen por métodos puramente analíticos.

	ETAPA 0	ETAPA 1	ETAPA 2
ESTADO 0	1	0.4	0.4
ESTADO 1	0	0.3	0.21
ESTADO 2	0	0.3	0.21
ESTADO 3	0	0	0.18

Tabla 2.1. Probabilidad de cada estado en las tres primeras etapas

#### 2.4.2. Matriz de transición

Otro método para resolver el modelo de Markov consiste en aplicar la matriz de transición. Este procedimiento analítico está relacionado con el procedimiento gráfico visto en la sección anterior.



La matriz de transición se obtiene a partir de las tasas de transición de las rutas que conducen de un estado hacia otro.

A cada una de las filas de la matriz asociamos un estado de partida y, en el mismo orden, a cada una de las columnas asociamos un estado de llegada. Así, en la fila uno columna dos, colocaremos la tasa de transición de la ruta que parte del estado uno y llega al estado dos.

En cada fila, la suma de todos los términos que la integran debe ser igual a uno, por consiguiente, en la diagonal principal de la matriz se colocará la diferencia, la cual señala la probabilidad de permanecer en el estado indicado para la siguiente etapa.

Como ejemplo, utilizaremos el mismo sistema de la sección anterior; la matriz de transición (P) es la siguiente.

$$P = \begin{bmatrix} 1-(0.3+0.3) & 0.3 & 0.3 & 0 \\ 0.4 & 1-(0.4+0.3) & 0 & 0.3 \\ 0.4 & 0 & 1-(0.4+0.3) & 0.3 \\ 0 & 0.4 & 0.4 & 1-(0.4+0.4) \end{bmatrix}$$

Handwritten calculations:  
 $\frac{0.4}{0.16}$   
 $\frac{0.4}{0.12}$   
 $\frac{0.4}{0.12}$   
 $\frac{0.4}{0.12}$



Simplificando tenemos la matriz de transición con los siguientes valores:

$$P = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.3 & 0.3 & 0 \\ 0.4 & 0.3 & 0 & 0.3 \\ 0.4 & 0 & 0.3 & 0.3 \\ 0 & 0.4 & 0.4 & 0.2 \end{bmatrix}$$

(Handwritten values in a vertical oval: 0.4, 0.2, 0.4, 0)

Aplicando álgebra matricial es posible determinar la probabilidad de cada estado después de "n" etapas simplemente evaluando  $P^n$ . En la sección anterior obtuvimos para la segunda etapa los siguientes valores:

$$P(0) = 0.4$$

$$P(1) = 0.21$$

$$P(2) = 0.21$$

$$P(3) = 0.18$$

Por medio de la matriz de transición, resolviendo  $P^2$  tendremos:

$$P^2 = \begin{matrix} & \begin{matrix} (0) & (1) & (2) & (3) \end{matrix} \\ \begin{matrix} (0) \\ (1) \\ (2) \\ (3) \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0.40 & 0.21 & 0.21 & 0.18 \\ 0.28 & 0.33 & 0.24 & 0.15 \\ 0.28 & 0.24 & 0.33 & 0.15 \\ 0.32 & 0.20 & 0.20 & 0.28 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Observamos que en la fila cero tenemos los mismos resultados que obtuvimos en la sección anterior, y esto es lógico dado que partimos del estado cero. Si en la sección anterior hubiésemos tomado como punto de partida el estado uno, entonces los resultados obtenidos serían los de la fila uno en la matriz  $P^2$ .

Teóricamente es posible obtener el valor límite para cada estado simplemente al evaluar  $P^n$  para "n" lo suficientemente grande, pero en la práctica es una tarea larga más aún si pensamos resolver un sistema que posea diez o más componentes y, por ende, más de mil estados.

Para obtener el valor estable, se aplica el siguiente criterio: Si el valor límite es utilizado como punto de partida, se obtendrá como resultado el mismo valor límite.

Matemáticamente hablando, este valor es un vector " $\alpha$ " el cual, al ser multiplicado por la matriz de transición, da como resultado nuevamente el vector " $\alpha$ ":

$$\alpha * P = \alpha$$

Para nuestro ejemplo tenemos:

$$\alpha = \begin{bmatrix} P(0) & P(1) & P(2) & P(3) \end{bmatrix}$$

Aplicando el criterio  $\alpha P = \alpha$  tenemos:

$$\begin{bmatrix} P(0) & P(1) & P(2) & P(3) \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} .4 & .3 & .3 & 0 \\ .4 & .3 & 0 & .3 \\ .4 & 0 & .3 & .3 \\ 0 & .4 & .4 & .2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P(0) & P(1) & P(2) & P(3) \end{bmatrix}$$

Desarrollando tenemos:

$$\begin{aligned} 0.4 P(0) + 0.4 P(1) + 0.4 P(2) + 0 &= P(0) \\ 0.3 P(0) + 0.3 P(1) + 0 + 0.4 P(3) &= P(1) \\ 0.3 P(0) + 0 + 0.3 P(2) + 0.4 P(3) &= P(2) \\ 0 + 0.3 P(1) + 0.3 P(2) + 0.2 P(3) &= P(3) \end{aligned}$$

Este sistema de ecuaciones es linealmente dependiente, en consecuencia no tiene una solución única. Para poder resolver el sistema hace falta una ecuación adicional y reemplazarla por cualquiera de las ecuaciones del sistema. Esta ecuación adicional establece la condición trivial de que la suma de las probabilidades de todos los estados es igual a uno.

En el ejemplo:

$$P(0) + P(1) + P(2) + P(3) = 1$$

Simplificando el sistema tenemos:

$$-0.6 P(0) + 0.4 P(1) + 0.2 P(2) = 0$$

$$0.3 P(0) - 0.7 P(1) + 0.4 P(3) = 0$$

$$0.3 P(0) + 0.7 P(2) - 0.4 P(3) = 0$$

$$P(0) + P(1) + P(2) + P(3) = 1$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones tenemos:

$$P(0)=16/49 \quad P(1)=12/49 \quad P(2)=12/49 \quad P(3)=9/49$$

Aplicando la teoría podemos ampliar el análisis hacia la frecuencia y duración con que se presenta cada estado.

$$f(i) = P(i) * L(i)$$

$$d(i) = 1 / L(i)$$

$L(i)$  es la tasa de transición del estado "i"; matemáticamente es igual a la sumatoria de las tasas de transición de todas las rutas que parten de él .

En el ejemplo anterior:

$$\begin{aligned}
 L(0) &= (L1-) + (L2-) = 0.3 + 0.3 = 0.6 \\
 L(1) &= (L1+) + (L2-) = 0.4 + 0.3 = 0.7 \\
 L(2) &= (L1-) + (L2+) = 0.3 + 0.4 = 0.7 \\
 L(3) &= (L1+) + (L2+) = 0.4 + 0.4 = 0.8 \\
 f(0) &= P(0) L(0) = (16/49) 0.6 = 48/245 \\
 f(1) &= P(1) L(1) = (12/49) 0.7 = 6/35 \\
 f(2) &= P(2) L(2) = (12/49) 0.7 = 6/35 \\
 f(3) &= P(3) L(3) = (9/49) 0.8 = 36/245 \\
 d(0) &= 1 / L(0) = 1 / 0.6 = 1.6667 \\
 d(1) &= 1 / L(1) = 1 / 0.7 = 1.4285 \\
 d(2) &= 1 / L(2) = 1 / 0.7 = 1.4285 \\
 d(3) &= 1 / L(3) = 1 / 0.8 = 1.25
 \end{aligned}$$

#### 2.4.3. Balance de frecuencias.

Otro método analítico que facilita la evaluación del modelo de Markov es el denominado "balance de frecuencias".

Este método propone conformar una ecuación de frecuencia para cada estado partiendo del hecho de que la frecuencia con que un sistema entra en un determinado estado es siempre igual a la frecuencia con que el sistema sale de él.

Para un estado "i" que tuviera una tasa equivalente  $L(i)$  y que provenga desde  $m$  estados mediante diferentes tasas  $L(j)$ , entonces la ecuación de frecuencias para el estado "i" sería:

$$P(i) * L(i) = \sum_{j=1}^m P(j) * L(j)$$

En la figura (2.5) se ilustra el sistema descrito anteriormente. Cabe señalar que  $L_i$  es diferente de  $L(i)$ , dado que  $L_i$  es la tasa de transición de la unidad "i", mientras que  $L(i)$  es la suma de las tasas de transición de todas las rutas que salen del estado "i".

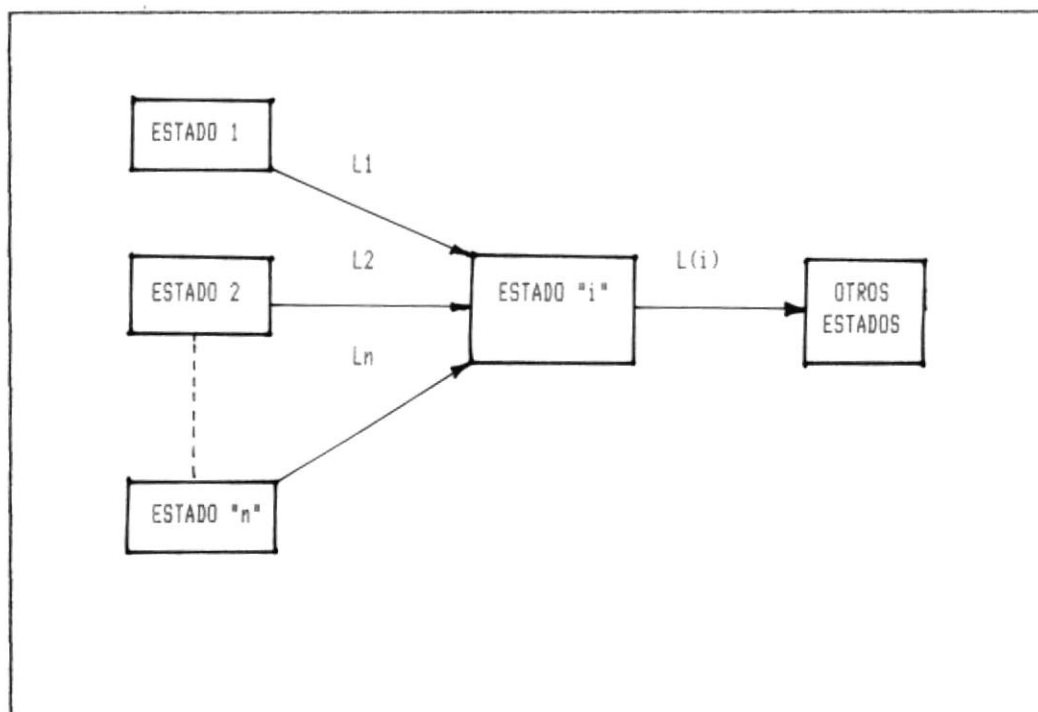


Figura 2.5. Transiciones relacionadas con un estado

Igual que en el método anterior, se obtiene un sistema de ecuaciones linealmente dependiente, el cual se puede resolver utilizando la ecuación adicional:

$$\sum_{i=1}^N P(i) = 1$$

Volviendo sobre el ejemplo anterior, obtenemos el siguiente sistema de ecuaciones:

$$P(0) L(0) = P(1) (L1+) + P(2) (L2+)$$

$$P(1) L(1) = P(0) (L1-) + P(3) (L2+)$$

$$P(2) L(2) = P(0) (L2-) + P(3) (L1+)$$

$$P(3) L(3) = P(1) (L2-) + P(2) (L1-)$$

Cambiando las tasas de transición por su respectivo valor numérico del ejemplo:

$$0.6 P(0) = 0.4 P(1) + 0.4 P(2)$$

$$0.7 P(1) = 0.3 P(0) + 0.4 P(3)$$

$$0.7 P(2) = 0.3 P(0) + 0.4 P(3)$$

$$0.8 P(3) = 0.3 P(1) + 0.3 P(2)$$

Además:

$$P(0) + P(1) + P(2) + P(3) = 1$$





Cambiando una ecuación cualquiera del sistema, por la ecuación adicional se obtienen los siguientes resultados:

$$P(\emptyset) = 16/49 \quad P(1) = 12/49$$

$$P(2) = 12/49 \quad P(3) = 9/49$$

Este resultado es igual al obtenido mediante la matriz de transición, pero no ofrece la ventaja de conocer la probabilidad de cada estado después de un determinado número de intervalos de tiempo como se puede hacer con el método de la matriz de transición; sin embargo, en análisis de confiabilidad no tiene verdadera importancia sino la probabilidad a largo plazo o, lo que es lo mismo, el valor límite.

Este método de balance de frecuencias se torna largo y complicado de resolver a medida que crece el sistema y se aumenta el número de ecuaciones. Deducir las ecuaciones de frecuencia para cada estado puede ser una tarea complicada y de difícil implementación para desarrollar en un computador. Además existe el inconveniente de que el sistema de ecuaciones es del orden "n x n", siendo "n" el número de estados que el sistema posee.

Si consideramos el hecho de que el sistema tiene 2 estados, donde "m" es el número de componentes del sistema, entonces es fácil imaginar los problemas que se presentarían al modelar un sistema que tenga 10 componentes; este sistema tendría 1024 estados y un sistema de ecuaciones con 1024 ecuaciones y 1024 variables, lo cual, en la práctica, no sería posible de memorizar en un computador personal, ¡cuanto más difícil un sistema que posea más de 10 componentes!.

Para evitar este problema de almacenamiento se desarrolló un algoritmo especial, el cual se describe en detalle en el capítulo cuatro.

## CAPITULO III

### LA CARGA DEL SISTEMA

#### 3.1. Diferentes modelos de carga.

En el sistema de generación, para facilitar el estudio de la carga, existen diversos modelos. A groso modo estos modelos pueden clasificarse en dos categorías: los modelos discretos y los modelos continuos.

Los modelos continuos son bastante conservadores, esto se debe al período de análisis, el cual, por lo general, suele ser por año, por mes, por semana, o por día, según el propósito del estudio; sea para planificación, en cuyo caso se utilizan períodos largos, o para operación, en cuyo caso se prefieren períodos cortos.

En planificación, el modelo continuo más utilizado es el de la variación de los picos diarios de carga, en este modelo se asume que la carga pico máxima de cada día se

ha mantenido durante las 24 horas del día, además, se ordenan los valores picos de mayor a menor, y como resultado se obtiene una gráfica parecida a la de la figura (3.1).

A menudo se acostumbra linealizar esta gráfica, lo cual facilita los cálculos especialmente cuando se utiliza un computador. Este tipo de modelos se aplican principalmente en la evaluación del LOLP el cual es un índice de confiabilidad bastante conservador, y que suele emplearse como primera aproximación, para establecer una referencia.

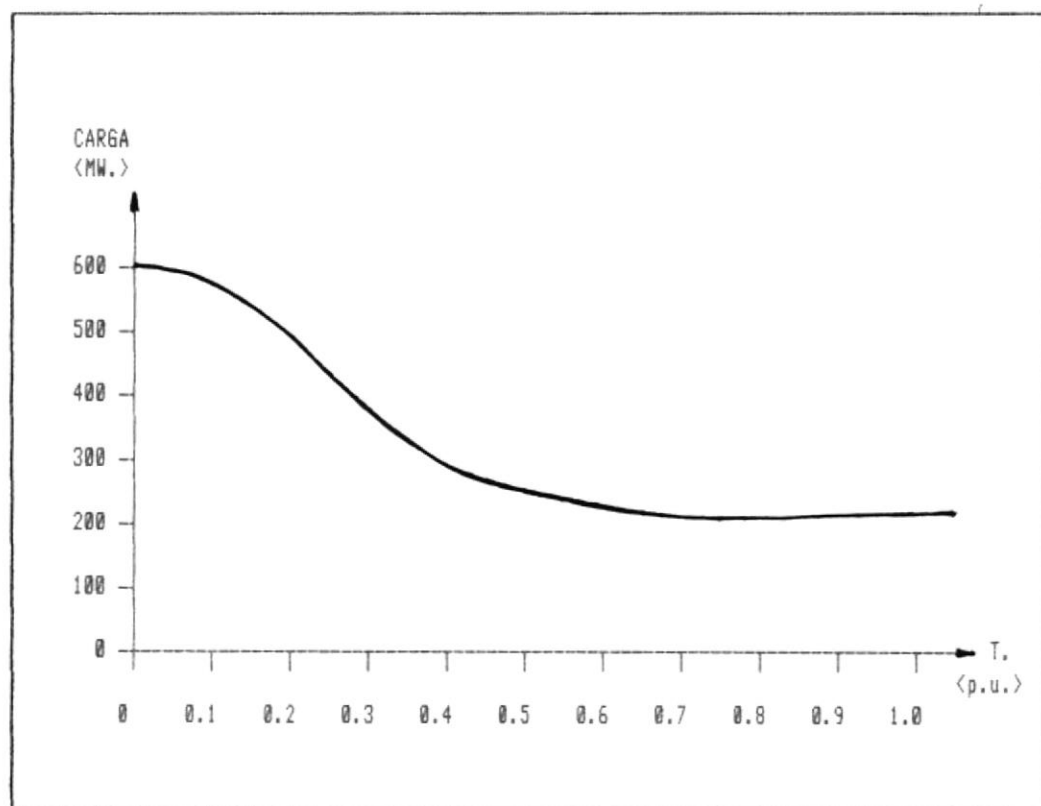


Figura 3.1. Gráfica de la duración de los picos diarios de carga.

Los modelos discretos se prestan más fácilmente a ser representados en un computador digital. En estos modelos se dividen los picos de carga en pasos, obteniéndose así, modelos como el que se muestra en la figura (3.2)

Los cálculos realizados con modelos discretos son más exactos debido a que se semejan más a una gráfica real. La precisión del modelo utilizado depende de la cantidad de niveles empleados al discretizar el esquema real, entre más niveles se utilicen, el modelo será más real, y los resultados obtenidos serán más certeros.

En el desarrollo de esta tesis empleamos un modelo discreto de dos niveles, el cual describiremos en la siguiente sección de este capítulo.

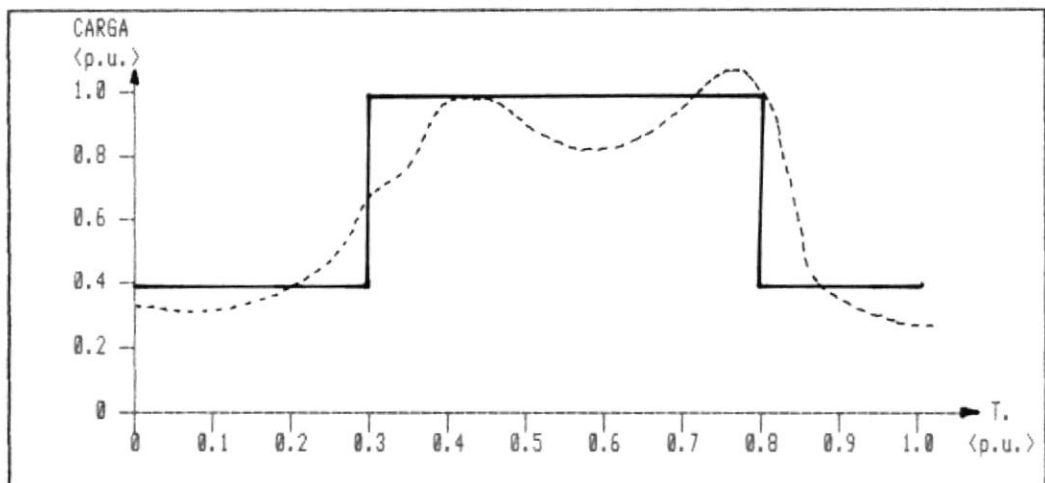


Figura 3.2. Gráfica de una curva diaria de carga discretizada a dos niveles.

### 3.2.Descripción del modelo escojido

Para representar la carga del sistema se ha seleccionado un modelo discreto, en el cual, para cada ciclo de carga se consideran dos niveles: un nivel de carga base y un nivel de carga pico.

En el modelo se admiten un número indefinido de ciclos diferentes, los cuales, se presume que se suceden de manera aleatoria, sinembargo, se conoce con que frecuencia se presentan todos y cada uno de los ciclos.

Un ciclo se diferencia de otro sóloamente por el nivel del pico de carga, dado que para el modelo todos los ciclos deben tener el mismo nivel base de carga y, la duración del pico debe ser la misma para todos los ciclos que intervienen en el modelo.

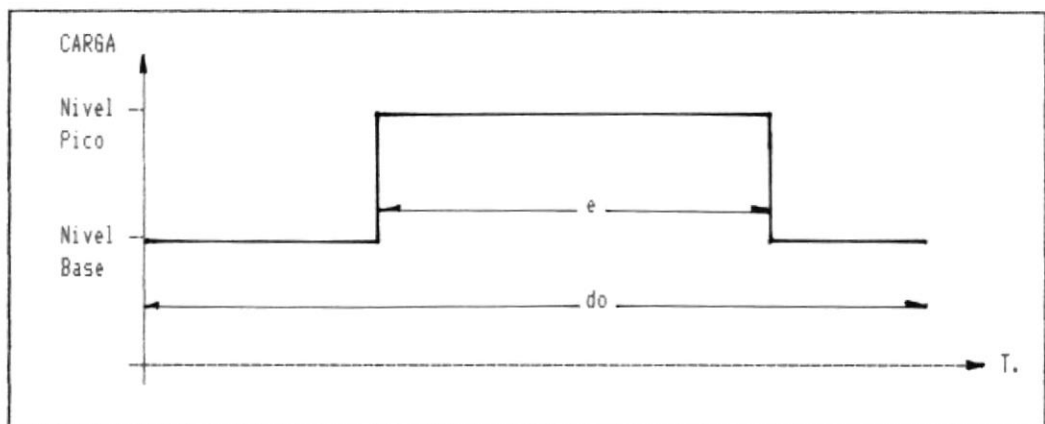


Figura 3.3. Estructura de un ciclo de carga de dos niveles.

Considerando lo anterior y, considerando además que cada estado del modelo representa un nivel diferente de carga, entonces podemos decir que el número de estados será igual al número de ciclos más un estado que represente al nivel base.

De manera general, un ciclo de carga se representa como en la figura (3.3), en todo caso, siempre el comportamiento real de los ciclos de carga será de manera tal que un pico de carga siempre seguirá a un nivel base, y un nivel base siempre seguirá a un nivel pico de carga, como se muestra en la figura (3.4).

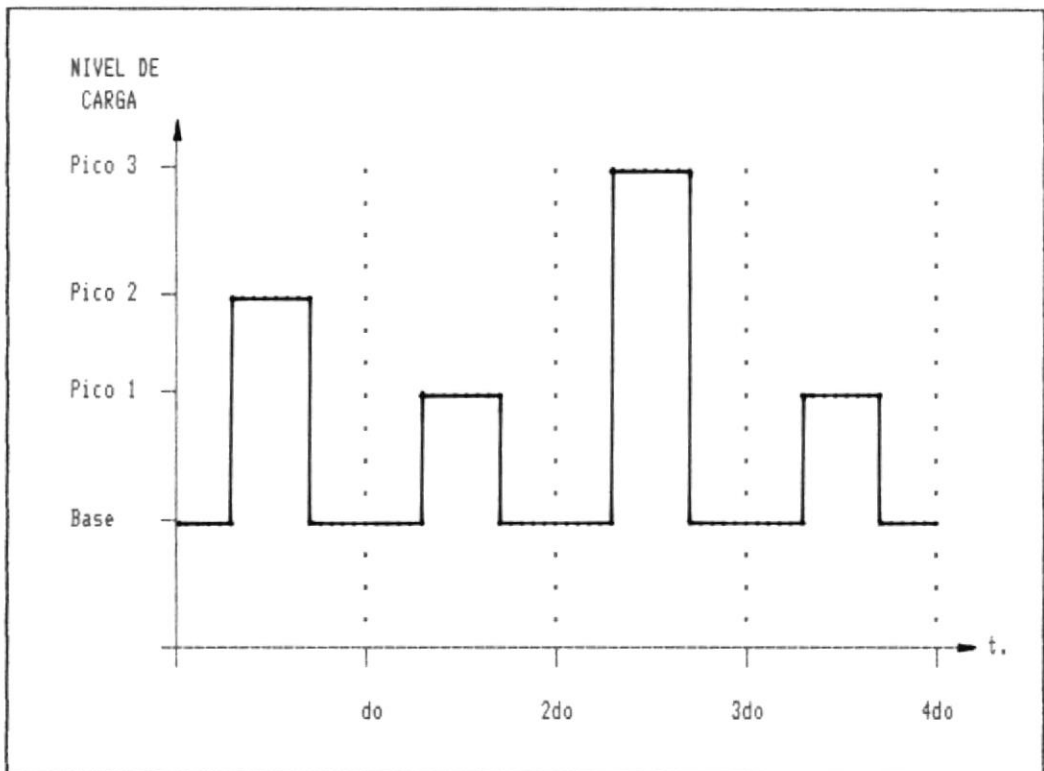


Figura 3.4. Sucesión aleatoria de ciclos de carga.

Debido a este comportamiento, todos los estados que representen a un nivel de pico, sóloamente pueden conectarse con el estado que representa al nivel base, dado que de él provienen y, hacia él convergen.

El nivel base lo codificaremos como nivel  $L_0$ , cada uno de los niveles de pico los codificaremos como nivel  $L_i$ , así, representamos el modelo de carga como se muestra en la figura (3.5)

Las fórmulas y el método para resolver este modelo de carga serán motivo de discusión del capítulo IV.

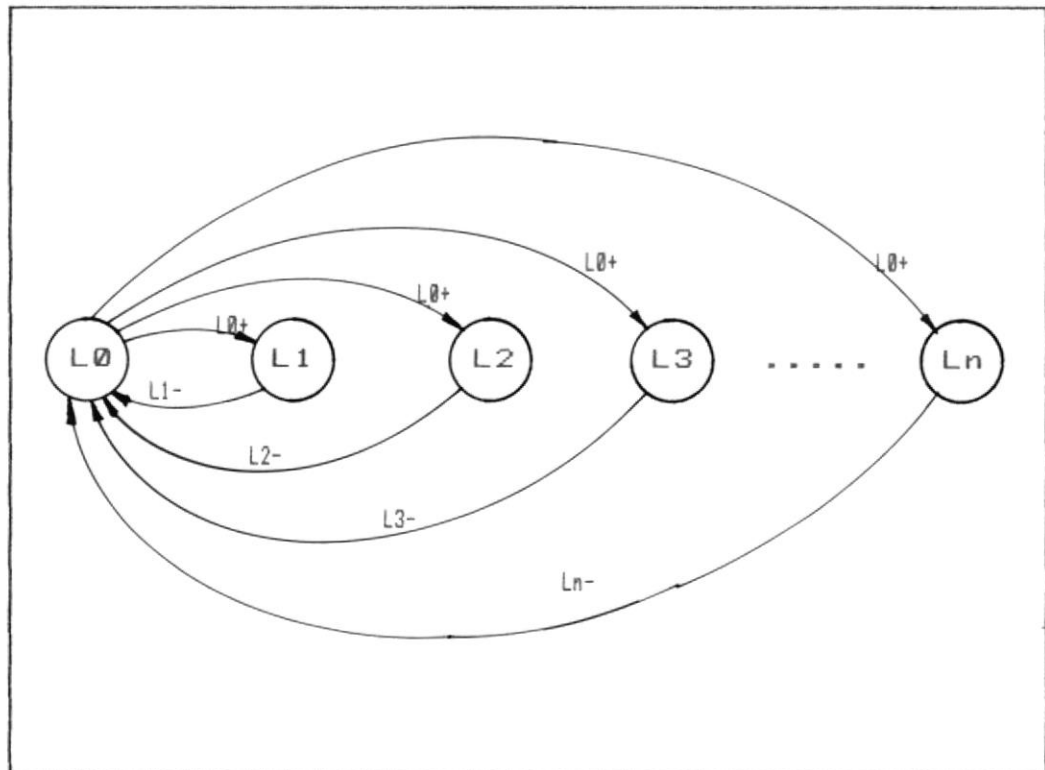


Figura 3.5. Representación gráfica del modelo de carga.



## CAPITULO IV

### DESARROLLO DEL MODELO

#### 4.1.Desarrollo del modelo de generación.

Como se explicó en el capítulo II, fué necesario desarrollar un algoritmo especial para implementarlo en el programa a fin de aprovechar de la mejor manera posible la memoria disponible en el computador.

Se empezó por dividir el problema en partes de modo que cada una de las partes se evalua independientemente y con relativa velocidad, para luego fusionar esas partes y conformar el modelo completo. Para el desarrollo del modelo, a estas partes se las llamó niveles y corresponden a una linea de datos de unidades de iguales características.

Para evaluar los estados de un nivel, calculamos la probabilidad la capacidad y las tasas de transición

utilizando el método de balance de frecuencias, que fue discutido ampliamente en el capítulo II. Con el propósito de obtener una rutina generalizada aplicamos la teoría a un sistema ficticio que tiene una sola unidad, y por ende, dos estados. El diagrama de estados para este sistema sería el de la figura (4.1)

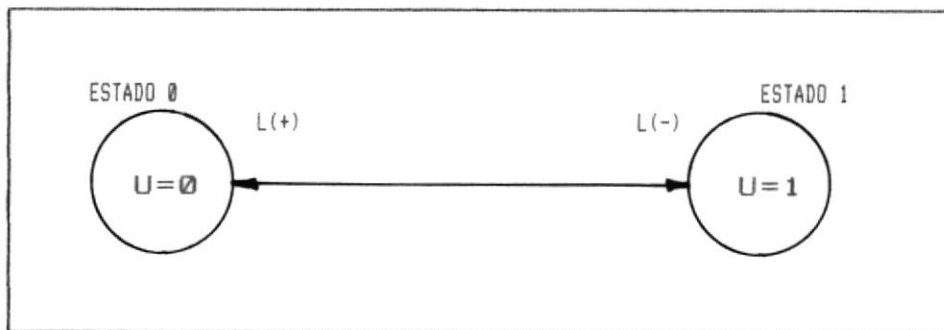


Figura 4.1. Diagrama de estados para sistema de una unidad

Para obtener el valor de la capacidad y las tasas de transición, aplicamos las fórmulas siguientes:

$$C(0) = MW. \text{ de cada unidad del nivel.}$$

$$C(1) = 0$$

$$L(+) = L(+) \text{ de cada unidad del nivel.}$$

$$L(-) = L(-) \text{ de cada unidad del nivel.}$$

Al aplicar la teoría, obtenemos el siguiente sistema de ecuaciones:

$$P(0) \times L(-) = P(1) \times L(+)$$

$$P(0) + P(1) = 1$$

Resolviendo:

$$P(\emptyset) = L(+)/ ( L(+) + L(-) ) \quad (4.1)$$

$$P(1) = 1 - P(\emptyset) \quad (4.2)$$

Luego se expande el esquema hasta completar el número de unidades que tiene el nivel, para esto se emplean fórmulas de análisis combinatorio, específicamente las relacionadas con la distribución binomial, obteniendo el siguiente grupo de ecuaciones:

$$C_j = n \times C(\emptyset) \quad (4.3)$$

$$P_j = C \times P(\emptyset) \times P(1) \quad (4.4)$$

$$L_j(+) = n \times L(+) \quad (4.5)$$

$$L_j(-) = (N-n) \times L(-) \quad (4.6)$$

Donde:

$C_j$  es la capacidad del estado  $j$ .

$P_j$  es la probabilidad del estado  $j$ .

$L_j(+)$  es la tasa de transición positiva.

$L_j(-)$  es la tasa de transición negativa.

$N$  es la cantidad de unidades del nivel.

$n$  es la cantidad de unidades disponibles.

Luego se fusionan los valores de un nivel con otro, y se procede a realizar un ordenamiento de los estados que se generan a fin de obtener otra tabla de valores los cuales se fusionarán con la tabla del nivel siguiente hasta terminar por configurar todos los estados del modelo aplicando las siguientes ecuaciones.

$$C_{ij} = C_i + C_j \quad (4.7)$$

$$P_{ij} = P_i * P_j \quad (4.8)$$

$$L_{ij}(+) = L_i(+) + L_j(+) \quad (4.9)$$

$$L_{ij}(-) = L_i(-) + L_j(-) \quad (4.10)$$

Para cada estado es necesario almacenar cuatro variables: la capacidad disponible del sistema, la probabilidad de que dicho estado se presente, la tasa de transición hacia estados de capacidad superior (L+) y, la tasa de transición hacia estados de capacidad inferior (L-). Estos datos se tabulan en un cuadro titulado "Modelo sintetizado de generación", y se archivan como primera parte del reporte final.

## 4.2. Algoritmo de solución del modelo de generación

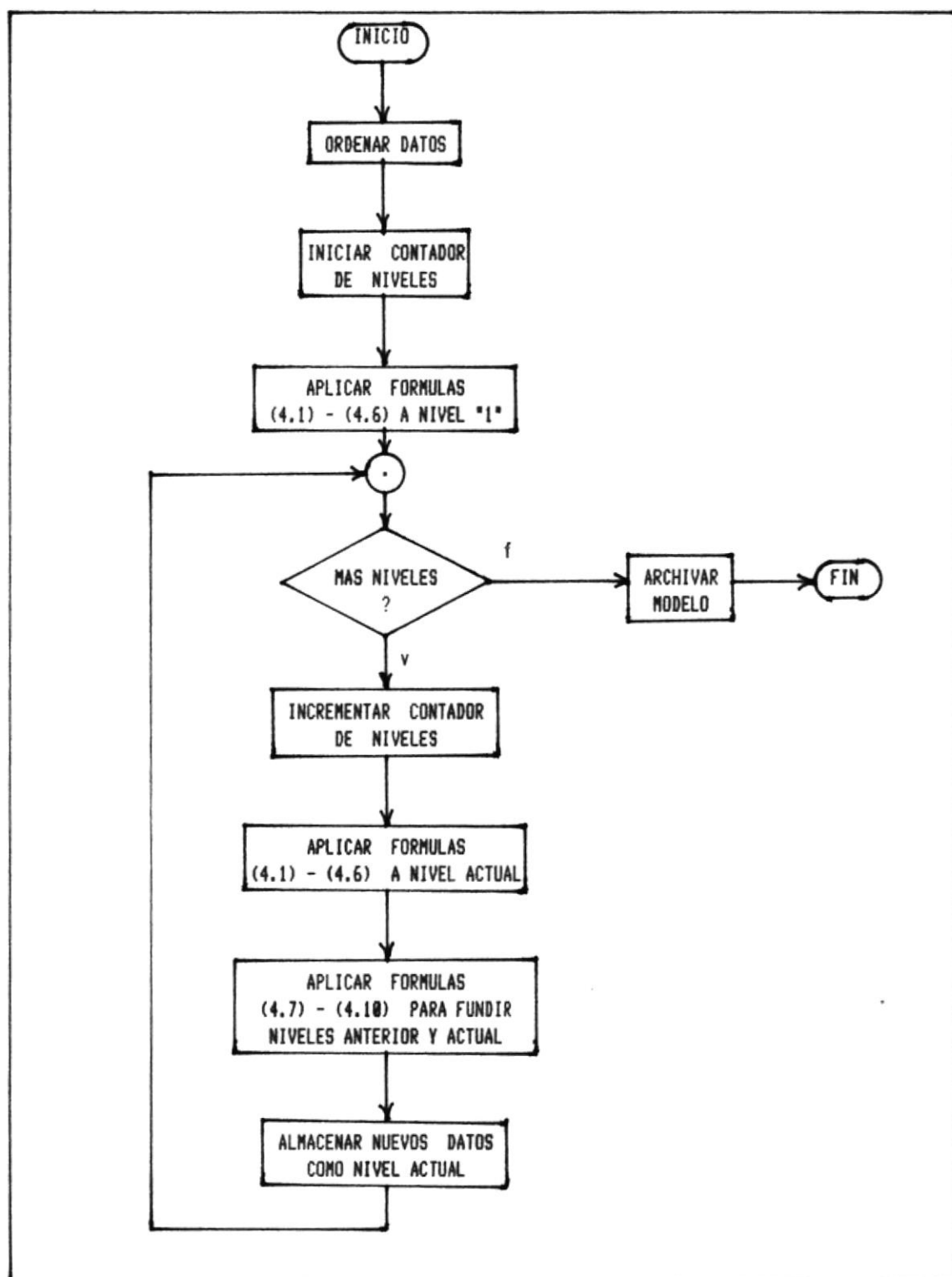


FIGURA 4.2 . Diagrama de flujo para algoritmo de solución del modelo de generación.

#### 4.3. Desarrollo del modelo de carga.

En el capítulo anterior se detalló ampliamente la manera de representar la carga en un sistema orientado hacia la determinación de la frecuencia y duración de los estados de falla del sistema. En esta sección describiremos el procedimiento empleado para resolver el modelo de carga seleccionado.

A diferencia del modelo de generación, en el modelo de carga se tienen pocos estados, y siempre es posible evaluar para todas las condiciones de carga. Para cada estado se requieren cuatro cálculos: los MW. de carga, la probabilidad de que se presente dicho estado, la tasa de transición hacia un estado de mayor carga (L+) y, la tasa de transición hacia un estado de menor carga (L-).

Basándonos en lo establecido en el capítulo anterior, los cálculos para el nivel de carga base son diferentes a los cálculos para los niveles de carga pico, por tal razón se evalúa por separado. En la figura (3.2) se ilustró detalladamente la estructura de un ciclo de carga, y quedó establecido, además, que para el mismo modelo, todos los ciclos de carga deben estructurarse de manera similar (ver figura 3.2).

Con este antecedente se puede deducir las fórmulas que se requieren para resolver el estado de carga base:

$$Cc(\emptyset) = \text{MW. de carga base} \quad (4.11)$$

$$Pc(\emptyset) = 1 - e \quad (4.12)$$

$$L(+) = 1/((1-e)*do) \quad (4.13)$$

$$L(-) = \emptyset \quad (4.14)$$

En los cálculos de los estados de carga pico se hace necesario incluir la frecuencia con que se presenta cada estado, este valor es parte de los datos que necesita el programa. Las fórmulas requeridas son las siguientes:

$$Cc(i) = \text{MW. de carga pico} \quad (4.15)$$

$$Pc(i) = \text{frecuencia} * e \quad (4.16)$$

$$L(+) = \emptyset \quad (4.17)$$

$$L(-) = 1/(e*do) \quad (4.18)$$

Una vez que se han calculado todas las variables para todos los estados, se hace necesario reducir el modelo agrupando los estados que presentan igual nivel de carga, luego ordenarlos de menor a mayor de acuerdo al nivel de carga que representan. Estos datos se tabulan en un cuadro titulado "Modelo sintetizado de carga", y se archivan como segunda parte del reporte final.

## 4.4. Algoritmo de solución del modelo de carga.

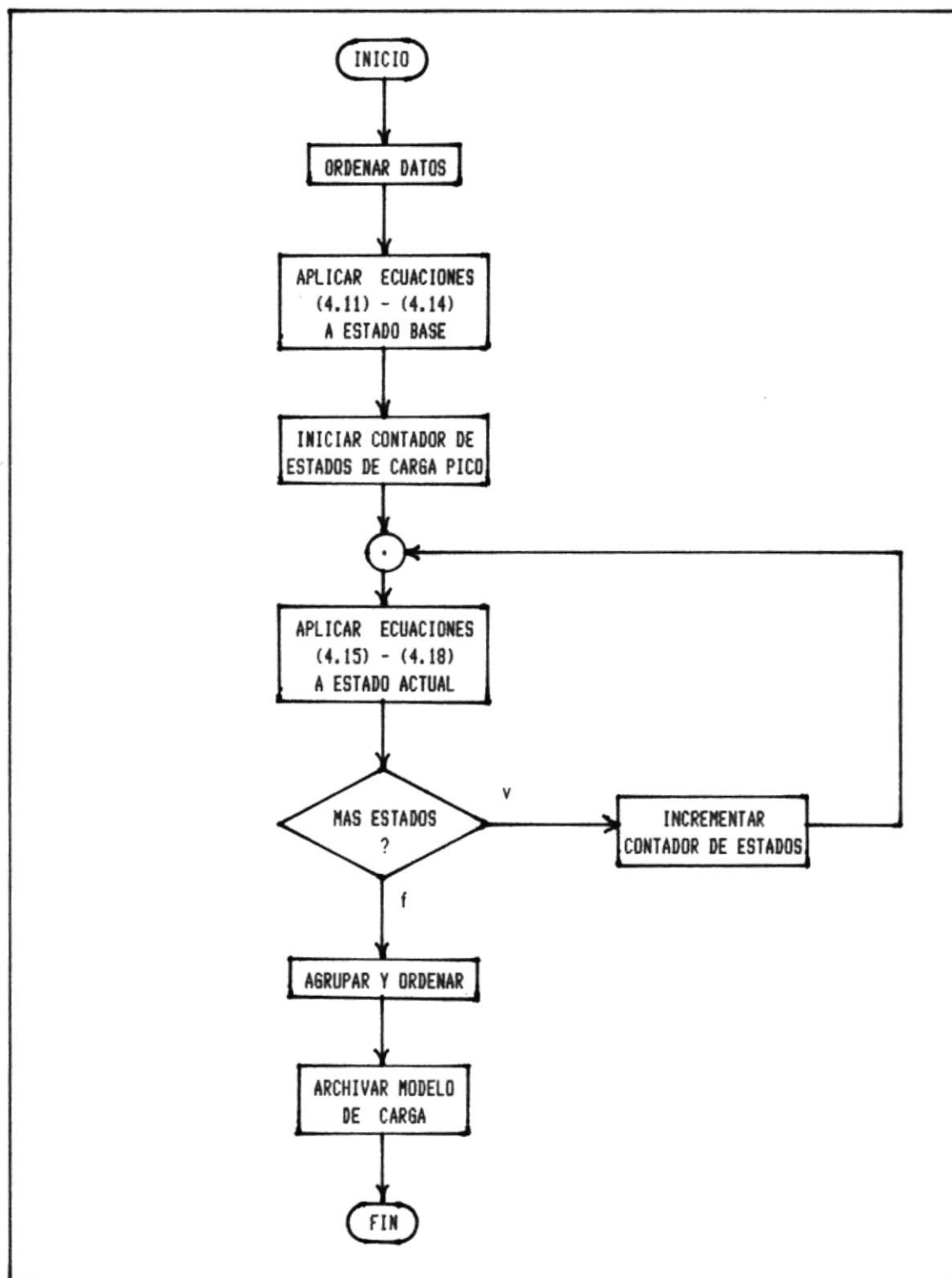


FIGURA 4.3. Diagrama de flujo para algoritmo de solución del modelo de carga.



## CAPITULO V

### INDICES DE FRECUENCIA Y DURACION

#### 5.1.Introducción

En el capítulo I mencionamos algunos índices de confiabilidad que suelen utilizarse en la planificación de sistemas de potencia. La mayoría de estos índices sólo dan una idea de la probabilidad de que el sistema eléctrico experimente algún tipo de falla que le impida servir a todos los usuarios en un momento dado. Tal es el caso del L.O.L.P. que nos entrega un porcentaje del tiempo en el cual es muy probable que parte o la totalidad de la carga del sistema se quede sin suministro de energía.

Cuando se utilizan índices de frecuencia y duración, además de la probabilidad de falla, se obtiene una idea de la frecuencia con la cual dicha falla se presenta y, un promedio del tiempo de duración que tendría.

El método de frecuencia y duración es bastante flexible y permite realizar un análisis más detallado en el estudio de la confiabilidad de los sistemas de generación de electricidad.

### 5.2.Método de evaluación

Como se indicó en el capítulo I, la confiabilidad de un sistema de suministro de energía equivale a la probabilidad de que todos los usuarios dispongan de un servicio continuo de calidad satisfactoria. Esto obliga a desarrollar un método de evaluación global para todo el sistema de potencia, es decir que el análisis debe realizarse de tal manera que todos los estados tanto del modelo de carga como de generación intervengan simultáneamente.

La mejor alternativa para lograr este objetivo es confrontando los modelos de carga y generación y obtener un nuevo modelo en el cual todos los estados representan un margen de generación que será positivo cuando la generación supere a la carga del sistema, será negativo cuando la carga supere a la generación del sistema y, será cero cuando la carga y la generación del sistema sean iguales.

Los márgenes de generación se obtienen restando los MW. de carga de los MW. de generación. La probabilidad asociada con cada margen de generación se obtiene multiplicando las probabilidades individuales de los correspondientes estados de carga y generación.

Las respectivas tasas de transición se evalúan sumando las tasas de los estados correspondientes de carga y generación.

El siguiente grupo de ecuaciones se aplican para obtener los parámetros de la convolución de los modelos de carga y generación.

$$MRGi = MWGj - MWCK \quad (5.1)$$

$$PMGi = PEGj * PECK \quad (5.2)$$

$$L(+)_i = LG(+)_j + LC(-)_k \quad (5.3)$$

$$L(-)_i = LG(-)_j + LC(+)_k \quad (5.4)$$

Donde:

MRGi = Margen de generación estado i

PMGi = Probabilidad individual de MRGi

L(+)= Tasa de transición a estados de mayor margen

L(-)= Tasa de transición a estados de menor margen

Basados en la definición de confiabilidad para sistemas de potencia, podemos afirmar que los únicos estados que representarían una discontinuidad en el servicio, son aquellos estados que tienen un margen de generación negativo.

Considerando que, para que todo el sistema eléctrico sea declarado en falla basta que al menos un usuario deje de recibir servicio, se hace necesario acumular las probabilidades individuales de los diferentes márgenes de generación para centrar el análisis en los estados acumulados con margen de generación negativo.

$$PAMGi = PMGj \quad (5.5)$$

$$Leqv = L(+)_i - L(-)_i \quad (5.6)$$

$$Freci = Freci + PMGi * Leqv \quad (5.7)$$

$$Durci = PAMGi / Freci \quad (5.8)$$

Donde:

PAMGi= Probabilidad acumulada de MRGi

L(+) = Tasa de transición a estados de mayor margen

L(-) = Tasa de transición a estados de menor margen

Leqv = Tasa de transición equivalente

Freci= Frecuencia de MRGi

Durci= Duración de MRGi

## 5.3. Algoritmo de evaluación

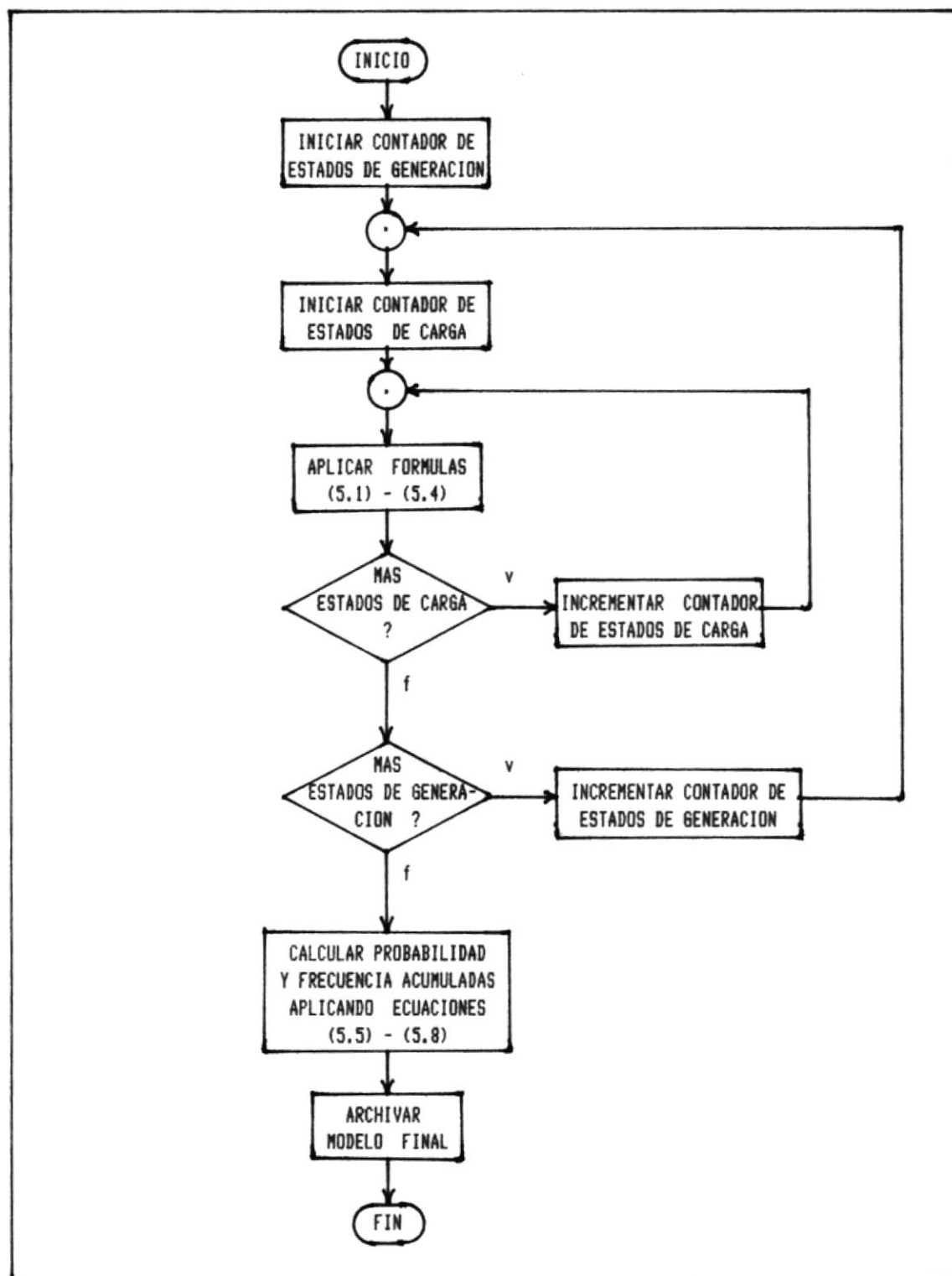


FIGURA 5.1. Diagrama de flujo para la convolución de los modelos de carga y generación.

#### 5.4. Confiabilidad en términos de frecuencia y duración

Expresar la confiabilidad de un sistema cualquiera, en términos de frecuencia y duración, permite considerar más elementos de juicio al comparar la eficiencia de diferentes alternativas o proyectos.

Conforme al análisis efectuado en los capítulos anteriores, cuando hablamos de confiabilidad nos referimos a un valor estadístico que corresponde a la probabilidad de encontrar un sistema en un estado de falla. Numéricamente hablando, es posible que dos sistemas de potencia distintos, tengan la misma probabilidad de falla, pero al hacer el análisis de frecuencia y duración, encontramos que en uno de ellos es más frecuente el estado de falla pero su duración será menor, en cambio, para el otro sistema, el estado de falla se presentará con menor frecuencia pero con una duración mayor.

La diferencia radica en el valor de las tasas de transición las cuales son parámetros inherentes a las unidades que conforman el sistema de generación y, deben ser tomadas en cuenta a la hora de analizar las alternativas para una posible expansión del sistema eléctrico.

Al evaluar la frecuencia y duración de los estados de falla de un sistema de potencia no nos interesa determinar la ocurrencia de un margen específico de carga, sino más bien de un grupo de estados cuyo margen de generación sea negativo. En la práctica empezamos desde el estado cuyo margen es menor o más negativo, calculando la frecuencia y duración de este estado utilizando las ecuaciones (5.7) y (5.8) tomando en cuenta que al no haber estados inferiores entonces la frecuencia de partida será cero.

Aplicando las mismas ecuaciones avanzamos en el modelo acumulando los resultados de probabilidad y frecuencia, para lo cual necesitamos la tasa de transición equivalente la cual se obtiene mediante la ecuación (5.6) en base a las tasas de transición propias del estado que está siendo analizado, por consecuencia, no importa a que estado se dirige o de cual estado proviene, lo que interesa es la diferencia entre la tasa de transición hacia los estados de mayor margen de generación y la tasa de transición hacia los estados de menor margen de generación.

## CAPITULO VI

### PROGRAMACION

#### 6.1.Estructura del programa.

El programa ha sido implementado en BASIC por las facilidades que este lenguaje brinda tanto en el manejo de archivos como en el manejo de errores.

Desde el punto de vista estructural, el programa está dividido en dos partes: Un programa principal, el cual se encarga de la edición, mantenimiento, revisión y listado de los archivos; y un programa especializado para la evaluación matemática de los modelos tanto de generación como de carga.

La razón fundamental para esta división del programa es la de aprovechar mejor la memoria disponible y permitir la evaluación de modelos que presenten hasta mil trescientos cincuenta estados.



El programa principal consta de tres rutinas: Una rutina preparada para el manejo de archivos (Listar en pantalla, en papel, borrar, presentar índice, etc.). Otra rutina preparada para el ingreso de datos, creación de archivos de datos y, corrección de archivos ya existentes.

Otra rutina orientada hacia la ejecución del programa de evaluación, cuya función consiste en solicitar los nombres de los archivos que contienen los datos, verificar si esos archivos existen en el índice, solicitar un nombre para el archivo en el cual se almacenarán los resultados y verificar si existe en el índice; si todo es correcto se encadenará el subprograma de evaluación.

A fin de desarrollar estas rutinas, el programa principal necesita de varias subrutinas para realizar tareas específicas tales como cargar el archivo índice, comprobar si un archivo consta en el índice, cargar archivos de datos, listar datos en pantalla, listar datos en papel, grabar datos en un archivo, actualizar el archivo índice, borrar archivos de datos, tomar los datos desde el teclado utilizando una rutina editor, controlar el flujo del programa cuando se han detectado errores, etc.

El programa de evaluación está dividido en cuatro partes las cuales corresponden al orden lógico en que progresa el desarrollo del programa, y está basado en el análisis y las fórmulas presentadas en los capítulos IV y V.

#### 6.2. Archivos auxiliares.

Para controlar la existencia de archivos de datos o de resultados, y además, conservar una nota para recordar la naturaleza de los datos registrados en cada archivo, se optó por llevar un archivo auxiliar para cada grupo de datos. En general el archivo se denomina "INDEX" y tiene una extensión "GEN" si guarda datos de generación, "CAR" si almacena datos de carga y "RTD" si es para resultados, las cuales son añadidas automáticamente por la rutina correspondiente y si en algún caso no existiera alguno de estos archivos, el programa los crea y los utiliza a medida que necesite referirse a ellos.

Otros archivos auxiliares son aquellos que contienen los datos de carga, generación, o los resultados de una evaluación. Estos archivos pueden tener cualquier nombre que les de el usuario y el programa le añadirá una extensión "CAR", "GEN" o, "RTD" según se indicó anteriormente.

Existe otro archivo denominado "EVCON.DAT", el cual contiene el diseño para la pantalla de presentación y se carga automáticamente cada vez que se reinicia el programa principal.

### 6.3. Interpretación de resultados.

Los resultados de la evaluación son almacenados en disco en tres archivos:

El primero almacena los resultados del modelo de generación sintetizado. Cada registro consta de cuatro datos, a saber: la capacidad de generación, la probabilidad correspondiente y, las tasas de transición  $L(+)$  y  $L(-)$  en ese orden.

Cuando se solicita el listado de este archivo mediante el programa principal, se realizan cálculos adicionales para obtener la probabilidad acumulada y la frecuencia de cada estado del modelo de generación.

El segundo archivo guarda los resultados del modelo de carga sinterizado. Cada registro consta de cuatro datos: la carga del sistema, la probabilidad, y las tasas de transición  $L(+)$  y  $L(-)$  en ese orden.

El tercer archivo registra los resultados de la convolución de los modelos de generación y carga más los resultados de la acumulación del cuadro de convolución. Cada registro contiene cuatro datos: margen de generación, probabilidad individual, probabilidad acumulada y frecuencia.

Cuando se solicita el listado de estos datos, se realizan dos cálculos: uno, para completar el cuadro, determina la duración de cada uno de los estados acumulados; y otro, para determinar cual de los estados de este reporte final corresponde al primer margen de generación negativo, el cual se presenta aparte (cuando existe) en un formato diferente bajo el título de síntesis final.

Para la síntesis final se calcula la indisponibilidad del sistema en base al cuadro de probabilidad acumulada de los márgenes de generación y se la expresa en términos de días por año.

El índice de frecuencia de interrupción se presenta en términos de fallas por año.

El índice de duración de interrupción sigue luego en términos de días por falla.



Cuando el programa no encuentra un estado con margen de generación negativo, se omite la síntesis final. Esto suele suceder cuando se ha evaluado el modelo de generación utilizando un factor de aproximación bastante alto, lo cual deja fuera de los cálculos a los estados cuyo margen de generación es negativo dado que son éstos estados los que presentan las probabilidades más bajas. En estos casos debería repetirse el desarrollo del modelo empleando un factor de aproximación más fino.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- Con los algoritmos desarrollados a lo largo de este trabajo se estructuró el programa "EVCON.BAS" el cual alcanza plenamente el objetivo fundamental de esta tesis.
- 2.- El principal problema en este tipo de programas es la cantidad de memoria requerida, lo cual se superó al implementar los algoritmos descritos en los capítulos IV y V.
- 3.- El segundo problema es la velocidad de evaluación principalmente en el modelo de generación y al ordenar los estados; en este punto también se aprecia la bondad del algoritmo aplicado.
- 4.- Debido a la capacidad del computador el programa limita el modelo final a 1350 estados lo cual puede ser suficiente para modelar sistemas de 60 generadores de capacidades estandarizadas.

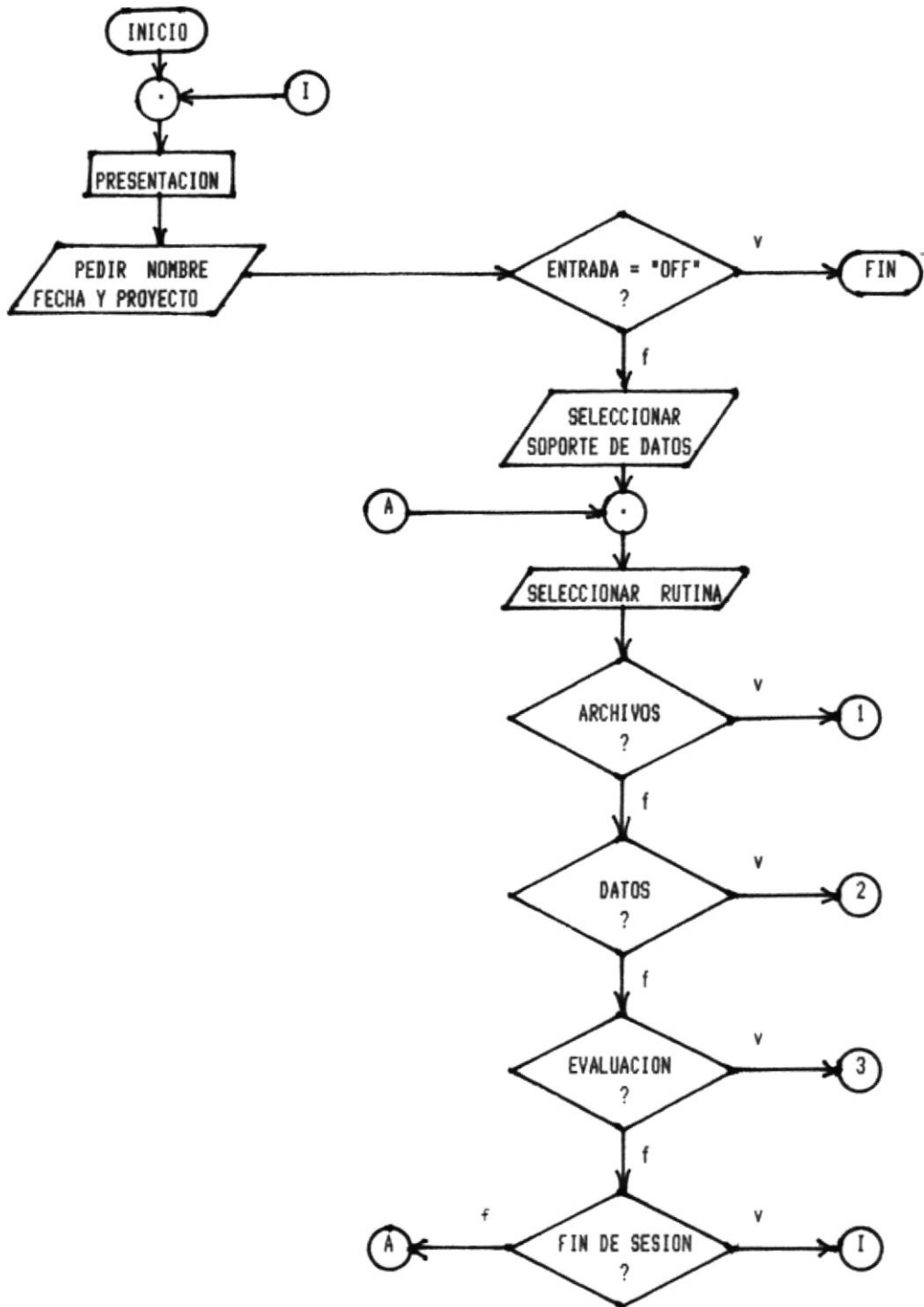
- 5.- Es recomendable seleccionar un adecuado factor de aproximación dado que éste es el criterio para descartar los estados de baja probabilidad, en consecuencia influye en la velocidad y precisión de los cálculos.
  
- 6.- Por último, cabe recomendar como tema para otro trabajo, la elaboración de un programa de gráficos que tome como datos los estados del tercer archivo de resultados de diferentes evaluaciones a fin de comparar objetivamente dos o más sistemas de potencia.

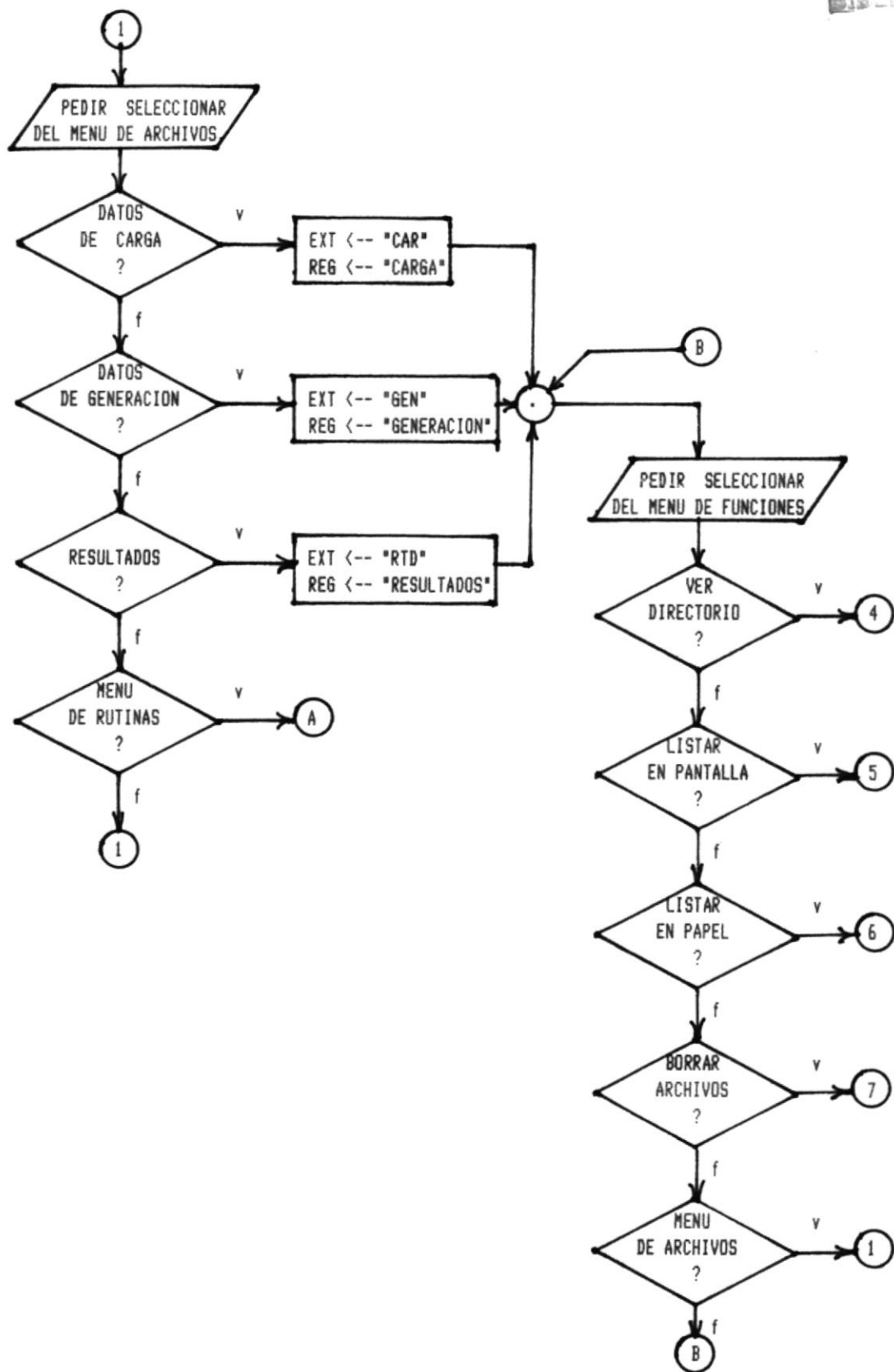
APENDICES

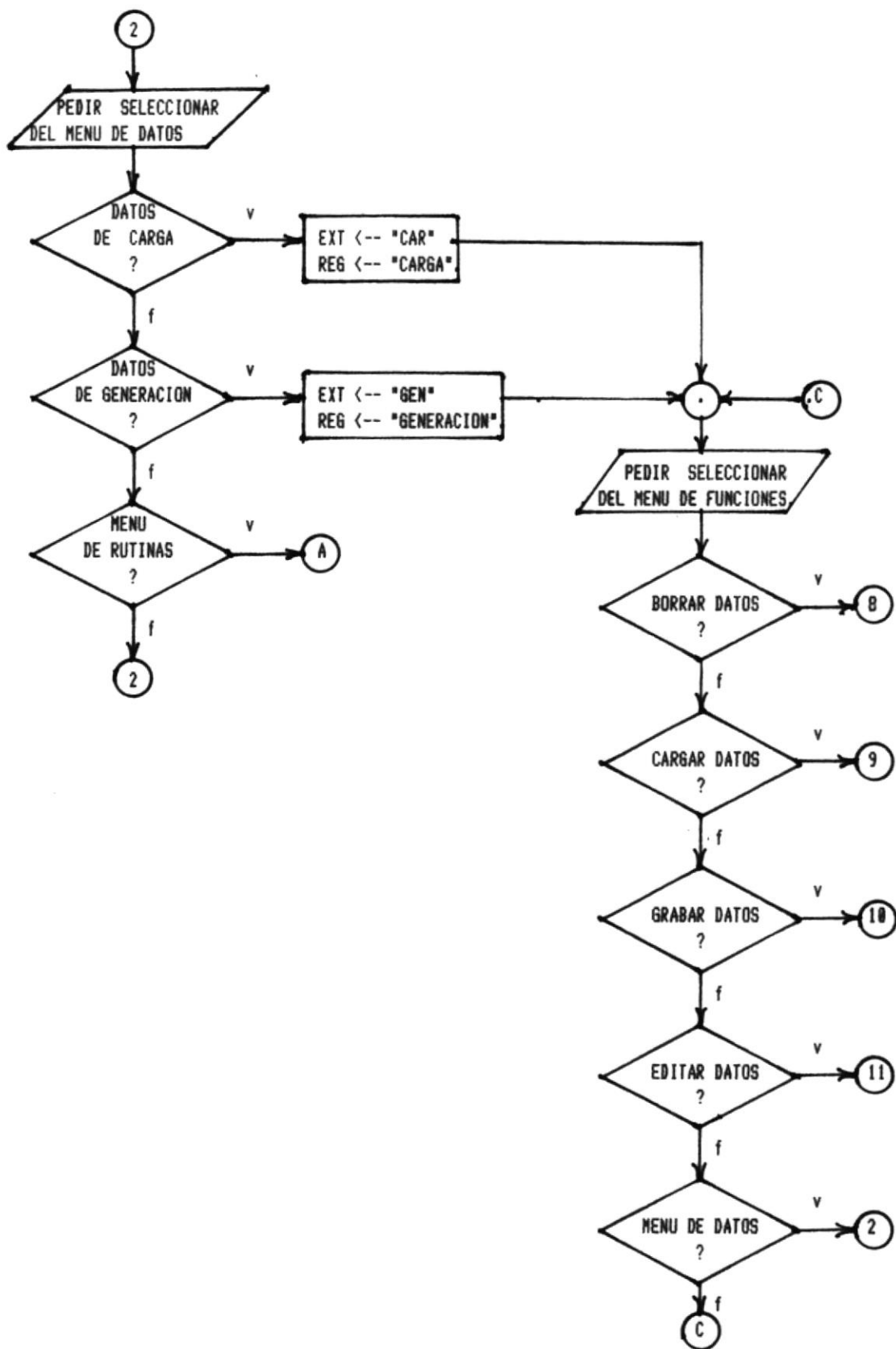


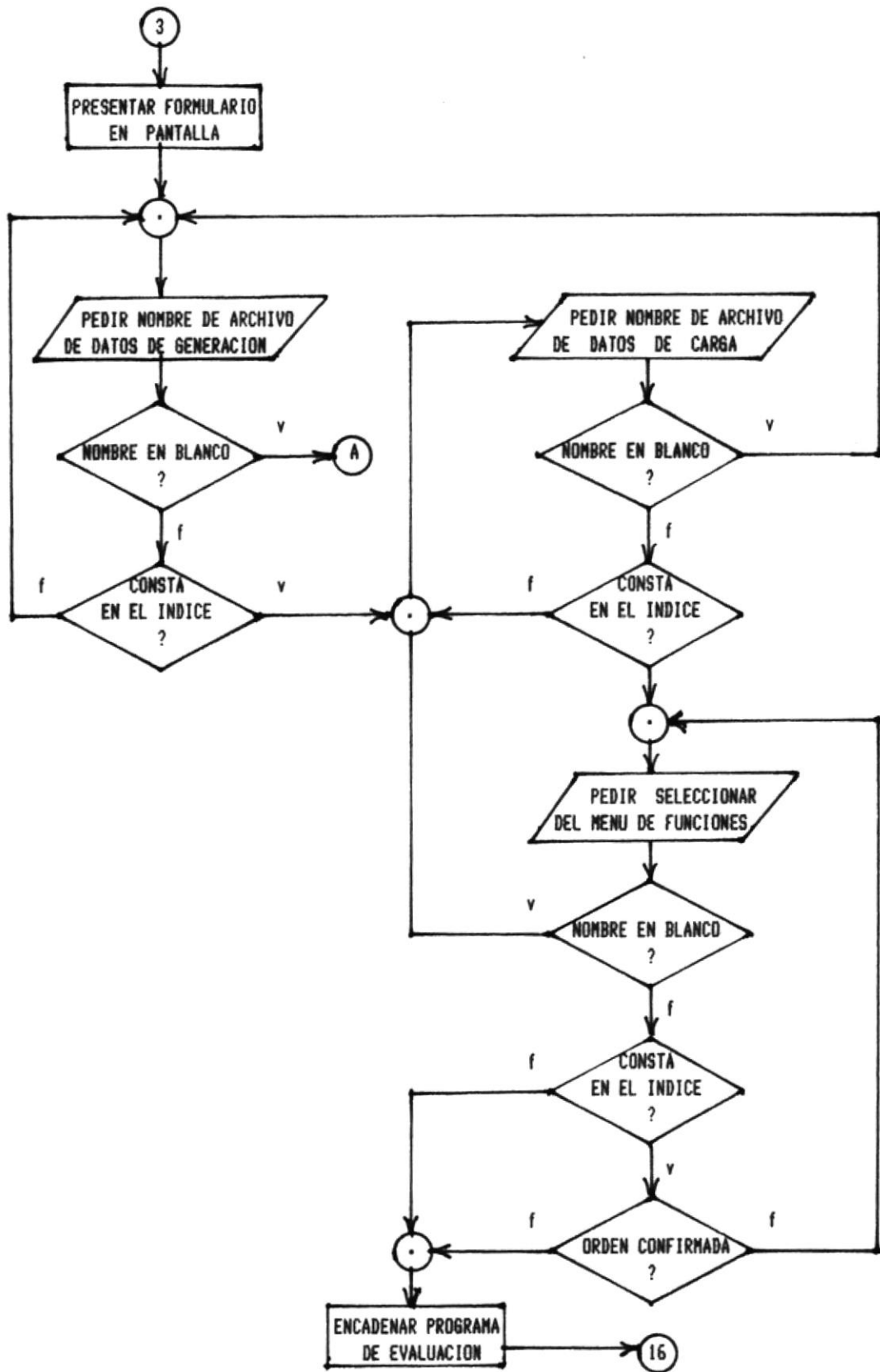
# APENDICE A

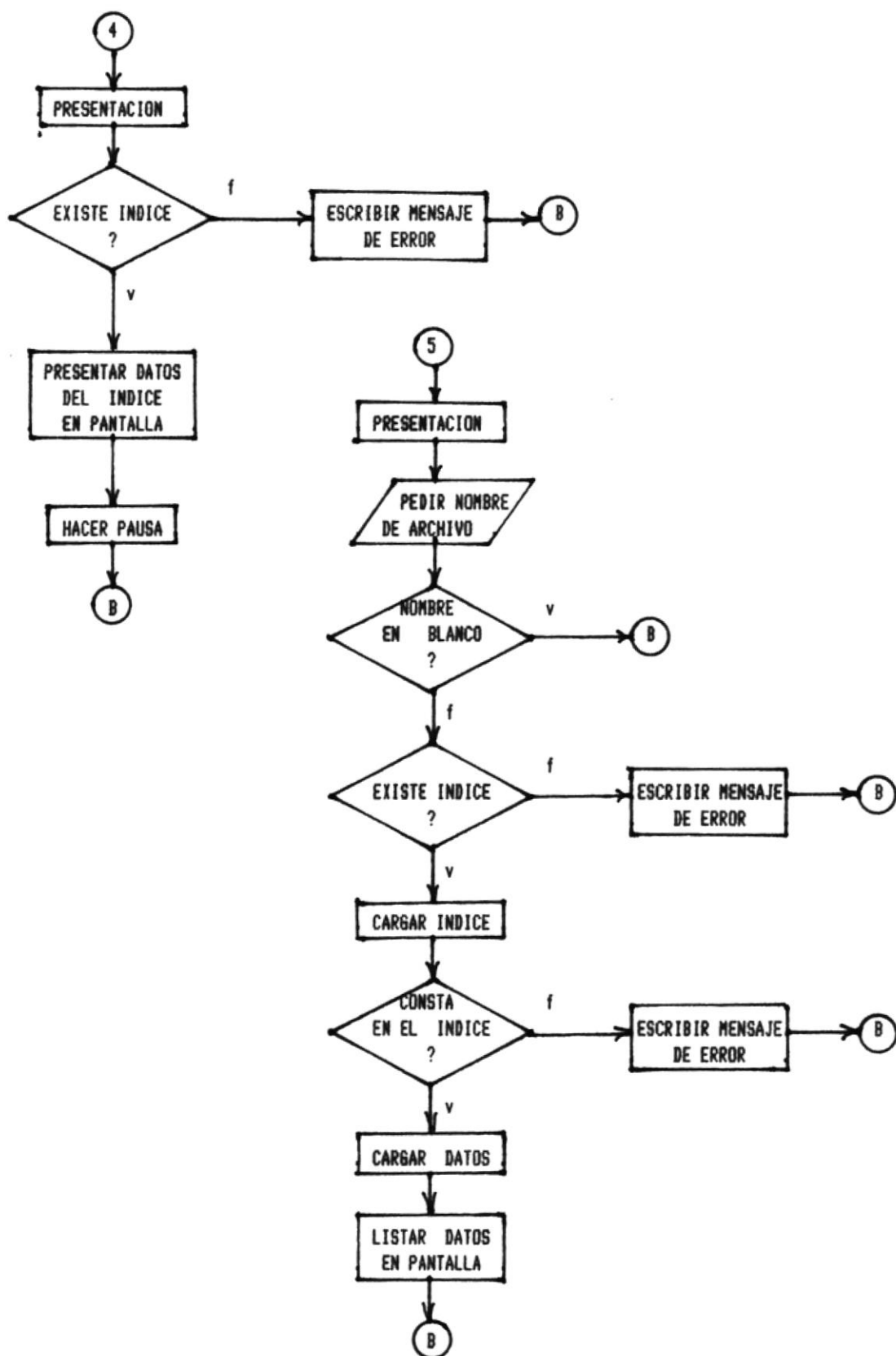
## DIAGRAMAS DE FLUJO

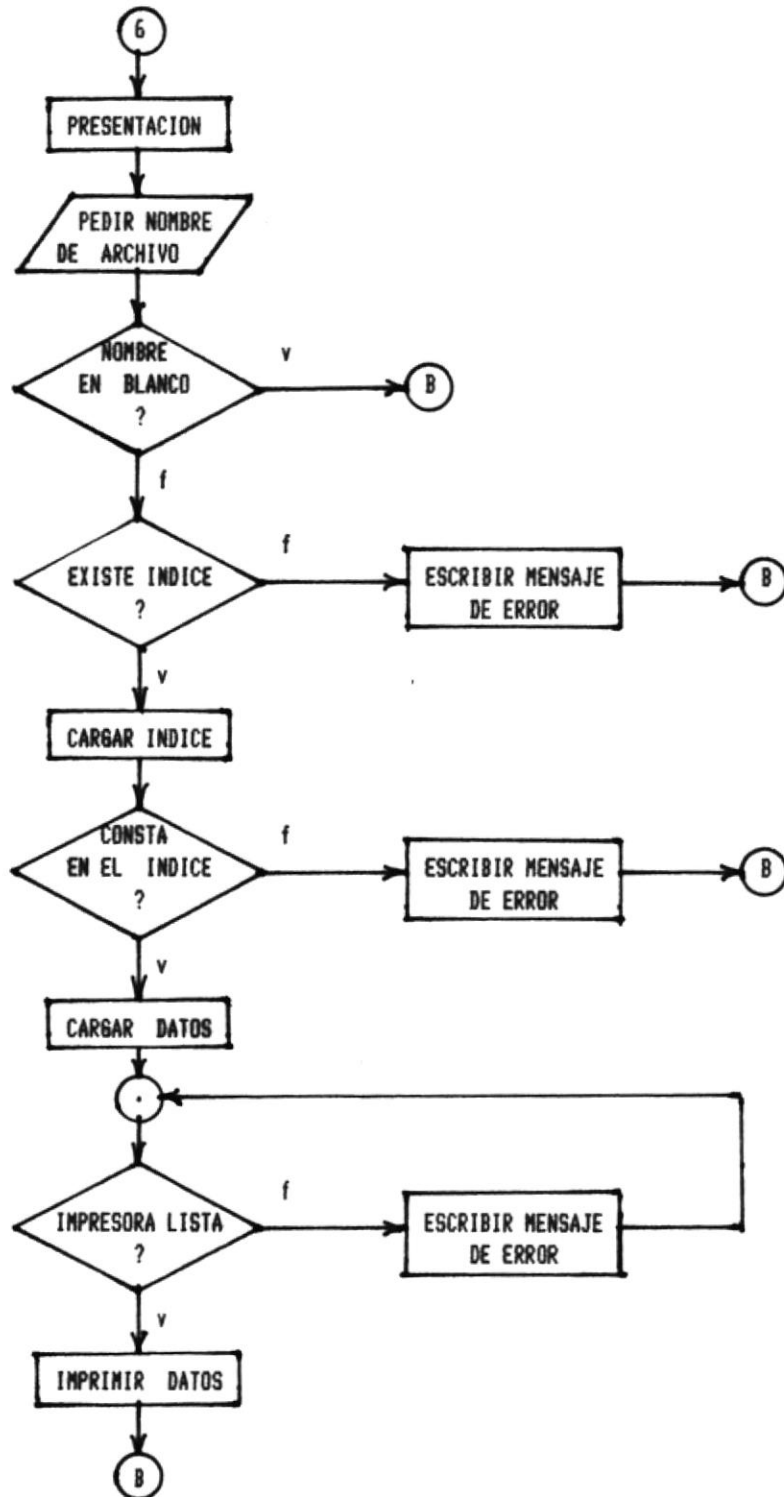


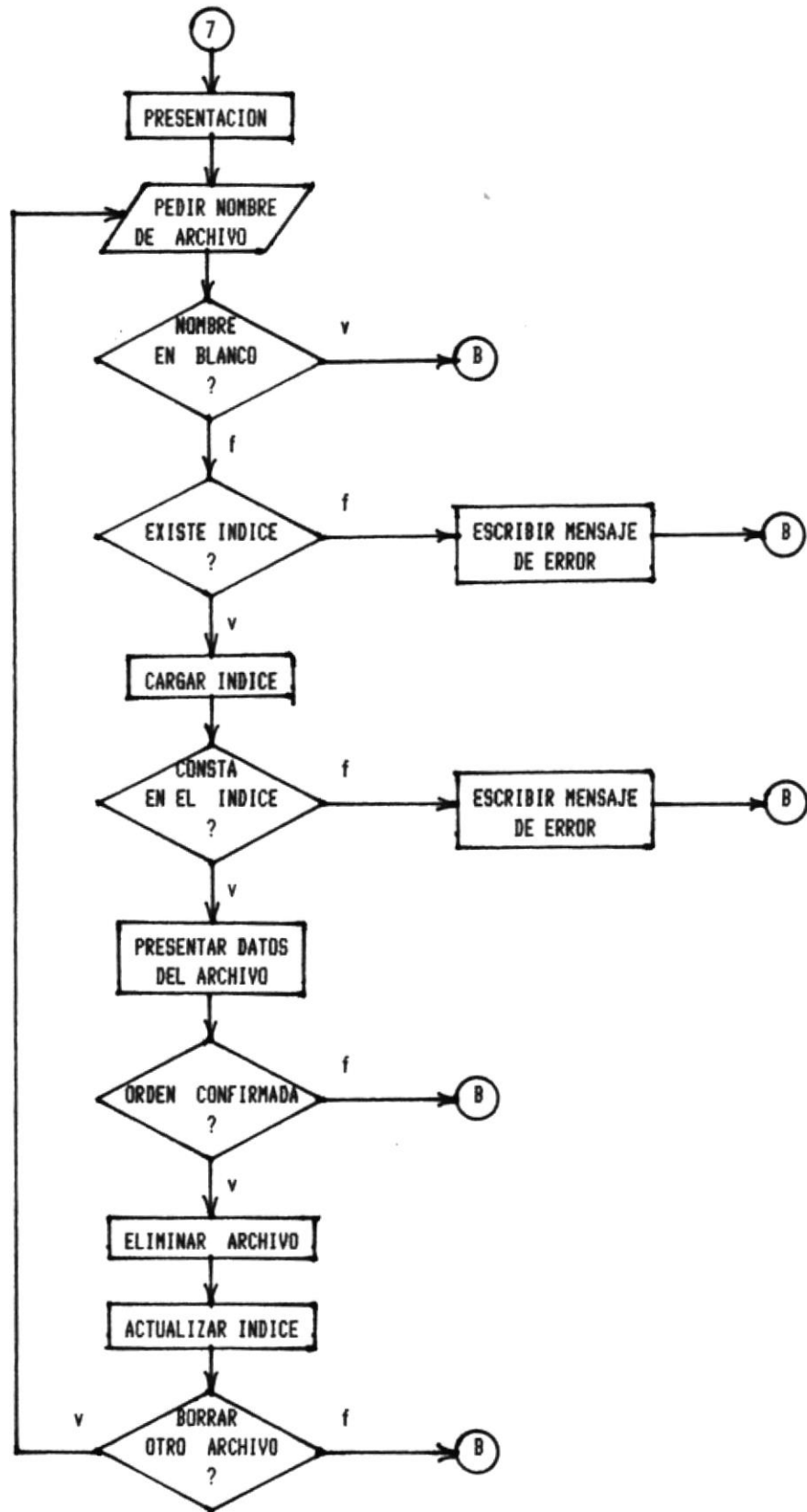


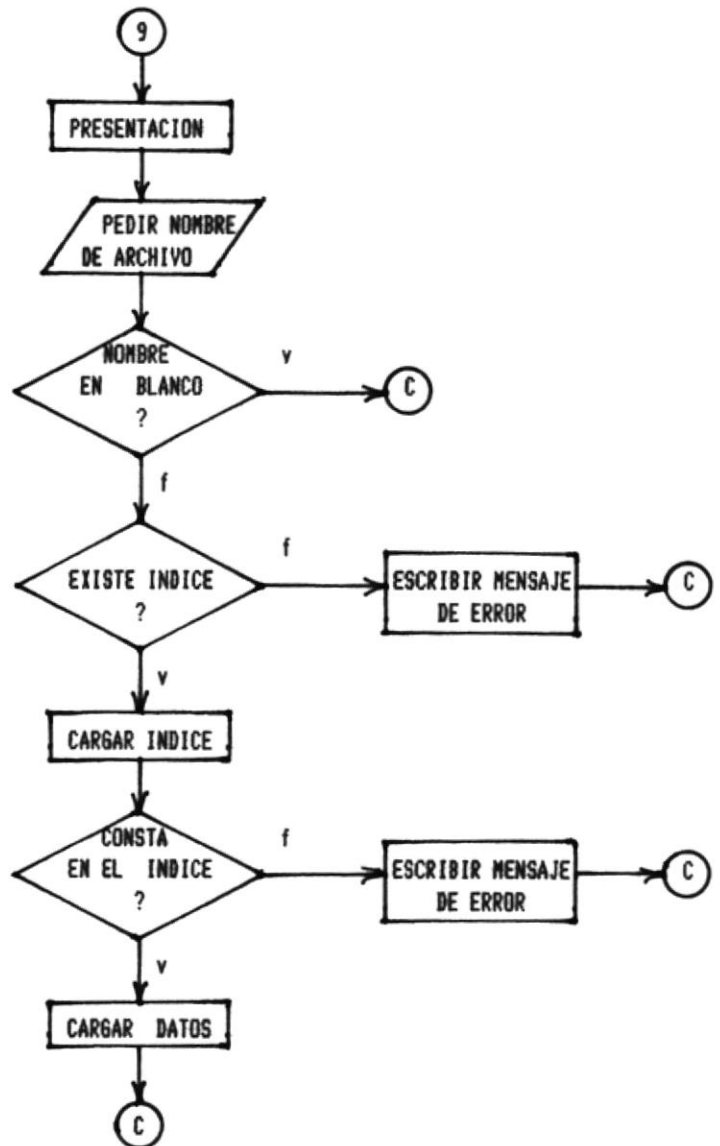
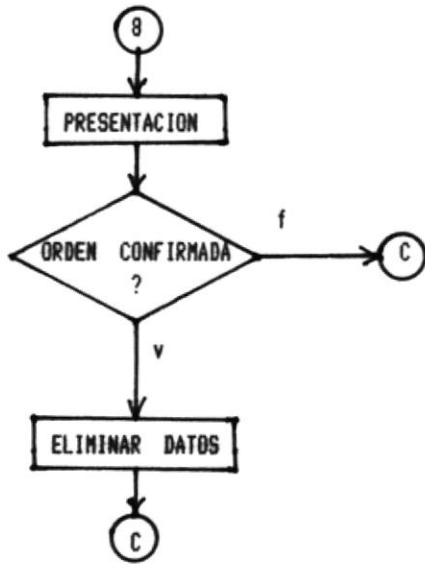




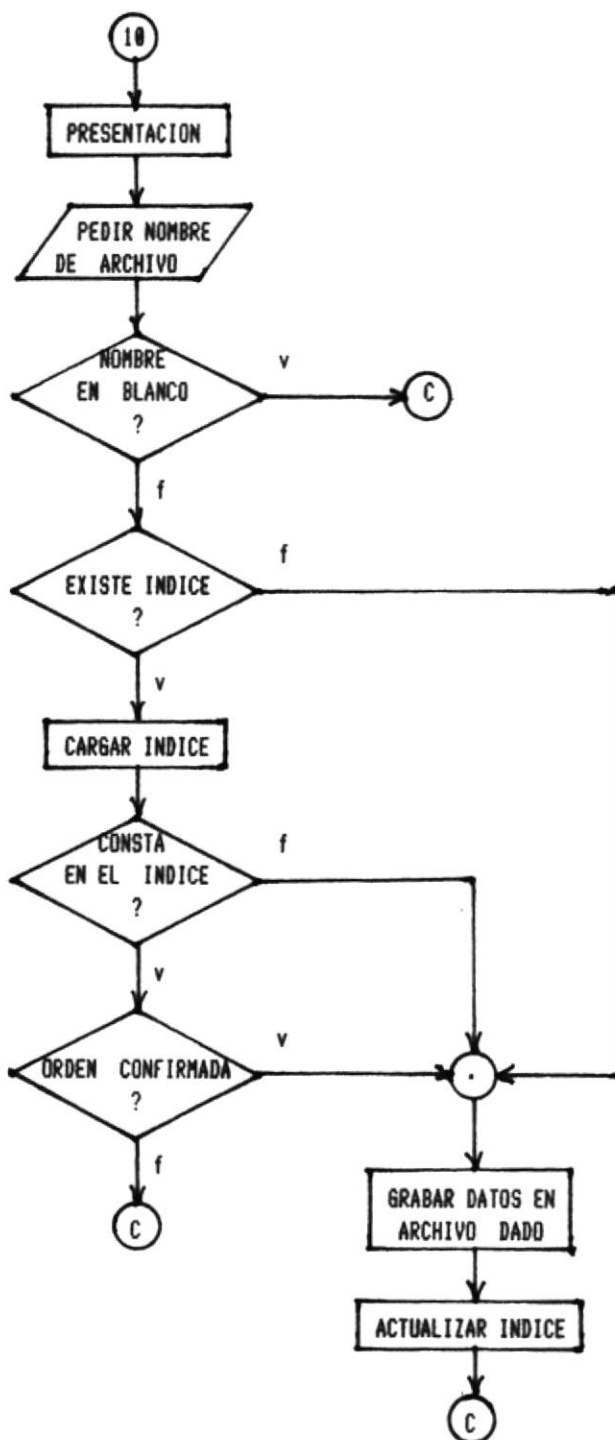


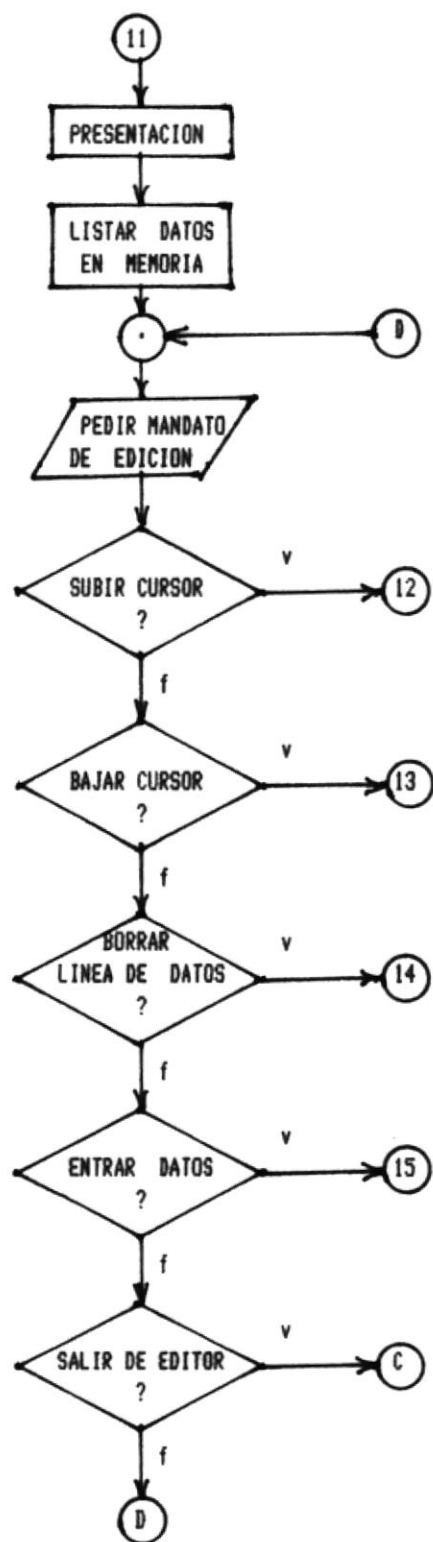


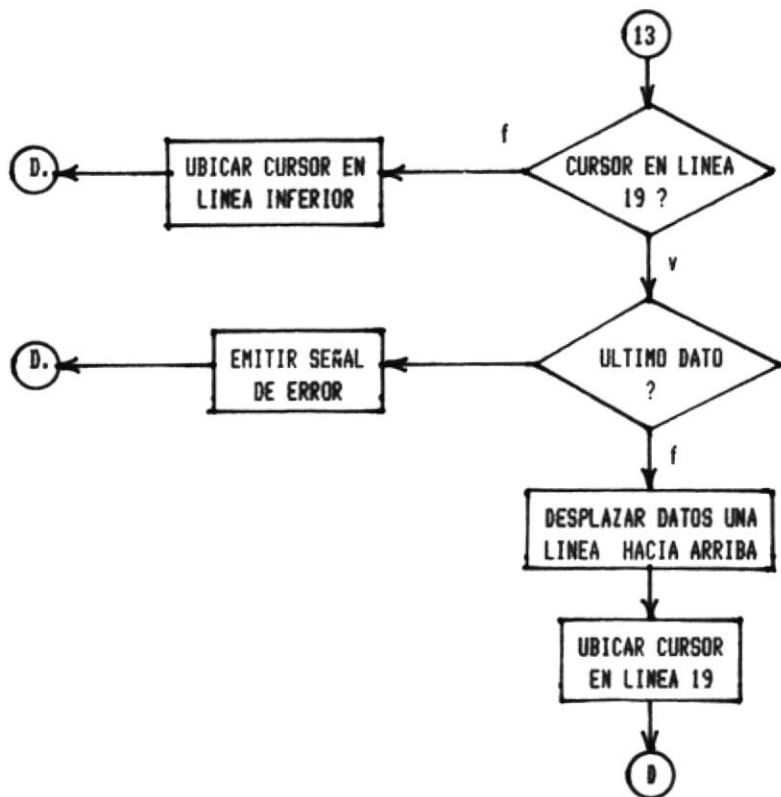
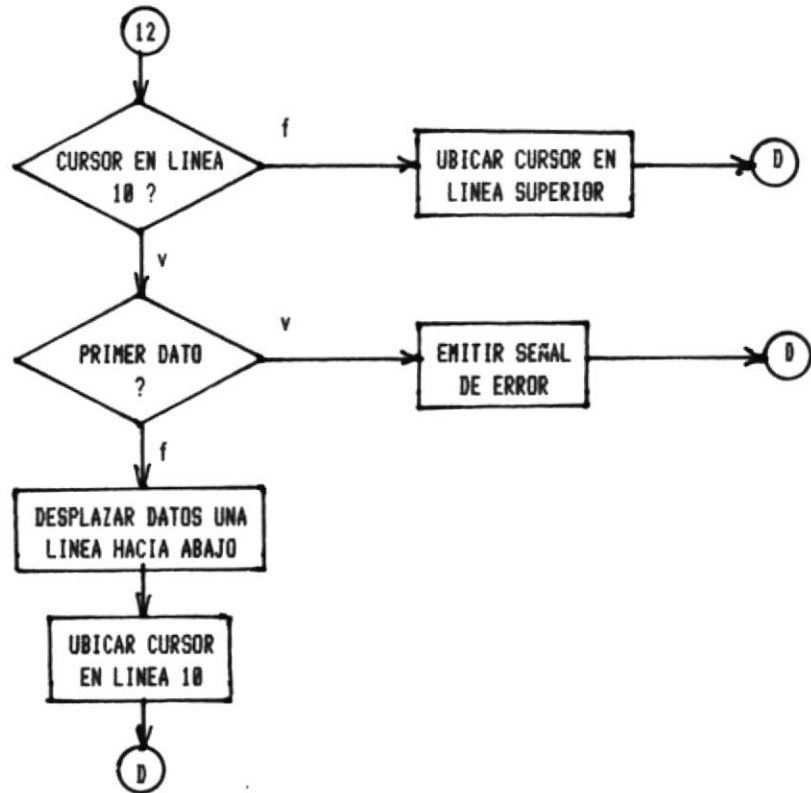


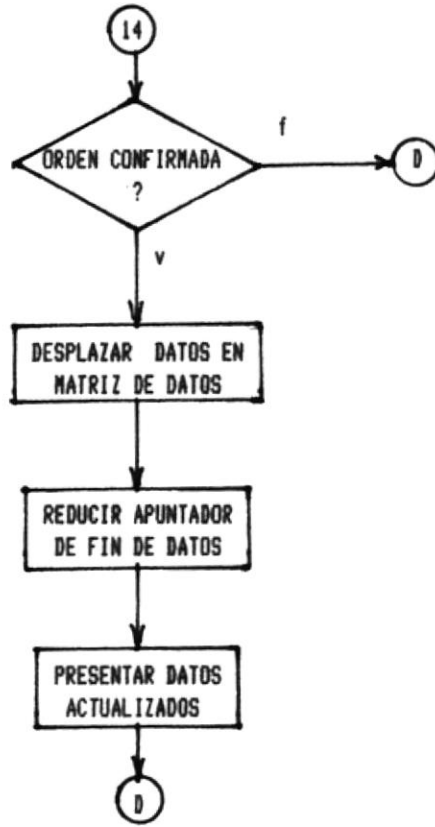


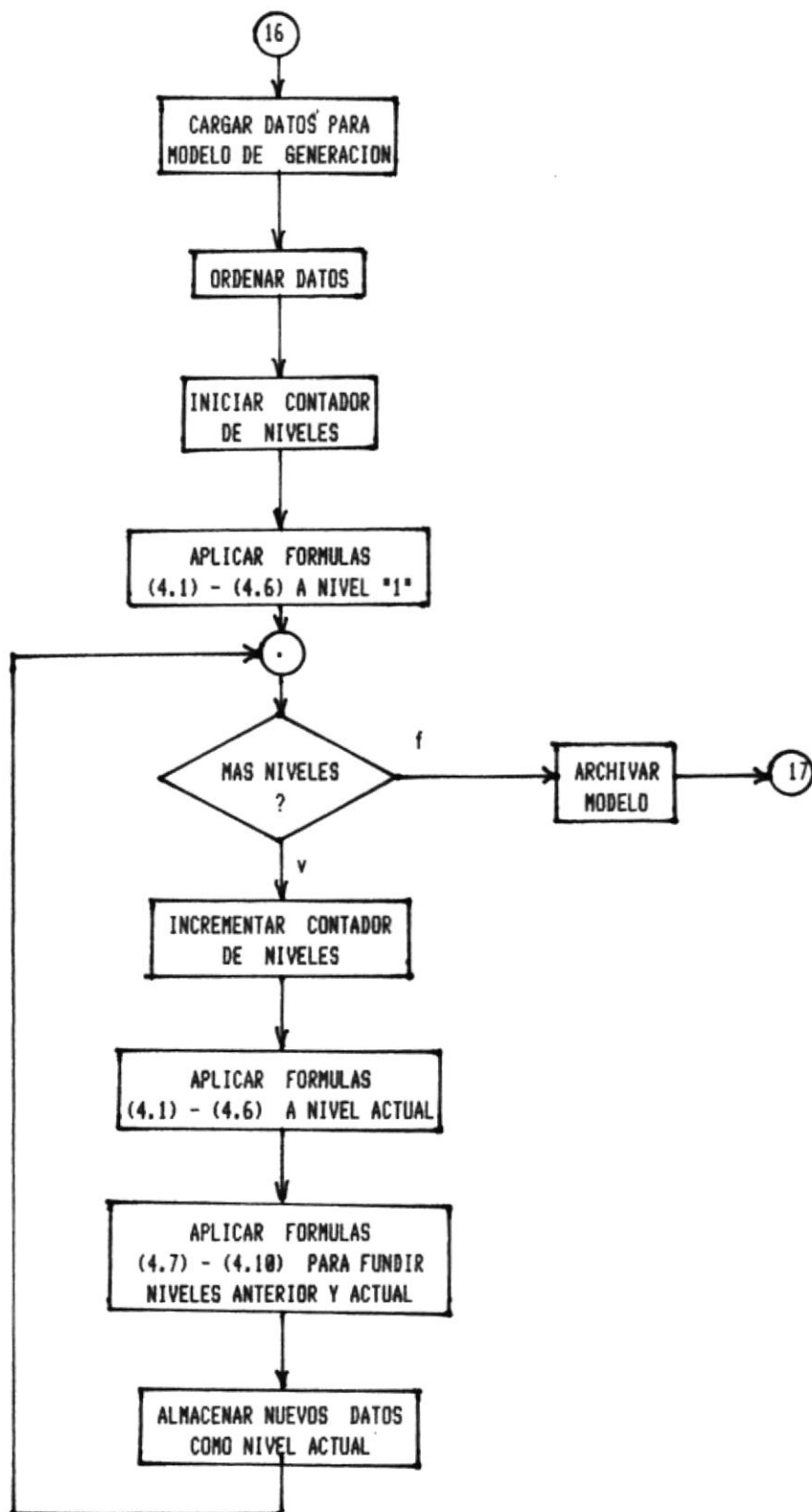


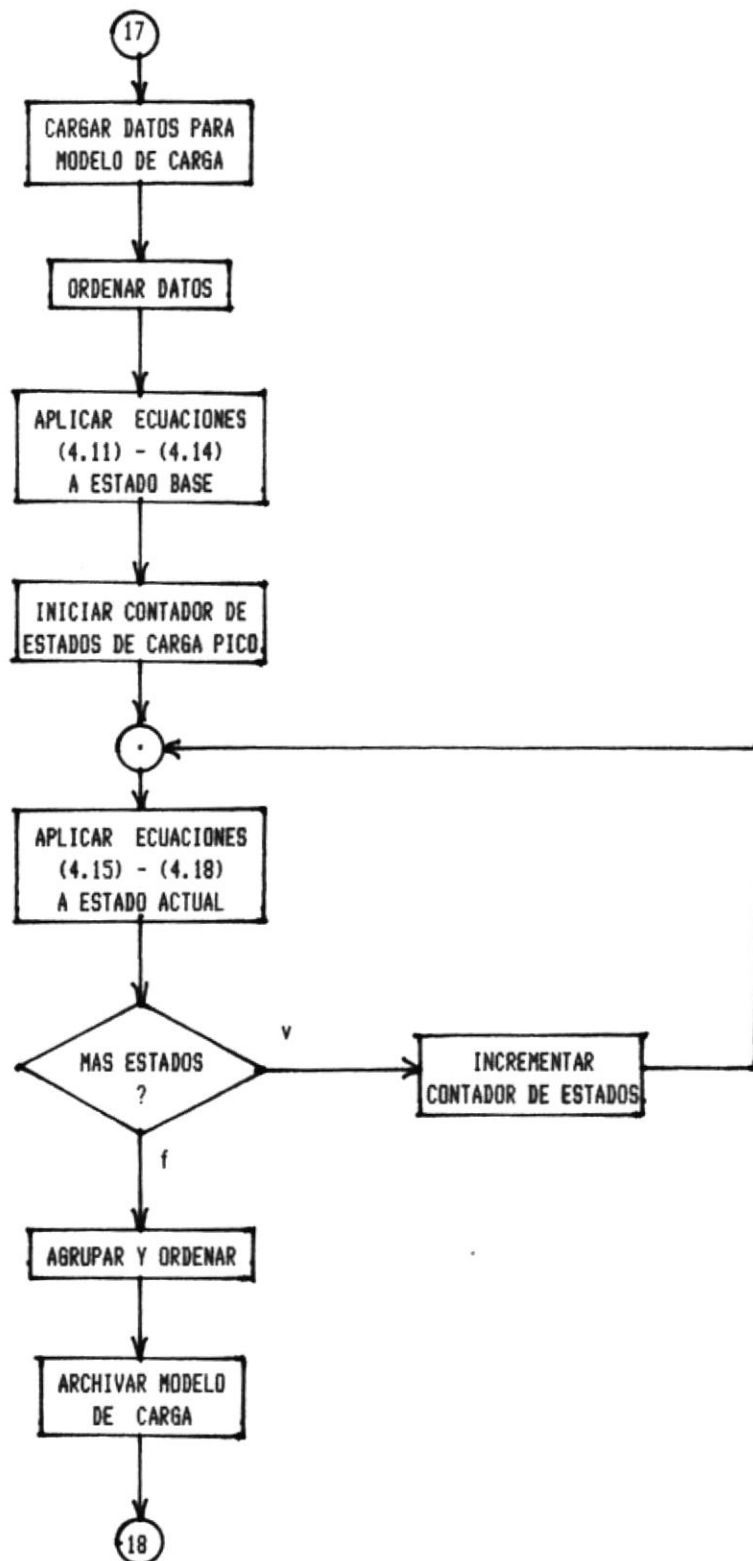


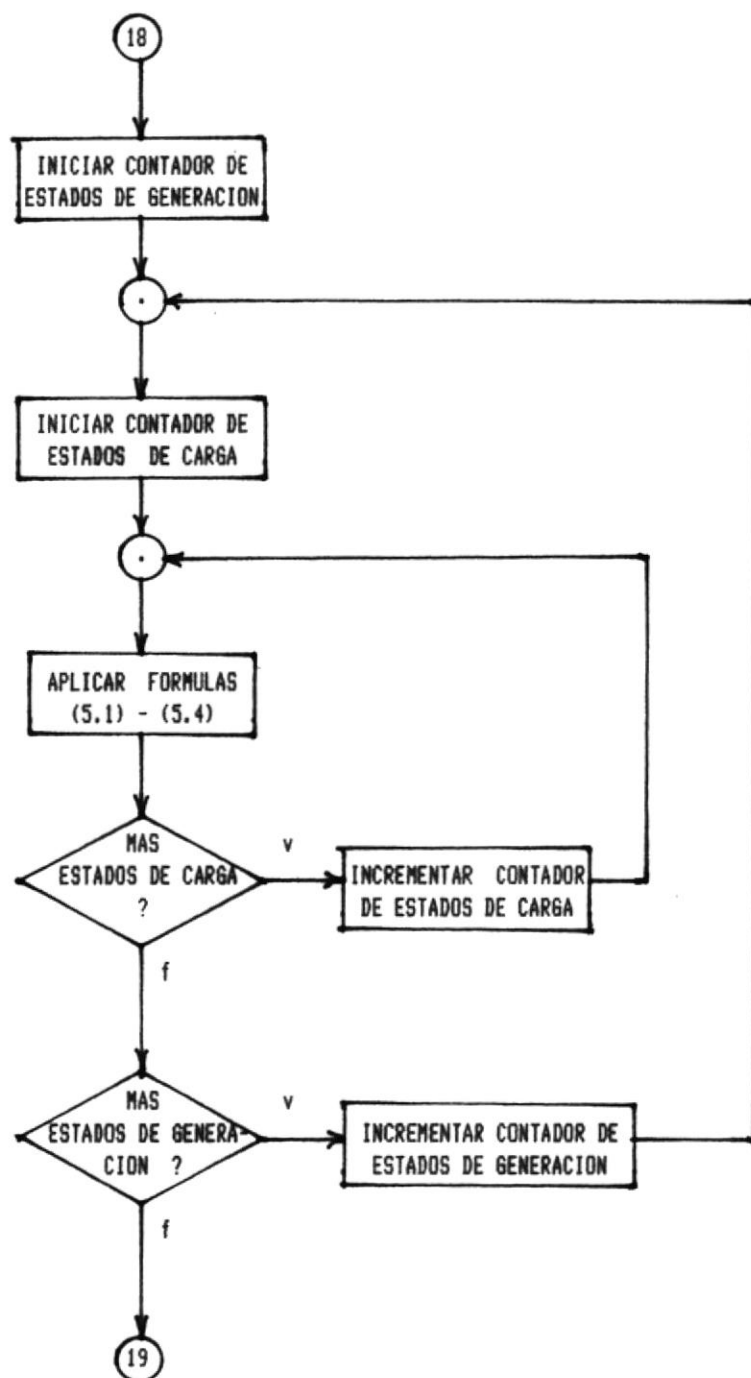


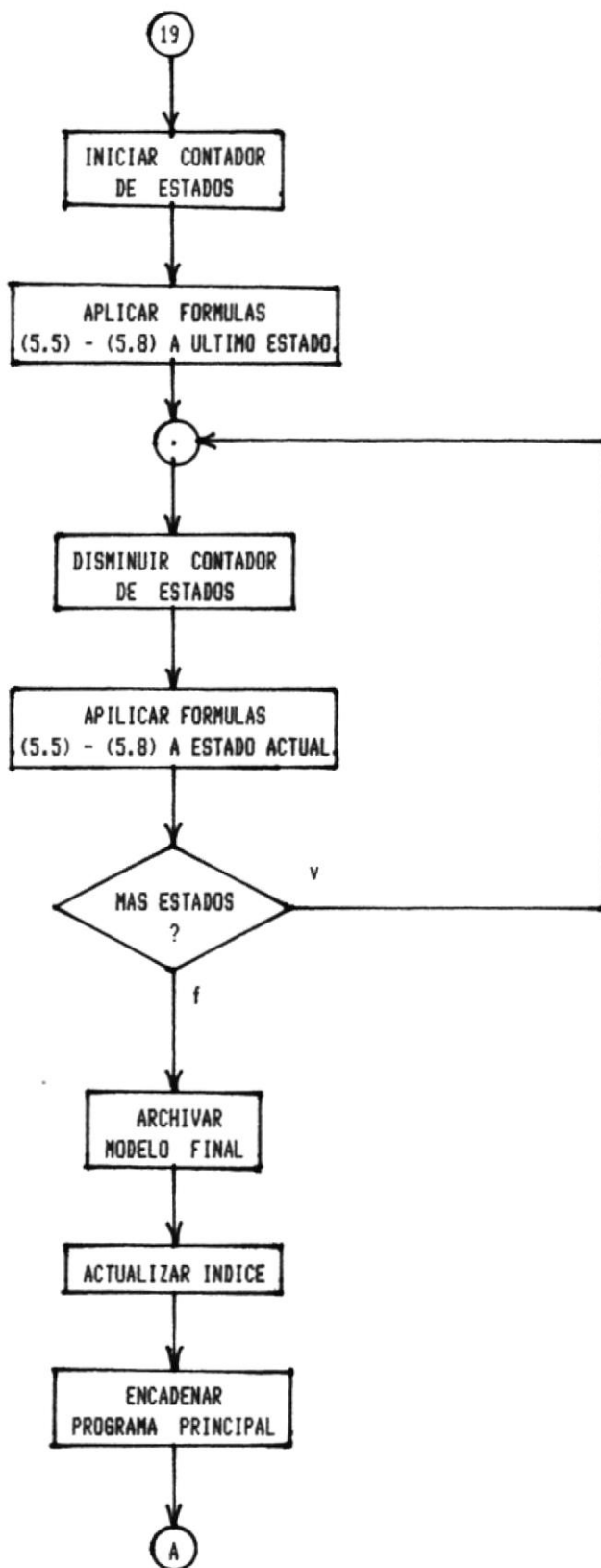














## APENDICE B

### MANUAL DE OPERACION

Es relativamente sencillo utilizar el programa de evaluación de confiabilidad debido a que el acceso a las diferentes rutinas del programa se realiza por medio de menú de funciones.

#### Cómo cargar el programa

El programa ha sido diseñado para tomar ciertos datos de la unidad por omisión de disco, por lo tanto, el disco que contiene el programa debe colocarse en dicha unidad, o en su defecto, cambiar la unidad por omisión seleccionando la unidad que contiene el disco del programa.

Para correr el programa se necesita cargar primero el interpretador BASIC y luego el programa "EVCON.BAS". Al dar el comando "RUN", el programa se encarga de tomar los datos que requiere desde la unidad por omisión para dibujar la pantalla de presentación del programa. El disco contiene un archivo de comandos "EVCON.BAT", preparado para llegar hasta esta parte, desde el D.O.S., con el único mando "EVCON".





ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ELECTRICA**

FECHA <dd/mm/aa> ?  /---/---

NOMBRE : -----

PROYECTO -----

-----



Figura B.1. Pantalla de presentación

En este punto, la pantalla del computador es igual a la figura (B.1); el programa espera que se digite la fecha en formato "día/mes/año", luego el nombre de quien está utilizando el programa y, un título para el proyecto que se evaluará.

#### Cómo finalizar la ejecución

Para finalizar la ejecución del programa es necesario escribir "OFF" en el lugar de la fecha, o el nombre, o el título del proyecto, sin importar si se utilizan mayúsculas ó minúsculas; consecuentemente, es preciso reiniciar la ejecución seleccionando la función "4" del menú de rutinas (Fin de sesión).

#### Seleccionando la fuente de datos

Durante la ejecución del programa es necesario consultar muchas veces los archivos de datos creados por el usuario, estos datos pueden residir en una unidad de disco cualquiera, pero el programa debe saber cual es, y por eso ofrece un menú que permite seleccionarla utilizando las teclas de dirección derecha e izquierda hasta que el puntero señale la letra de la unidad seleccionada; entonces basta presionar <RETURN>.

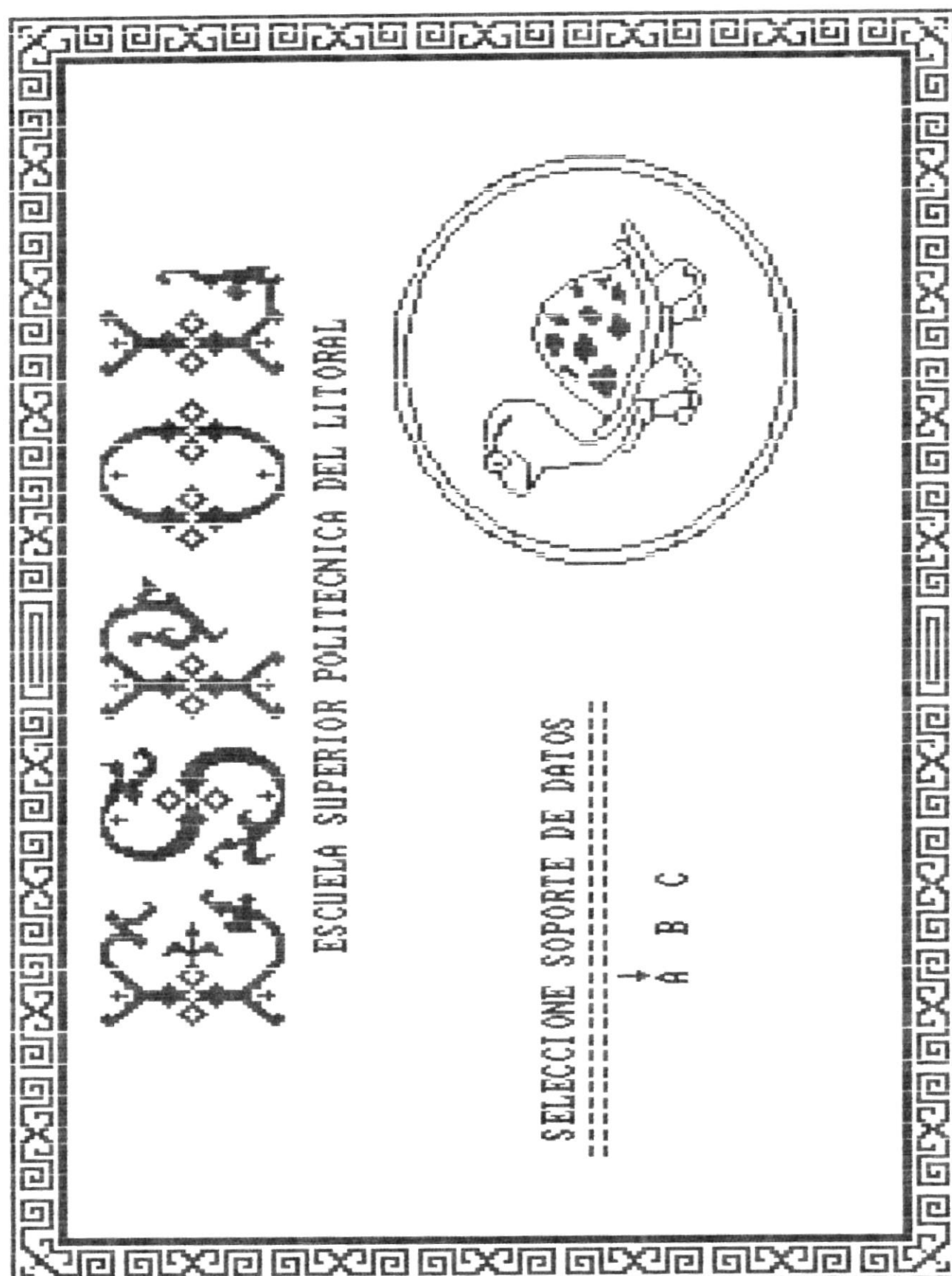


Figura B.2. Seleccionando el disco de datos

La figura (B.2) muestra la pantalla del computador durante la selección de la fuente de datos.

Es necesario recalcar que esta selección se realiza una sola vez al inicio del programa, por consiguiente, si se requiere cambiar la unidad de soporte de datos, se debe reiniciar el programa seleccionando la función "4" del menú de rutinas.

### Selección de rutinas

La figura (B.3) muestra la pantalla del computador mientras éste solicita el número de la rutina seleccionada.

```
          R U T I N A S
=====

[1] ==> ARCHIVOS
[2] ==> DATOS
[3] ==> EVALUACION
[4] ==> FIN DE SESION

Seleccione un comando
```

Figura B.3. Menú de rutinas

El número "1" permite el acceso a la rutina de manejo de archivos, sus funciones se explican más adelante. El número "2" permite el acceso a la rutina de edición de datos. El número "3" permite acceder al programa de evaluación propiamente tal. El número "4" reinicia la ejecución del programa.

### Manejo de archivos

Esta rutina maneja por igual los archivos de datos para modelos de generación, para modelos de carga, o de resultados de una evaluación, sin embargo, el programa debe saber que clase de archivos se desea manipular, para este propósito ofrece la pantalla que se muestra en la figura (B.4), para luego pasar a la pantalla de la figura (B.5), en la cual se selecciona del menú, la función que se desea realizar.

```
      A R C H I V O S
      =====

[1] ==> DATOS DE CARGA
[2] ==> DATOS DE GENERACION
[3] ==> RESULTADOS
[5] ==> MENU DE RUTINAS

Seleccione una opcion
```

Figura B.4. Menú de archivos



BIBLIOTECA

```

* * GENERACION * *
=====

[1] ==> DIRECTORIO

[2] ==> LISTAR EN PANTALLA

[3] ==> LISTAR EN PAPEL

[4] ==> BORRAR

[5] ==> MENU ANTERIOR

Seleccione una opcion

```

Figura B.5. Funciones de la rutina archivos

Cuando se selecciona la función "1" (Directorio), el programa lee el archivo índice correspondiente a la clase de archivos que se está procesando, y lo presenta en la pantalla en un formato similar al de la figura (B.6).

ARCHIVOS DE GENERACION			
DIRECTORIO			
No.	Nombre	Observaciones	Fecha
====	=====	=====	=====
1	PLANGEN	PRUEBA	89/02/14
2	SISNAC	SISTEMA NACIONAL INTERCONEC	89/04/28
3	SIGUAY	PRUEBA A	09/06/89
4	TEXTO	EVALUACION CON DATOS DE TEXTO	29/06/89
5	PG1	EVALUACION DE DATOS FICTICIOS	01/07/89
6	IEEE	PRUEBA	15/07/89
7	PRUBIN	PRUEBA INICIAL	07/08/89

7 ARCHIVOS

Figura B.6. Modelo de un Índice de Archivos.

Las otras funciones, excepto la "5", requieren un nombre de archivo, el cual debe existir en el índice o directorio, de lo contrario, el programa envía un mensaje intermitente de error y termina por cancelar la función seleccionada. Si no se da nombre al archivo y simplemente se presiona <RETURN>, se cancela la función sin enviar ningún mensaje de error.

La función "2" lista en la pantalla los datos de un archivo en un formato similar al de la figura (B.7), mientras la función "3" lista los datos en papel empleando el formato de la figura (B.8).

NOMBRE .....		FECHA ..	
ALVARO PONTON FRUGONE		:02-OCT-89	
PROYECTO ...:IEEE PRUEBA			
DATOS DE GENERACION			
CANTIDAD UNIDADES	CAPACIDAD DE CADA UNIDAD [ MW ]	TASA DE FALLA [ 1/AÑO ]	TASA DE REPARACION [ 1/AÑO ]
5	12	2.98000	146.0000
4	20	19.46700	175.2000
6	50	4.42400	438.0000
4	76	4.47000	219.0000
3	100	7.30000	175.2000
4	155	9.12500	219.0000
3	197	9.22000	175.2000
1	350	7.61700	87.6000
2	400	7.96400	58.4000

[ - ] pag.anterior .. [ + ] pag.siguiete .. [ / ] salida

Figura B.7. Publicación de datos por pantalla



E S P O L			
=====			
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL			
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA			
=====			
NOMBRE.....	ALVARO PONTON FRUGONE	FECHA...:	02-OCT-89
PROYECTO ...:	IEEE PRUEBA		
=====			
DATOS DE GENERACION			
=====			
CANTIDAD	CAPACIDAD DE	TASA	TASA DE
UNIDADES	CADA UNIDAD	DE FALLA	REPARACION
	[ MW ]	[ 1/AÑO ]	[ 1/AÑO ]
=====			
5	12	2.98000	146.0000
4	20	19.46700	175.2000
6	50	4.42400	438.0000
4	76	4.47000	219.0000
3	100	7.30000	175.2000
4	155	9.12500	219.0000
3	197	9.22000	175.2000
1	350	7.61700	87.6000
2	400	7.96400	58.4000
=====			

Figura B.8. Publicación de datos por papel

Con la función "4" del menú de archivos se borran los archivos que no se necesitan y que pertenezcan a este programa, esta función consulta y actualiza el índice o directorio, y solicita al usuario la confirmación de la orden de borrar un archivo luego de presentar en la pantalla los datos del directorio relativos al archivo que se desea borrar. El computador presenta una pantalla como la de la figura (B.9).

La función "5" permite regresar al menú anterior para seleccionar otra clase de archivos o regresar al menú principal para seleccionar otra rutina.

```

BORRAR ARCHIVOS

NOMBRE DEL ARCHIVO? ssnac

SSNAC      SISTEMA NACIONAL INTERCONEC 89/04/28

Esta seguro de borrar este archivo ...[S/N]?
Desea borrar otro archivo ...[S/N]

```

Figura B.9. Rutina para borrar archivos

### Edición de datos

Se llega a esta rutina al digitar "2" en el menú principal. El propósito de esta rutina es facilitar el ingreso de los datos al computador, editar los archivos correctamente y mantener los archivos índice lo más actualizados posible. Lo primero que se necesita conocer es qué clase de archivo se desea editar para ello el computador presenta el menú de la figura (B.10). En el acto, pasa al menú de la figura (B.11) en el cual se selecciona una de las cinco funciones disponibles.

```

          D A T O S
          =====

[1] ==> DATOS DE CARGA

[2] ==> DATOS DE GENERACION

[5] ==> MENU DE RUTINAS

Seleccione una opcion

```

Figura B.10. Menú de datos.

```

* * GENERACION * *
=====

[1] ==> BORRAR

[2] ==> CARGAR

[3] ==> GRABAR

[4] ==> EDICION

[5] ==> MENU ANTERIOR

Seleccione una opcion
```

Figura B.11. Funciones de la rutina de datos.

La función "1" permite borrar todos los datos que se han editado hasta el momento, dado que al hacerlo se perderían los datos, el programa solicita que se confirme la orden.

La función "2" permite cargar datos desde algún archivo creado anteriormente, esto facilita la revisión de archivos de datos para hacer correcciones o ampliar los datos.

Con la función "3" es posible grabar los datos editados en un archivo de disco, para ello el programa solicita un nombre y comprueba si existe o no un archivo con dicho nombre. En el caso de que ya existe un archivo, se pide confirmar ó cancelar la orden de grabar los datos.

La función "4" es pròpiamente para editar el archivo de datos. En este punto, el computador presenta una pantalla como la de la figura (B.12) pero sin datos y con la etiqueta que corresponde a la clase de archivo que se edita. Esta función tiene 5 subcomandos: El subcomando "A" mueve el cursor al renglón de datos inmediato superior. El subcomando "B" mueve el cursor al renglón de datos inmediato inferior. El comando "E" elimina una fila de datos y por lo tanto requiere ser confirmado. El comando "I" sirve para ingresar una fila de datos, entonces el computador pregunta los valores que necesita para llenar la tabla de datos. El subcomando "F" sirve para finalizar la edición de los datos y regresar al menú de funciones.

NOMBRE :.....		FECHA:..19-DIC-89		
PROYECTO :...				
DATOS PARA EL MODELO DE GENERACION				
	CANTIDAD UNIDADES	CAPACIDAD DE CADA UNIDAD [ MW ]	TASA DE FALLA [ 1/AÑO ]	TASA DE REPARACION [ 1/AÑO ]
=>	5	12	2.980	146.000
	4	20	19.467	175.200
	6	50	4.424	438.000
	4	76	4.470	219.000
	3	100	7.300	175.200
	4	155	9.125	219.000
	3	197	9.220	175.200
	1	350	7.617	87.600
	2	400	7.964	58.400
	0	0	0.000	0.000
	32	3405	<=== TOTAL	
<A>riba.....<B>ajo.....<E>liminar.....<I>ngresar.....<F>in edicion				
ESPACIO DISPONIBLE PARA DATOS ... 46.66667 %				

Figura B.12. Edición de datos.

La función "5" permite regresar al menú anterior a fin de editar otra clase de archivo o regresar al menú principal.

### Evaluación

Se llega a esta rutina digitando el número "3" en el menú de funciones. En este punto el programa solicita los nombres de los archivos que contienen los datos para los modelos de generación y carga y, el nombre del archivo en el cual se guardarán los resultados de la evaluación. Si uno de estos nombres se da en blanco, el programa retrocede un paso, pudiendo, de esta manera, terminar cancelando la evaluación.

```

NOMBRE :....ALVARO F. PONTON FRUGONE          FECHA:..26-NOV-89
PROYECTO :...EVALUACION CON DATOS DE PRUEBA

----- EVALUACION -----

ARCHIVO CON DATOS DE GENERACION .....? plangen
ARCHIVO CON DATOS DE CARGA .....? plangen
ARCHIVO PARA GUARDAR RESULTADOS .....? plangen
FACTOR DE APROXIMACION .....? .0000001

PLANGEN      EVALUACION CON DATOS DE PRUEBA      26-NOV-89
ESCRIBIR SOBRE ESTE ARCHIVO  [S/N]...?

```

Figura B.13. Evaluación.

Cuando un nombre de archivo de datos no existe en el índice, el programa pregunta nuevamente los nombres de los dos archivos. Si el nombre del archivo de resultados ya existe, se solicita confirmar la orden o cambiar el nombre del archivo.

Cuando se ha aceptado el nombre del archivo de resultados, el programa pregunta por el valor del factor de aproximación, el cual debe ser menor que uno debido a que al evaluar el modelo se eliminan todos los estados cuya capacidad es menor que el factor de aproximación.

La figura (B.13) muestra la pantalla del computador mientras solicita los nombres de los archivos que necesita. Las figuras (B.14), (B.15), (B.16) y (B.17) muestran algunas de las pantallas que presenta el computador mientras realiza la evaluación matemática de los modelos.

NOMBRE ...: ALVARO F. PONTON FRUGONE		FECHA ..: 26-NOV-89
PROYECTO .: EVALUACION CON DATOS DE PRUEBA		
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">           M O D E L O   D E   G E N E R A C I O N         </div>		
<hr/>		
NIVEL : 3	ESTADOS EVALUADOS : 37	TOTAL ESTADOS : 37
<hr/>		
.....		37

Figura B.14. Modelo de Generación

NOMBRE ...: ALVARO F. PONTON FRUGONE		FECHA ..: 26-NOV-89
PROYECTO .: EVALUACION CON DATOS DE PRUEBA		
MODELO DE CARGA		
NIVEL : 2	ESTADOS EVALUADOS : 3	TOTAL ESTADOS : 3
...		3
* * ... GRABANDO RESULTADOS ... * *		
[ MODELO COMPLETO ]		

Figura B.15. Evaluación del modelo de carga.

NOMBRE ...: ALVARO F. PONTON FRUGONE		FECHA ..: 26-NOV-89
PROYECTO .: EVALUACION CON DATOS DE PRUEBA		
CONVOLUCION GENERACION - CARGA		
NIVEL :	ESTADOS EVALUADOS : 42	TOTAL ESTADOS : 148
.....		42

Figura B.16. Convolución de modelos de generación y carga.

NOMBRE ...: ALVARO F. PONTON FRUGONE		FECHA ...: 26-NOV-89
PROYECTO ..: EVALUACION CON DATOS DE PRUEBA		
RESULTADOS ACUMULADOS		
NIVEL :	ESTADOS EVALUADOS :	TOTAL ESTADOS :
	74	74
* * ... GRABANDO RESULTADOS ... * *		
[ MODELO COMPLETO ]		

Figura B.17. Márgenes de generación con probabilidad acumulada



## APENDICE C

### EJEMPLO DE ENTRADA DE DATOS

Para ilustrar la operación del programa, presentamos un ejemplo de entrada de datos tomados de un reporte de la IEEE, y que se presentan en las siguientes tablas.

Cantidad	Capacidad	MTTF	MTTR
5	12 MW.	2940 h.	60 h.
4	20 MW.	450 h.	50 h.
6	50 MW.	1980 h.	20 h.
4	76 MW.	1960 h.	40 h.
3	100 MW.	1200 h.	20 h.
4	155 MW.	960 h.	40 h.
3	197 MW.	950 h.	50 h.
1	350 MW.	1150 h.	100 h.
2	400 MW.	1100 h.	150 h.

Tabla C.1. Datos para el modelo de generación.

Carga	No. repet	Fac. exp.
2687	12	0.6
2454	82	0.6
2188	108	0.6
1953	116	0.6
1593	47	0.6
1485	365	0.4

Tabla C.2. Datos para el modelo de carga.



## ENTRANDO DATOS DE CARGA.

La IEEE suele presentar sus datos para el modelo de carga en tres tablas diferentes las cuales contienen información de los picos de carga de cada semana del año en porcentaje del pico de carga anual, del pico diario de carga en porcentaje del pico de carga semanal y, del pico de carga de cada hora como porcentaje del pico de carga del día según la época del año.

El programa utiliza un modelo discretizado a dos niveles por consecuencia es necesario procesar estos datos a fin de obtener las variables que el programa necesita. Esta información se la presenta condensada en la tabla C.2.

Es el momento de cargar el programa como se indica en el apéndice B. Digitando la fecha, el nombre y un título para el proyecto, pasamos a la seleccionar el disco de datos y así entrar en el menú de rutinas. En este punto seleccionamos la función 2 que es la que permite el ingreso de datos, y del menú de datos tomamos la función 1 para los datos de carga.

Nos encontramos con el menú de funciones. Seleccionando la función 4, entramos en modo de edición de datos para lo cual tenemos 5 sub-comandos <a>, <b>, <e>, <i>, <f>.



Para ingresar los siguientes datos, presionamos nuevamente la tecla <i>, el computador preguntará solamente el valor del pico de carga y la frecuencia con que éste se presenta, dado que los otros valores se estima que son constantes.

Para este ejemplo tomamos los datos de la tabla C.2., y una vez que están todos los datos ingresados, tendremos una pantalla semejante a la figura C.2. Entonces salimos del editor con la letra <f> y grabamos los datos en un archivo cualquiera empleando la función 3. Para regresar al menú de rutinas presionamos dos veces la tecla <5>.

NOMBRE :.....ALVARO F. PONTON FRUGONE		FECHA:..05-DIC-89		
PROYECTO :...INGRESO DE DATOS				
DATOS PARA CARGA				
	CARGA BASE [ MW ]	CARGA PICO [ MW ]	DURACION [ P.U. ]	FRECUENCIA [CIC/PERIOD]
	1485	2687	0.600	12.000
	1485	2454	0.600	82.000
	1485	2188	0.600	108.000
	1485	1953	0.600	116.000
	1485	1593	0.600	47.000
=>	0	0	0.000	0.000
	0	0	0.000	0.000
	0	0	0.000	0.000
	0	0	0.000	0.000
	0	0	0.000	0.000

<A> arriba.....<B> abajo.....<E> eliminar.....<I> ingresar.....<F> fin edicion

ESPACIO DISPONIBLE PARA DATOS ... 91.66666 %

Figura C.2. Datos de carga.

## INGRESANDO DATOS DE GENERACION

Para el modelo de generación, se puede alimentar al computador con los datos de la tabla C.1. teniendo en cuenta que la tasa de fallas es el recíproco multiplicativo del MTTF y, la tasa de reparaciones es el recíproco multiplicativo del MTTR, expresandolas en 1/año.

Editar los datos para el modelo de generación es tan sencillo como para los datos de carga, de hecho la única variante son las preguntas que realiza el computador.

Partiendo del menú de rutinas presionamos dos veces la tecla <2> y luego el <4>, para ingresar en el editor de datos. Para este ejemplo tomamos los datos de la tabla C.1. con las correcciones indicadas. Al ingresar el último dato tendremos una pantalla igual a la figura C.3.

En este punto podemos abandonar el editor de datos presionando la <f> y grabamos los datos en un archivo mediante la función 3. No es importante si se utiliza el mismo nombre de archivo que para los datos de carga, dado que el computador les asigna una extensión diferente.

NOMBRE :.....ALVARO F. PONTON FRUGONE  
 PROYECTO :...INGRESO DE DATOS

FECHA:..05-DIC-89

DATOS PARA EL MODELO DE GENERACION

CANTIDAD UNIDADES	CAPACIDAD DE CADA UNIDAD [ MW ]	TASA DE FALLA [ 1/AÑO ]	TASA DE REPARACION [ 1/AÑO ]
5	12	2.980	146.000
4	20	19.467	175.200
6	50	4.424	438.000
4	76	4.470	219.000
3	100	7.300	175.200
4	155	9.125	219.000
3	197	9.220	175.200
1	350	7.617	87.600
2	400	7.964	58.400
=> 0	0	0.000	0.000
32	3405	<== TOTAL	

<A>rriba.....<B>ajo.....<E>lminar.....<I>ngresar.....<F>in edicion

ESPACIO DISPONIBLE PARA DATOS ... 46.66667 %

Figura C.3. Datos de generadores.

## APENDICE D

### EJEMPLO DE SALIDA DE RESULTADOS

En este anexo presentamos un resumen de los resultados que entrega el programa cuando se utilizan los datos de la sección anterior, a la vez se ilustra la secuencia de las opciones que se deben seleccionar para lograr el listado en papel o en pantalla.

Partiendo del supuesto de que se tiene un archivo con los resultados de una evaluación, seleccionamos la opción "archivos" (1) del menú general. En este punto pedimos la opción resultados (3), y enseguida, alguna de las funciones de listado sea pantalla (2) o papel (3).

Cuando se pide el listado por pantalla, el computador presenta los resultados sin permitir el acceso al archivo; se dispone de subcomandos para desplazar los datos en la pantalla. Cuando se pide el listado por papel, solo se permiten dos modalidades: hoja por hoja o continuo.

E S P O L				
=====				
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL				
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA				
=====				
NOMBRE.....ALVARO F. PONTON FRUGONE			FECHA...:06-AUG-99	
PROYECTO ....MODELO PATRON IEEE				
=====				
SINTESIS DEL MODELO DE GENERACION				
=====				
C A R A C T E R I S T I C A S		P R O P A R I E T A D		FRECUENCIA
EN LINEA	PERDIDA	INDIVIDUAL	AGREGADA	EN EL ARD :
=====				
3425	0	2.2363909	2.9598931	-2.07
3399	11	2.2241248	2.7654956	56.27
3373	32	2.2107223	2.6032252	56.26
3355	52	2.2043268	2.5245958	52.41
3329	51	2.2026498	2.5537829	55.96
3303	122	2.2039912	2.5471875	53.25
3278	112	2.2030542	2.5164354	54.47
3238	175	2.2175107	2.4450851	47.97
3225	121	2.2212866	2.3812179	44.37
3198	217	2.2168309	2.2727256	42.31
3161	249	2.2282281	2.2453197	36.67
3146	257	2.2002228	2.2362995	33.84
3143	255	2.2222131	2.2354594	33.48
3123	325	2.2224382	2.2224325	29.29
3255	327	2.2223543	2.2126142	16.29
3233	371	2.2227812	2.2111921	16.32
3225	422	2.2557299	2.2517594	23.42
2956	449	2.2000133	2.1450748	32.07
2862	545	2.2222539	2.1224232	21.21
2934	575	2.2248662	2.2206919	13.34
2925	522	2.2223577	2.2522235	13.59
2756	649	2.2221219	2.2494316	11.62
2635	772	2.2224956	2.2298418	6.93
2611	794	2.2225565	2.2252631	5.75
2595	812	2.2211193	2.2185276	5.33
2553	852	2.2222558	2.2135358	4.42
2522	925	2.2229360	2.2122517	3.46
2492	912	2.2221713	2.2295123	3.12
2467	928	2.2222384	2.2285623	2.75
2455	825	2.2222643	2.2272835	2.53
2425	959	2.2222419	2.2258689	2.16
2413	957	2.2221216	2.2251271	2.09
2402	1225	2.2221631	2.2241626	1.64
2341	123	2.2220129	2.2224295	2.89
2122	1321	2.2222528	2.2222864	0.11
2059	1347	2.2222525	2.2221425	3.25
=====				

Figura D.1. Reporte reducido del modelo de generación.



La figura D.1. muestra un resumen del modelo de generación de los datos de la IEEE del anexo anterior; estos resultados se evaluaron con un factor de aproximación de 0.000001 obteniéndose más de mil estados, y por ello solo se presentan en la figura los datos más significativos.

La figura D.2. muestra los estados del modelo de carga del mismo ejercicio. La figura D.3. presenta los resultados de la convolución de los modelos de carga y generación, también recortado por las mismas razones del modelo de generación.

E S P O L			
=====			
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL			
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA			
=====			
NOMBRE.....	ALVARO F. RONDON FRIEDNE	FECHA.....	116-AGO-89
PROYECTO.....	MODELO PATRON IEEE		
=====			
SINTESIS DEL MODELO DE CARGA			
=====			
CARGA	PROBABILIDAD	ME	DE
WATT		100VA	100VA
=====			
1485	0.50220202	2.02	2.02
1593	0.26433359	2.02	2.02
1953	0.10892410	0.02	2.02
2189	0.14794520	2.02	2.02
2484	0.11232898	0.02	2.02
2687	0.01843369	0.02	2.02
=====			

Figura D.2. Reporte final del modelo de carga.

E S P O L				
=====				
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITO-AL				
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA				
=====				
NOMBRE: ALVARO P. PONTON FRUONE			FECHA: 106-AGO-89	
PROYECTO: MODELO PATRON IEEE				
=====				
MARGENES DE GENERACION				
=====				
MARGEN	F R E C U E N C I A		FRECUENCIA	DURACION
%	INDIVIDUAL	ACUMULADA	(HARTZ)	(DIAS)
=====				
1920	0.11819552	0.9671312	2.22	2.22
1908	0.01106240	0.8490358	85.28	0.64
1922	2.25280228	2.6389708	85.22	0.21
1888	2.20526116	2.7839488	108.84	2.09
1878	2.20718302	2.8789278	148.28	2.11
1808	2.20202492	2.9471778	158.48	2.72
1828	2.2499882	0.7410328	161.87	2.87
1828	2.22182708	2.7122638	168.18	2.88
1748	2.22175508	2.6881611	168.88	2.84
1728	2.22084388	2.6298111	182.48	2.15
1721	2.22141544	2.6128178	182.88	2.12
1877	2.2028411	2.6071402	208.47	2.27
1888	2.2228718	2.5936448	228.48	2.28
1811	2.22224188	2.5872917	228.12	2.24
1881	2.22228942	2.5814287	238.21	2.23
1848	2.22289111	2.5681258	219.87	2.98
1818	2.2228821	2.5218982	258.81	2.78
1768	2.22284321	2.4921168	287.87	2.87
1872	2.22188721	2.3928819	228.89	2.82
1841	2.22211078	2.3728988	219.82	2.88
1288	2.22289897	2.1428482	221.89	2.88
1821	2.22281442	2.3258148	212.81	2.88
1788	2.22124848	2.1818124	172.82	2.88
1822	2.22124877	2.1258484	188.84	2.81
1887	2.22217818	2.1228118	188.77	2.81
1822	2.22288187	2.1791847	182.88	2.82
188	2.22218128	2.1714882	181.42	2.82
911	2.22288848	2.1137274	94.29	2.48
877	2.22279888	2.1038482	88.88	2.47
812	2.22288818	2.0888588	88.28	2.47
748	2.22282142	2.0887781	48.22	2.48
718	2.22282828	2.0477882	17.88	2.47
817	2.22281488	2.0127117	17.28	2.48
882	2.2221848	2.0134888	18.28	2.82
818	2.22288821	2.012842	18.41	2.82
=====				

Figura D.3. Reporte reducido del modelo completo.

La figura D.4. presenta los valores de indisponibilidad del sistema de potencia, estos son tomados del listado anterior basados en el criterio del primer estado con margen de generación negativo, y presentado bajo otra unidad dimensional.

```

      E S P G L
=====
      ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
      FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
=====
      NOMBRE.....VALDAR F. PONTÓN PRUDOME                FECHA.....1984-08-09
      PROYECTO.....MODELO PATRON IEEE
=====
      RESULTADOS FINALES
=====
      INDISPONIBILIDAD : 0.720997  : 00AS/HAC
      FRECUENCIA .....: 1.774198  : 00ALRB/HAC
      DURACION .....: 0.400065  : 00AS/HALLA
=====

```

Figura D.4. Síntesis final del modelo completo.

APENDICE E

LISTADO

```

10 REM -----
20 REM -----
30 REM -----< ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL >-----
40 REM -----< FACULTAD DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD >-----
50 REM -----< ESPECIALIZACION POTENCIA >-----
60 REM -----< PROGRAMA "EVCON.BAS" >-----
70 REM -----< TESIS DE GRADO >-----
80 REM -----< ALVARO FRANCISCO PONTON FRUGONE >-----
90 REM -----< *--< 1 9 8 9 >--* >-----
100 REM -----
110 REM -----
120 CLS:DD$="A":COLOR 12,9
130 DIM U$(2000)
140 REM ----- MENU DE BIENVENIDA -----
150 REM ----- Graficar logotipo -----
160 SCREEN 2:WIDTH 80
170 KEY OFF:CLS
180 DEF SEG=&HB800:GET (0,0)-(30,20),U$
190 BLOAD"EVCON.DAT",0
200 REM ----- Cuestionario inicial (fecha,nombre,proyecto) -----
210 LOCATE 16,55
220 INPUT FECHA$
230 IF FECHA$="OFF" OR FECHA$="off" THEN 1960
240 IF VAL(RIGHT$(FECHA$,2))<88 OR VAL(LEFT$(FECHA$,2))<1 OR
VAL(LEFT$(FECHA$,2))>31 OR VAL(MID$(FECHA$,4,2))<1 OR
VAL(MID$(FECHA$,4,2))>12 THEN 210 ELSE GOSUB 5020
250 LOCATE 18,45
260 INPUT A$:IF A$="OFF" OR A$="off" THEN 1960
270 GOSUB 5410:USUARI$=A$:LOCATE 20,47
280 GOSUB 5320:IF A$="OFF" OR A$="off" THEN 1960 ELSE SISTEM$=A$
290 IJ=ASC(DD$)-64
300 RESTORE 330:FOR I=1 TO 57
310 READ X,Y:PUT (X,Y),U$,PSET
320 NEXT I
330 DATA 210,75,240,75,270,75,300,75,330,75,360,75,390,75,420,75,450,75,480,75,5
10,75,540,75,570,75,570,95,570,115,570,135,570,155,540,155,510,155,480,155,450,1
55,420,155,390,155,360,155,330,155,300,155,270,155,270,135,270,115,270,95,300,95
,330,95,360,95
340 DATA 390,95,420,95,450,95,480,95,510,95,540,95,540,115,540,135,510,135,480,1
35,450,135,420,135,390,135,360,135,330,135,300,135,300,115,330,115,360,115,390,1
15,420,115,450,115,480,115,510,115
350 GET (60,85)-(270,180),U$
360 FOR I=10 TO 22:LOCATE I,6:PRINT STRING$(35,32):NEXT I
370 PUT (360,75),U$,PSET
380 LOCATE 15,10:PRINT "SELECCIONE SOPORTE DE DATOS"
390 LOCATE 16,9:PRINT STRING$(29,61)
400 LOCATE 18,20:PRINT "A B C"
410 LOCATE 17,(IJ*3+17):PRINT CHR$(25)
420 GOSUB 5210:LOCATE 17,(IJ*3+17):PRINT CHR$(32)
430 IF B$=CHR$(0)+"K" THEN IJ=IJ-1
440 IF B$=CHR$(0)+"M" THEN IJ=IJ+1
450 IF IJ<1 THEN IJ=3
460 IF IJ>3 THEN IJ=1

```

```

470 IF ASC(B$)=13 THEN 480 ELSE 410
480 DD$=CHR$(IJ+64)+": "
490 ON ERROR GOTO 5490:GOTO 510
500     RUN 120
510     DIM UND(50),CAP(50),DIS(50),FAL(50),DFZ(50)
520 REM ----- MENU DE COMANDOS -----
530 WIDTH 40:SCREEN 0:COLOR 14,14:CLS
540     LOCATE 7,12:PRINT " R U T I N A S"
550     LOCATE 8,11:PRINT "===== "
560     LOCATE 11,12:PRINT "[1] ==> ARCHIVOS"
570     LOCATE 13,12:PRINT "[2] ==> DATOS"
580     LOCATE 15,12:PRINT "[3] ==> EVALUACION"
590     LOCATE 17,12:PRINT "[4] ==> FIN DE SESION"
600     LOCATE 19,5:PRINT "Seleccione un comando"
610     GOSUB 5180:GOSUB 5210:I=VAL(B$)
620     IF I<1 OR I>4 THEN 610
630 ON I GOTO 640,1250,1740,500
640 REM ----- SUBROUTINA DE ARCHIVOS -----
650 WIDTH 40:FLAG=1:CLS
660     LOCATE 7,12:PRINT " A R C H I V O S"
670     LOCATE 8,11:PRINT "===== "
680     LOCATE 11,7:PRINT "[1] ==> DATOS DE CARGA"
690     LOCATE 13,7:PRINT "[2] ==> DATOS DE GENERACION"
700     LOCATE 15,7:PRINT "[3] ==> RESULTADOS"
710     LOCATE 17,7:PRINT "[5] ==> MENU DE RUTINAS"
720     LOCATE 19,5:PRINT "Seleccione una opcion"
730     GOSUB 5180:GOSUB 5210
740     I=VAL(B$)
750     IF I=1 THEN REG$="C A R G A":EXT$=".CAR":GOTO 800
760     IF I=2 THEN REG$="GENERACION":EXT$=".GEN":GOTO 800
770     IF I=3 THEN REG$="RESULTADOS":EXT$=".RTD":GOTO 800
780     IF I=5 THEN ERASE UND,CAP,DIS,FAL:DIM UND(550),CAP(500),DIS(
500),FAL(500):GOTO 520
790     GOTO 730
800 WIDTH 40:CLS
810     LOCATE 7,12:PRINT " * * ";REG$;" * *"
820     LOCATE 8,12:PRINT "===== "
830     LOCATE 11,7:PRINT "[1] ==> DIRECTORIO"
840     LOCATE 13,7:PRINT "[2] ==> LISTAR EN PANTALLA"
850     LOCATE 15,7:PRINT "[3] ==> LISTAR EN PAPEL"
860     LOCATE 17,7:PRINT "[4] ==> BORRAR"
870     LOCATE 19,7:PRINT "[5] ==> MENU ANTERIOR"
880     LOCATE 21,5:PRINT "Seleccione una opcion"
890     GOSUB 5180:GOSUB 5210
900     I=VAL(B$)
910     IF I<1 OR I>5 THEN 890
920 WIDTH 80:     ON I GOTO 940,990,1130,1190,640
930     GOTO 520
940 REM ----- DIRECTORIO DE ARCHIVOS -----
950 CLS:LOCATE 12,9:PRINT "DIRECTORIO DE ARCHIVOS"
960 LOCATE 14,15:PRINT REG$
970 GOSUB 5250:GOSUB 3050:IF TS=1 OR TS=-1 THEN ERROR 131
980 GOSUB 3160:GOSUB 5210:GOTO 800

```

```

990 REM ----- LISTAR ARCHIVOS EN PANTALLA -----
1000 CLS:LOCATE 12,6:PRINT "LISTAR ARCHIVOS EN PANTALLA"
1010 LOCATE 14,6:INPUT "NOMBRE DEL ARCHIVO";A$:IF A$="" THEN 800
1020 DV$="PANTALLA":TST$="":GOSUB 5410
1030 GOSUB 3050:IF TS=1 OR TS=-1 THEN ERROR 131
1040 GOSUB 3300:IF TS=0 THEN ERROR 53
1050 IF EXT$=".RTD" THEN 1060 ELSE 1100
1060 AX$=A$:A$=AX$+"1":ZZX=0:GOSUB 3350:GOSUB 2080
1070   A$=AX$+"2":ZZX=1:GOSUB 3350:GOSUB 2030
1080   A$=AX$+"3":ZZX=0:GOSUB 3350:FAL(1)=0:DFZ(1)=0:DFZ(CNF)=0:GOSUB 2150
1090   GOSUB 2240:GOTO 800
1100 IF EXT$=".CAR" THEN ZZX=0:GOSUB 3350:GOSUB 2410
1110 IF EXT$=".GEN" THEN ZZX=0:GOSUB 3350:GOSUB 2360
1120 GOTO 800
1130 REM ----- LISTAR ARCHIVOS EN PAPEL -----
1140 CLS:LOCATE 12,6:PRINT "LISTAR ARCHIVOS EN PAPEL"
1150 LOCATE 14,6:INPUT "NOMBRE DEL ARCHIVO";A$:IF A$="" THEN 800
1160 DV$="PAPEL":PAGINA=1:TST$="":GOSUB 5410
1170 LOCATE 16,6:PRINT "PAUSA ENTRE PAGINAS [S/N] ?":GOSUB 5210:PP$=B$
1180 GOTO 1030
1190 REM ----- BORRAR ARCHIVOS -----
1200 CLS:LOCATE 12,6:PRINT "BORRAR ARCHIVOS"
1210 LOCATE 14,6:INPUT "NOMBRE DEL ARCHIVO";A$:IF A$="" THEN 800
1220 GOSUB 5410:GOSUB 3050:IF TS=1 OR TS=-1 THEN ERROR 131
1230 GOSUB 3300:IF TS=0 THEN ERROR 53
1240 GOSUB 4850:GOTO 800
1250 REM ----- SUBROUTINA DE DATOS -----
1260 WIDTH 40:FLAG=0:CLS
1270   LOCATE 7,13:PRINT "D A T O S"
1280   LOCATE 8,11:PRINT "=====
1290   LOCATE 11,7:PRINT "[1] ==> DATOS DE CARGA"
1300   LOCATE 13,7:PRINT "[2] ==> DATOS DE GENERACION"
1310   LOCATE 15,7:PRINT "[5] ==> MENU DE RUTINAS"
1320   LOCATE 17,5:PRINT "Seleccione una opcion"
1330   GOSUB 5180:GOSUB 5210
1340   I=VAL(B$)
1350   IF I=1 THEN REG$="C A R G A":EXT$=".CAR":GOTO 1390
1360   IF I=2 THEN REG$="GENERACION":EXT$=".GEN":GOTO 1390
1370   IF I=5 THEN 520
1380   GOTO 1330
1390 TIP=0:WIDTH 40
1400 WIDTH 40:CLS:LOCATE 7,12:PRINT " * * ";REG$;" * *"
1410   LOCATE 8,12:PRINT "=====
1420   LOCATE 11,7:PRINT "[1] ==> BORRAR"
1430   LOCATE 13,7:PRINT "[2] ==> CARGAR"
1440   LOCATE 15,7:PRINT "[3] ==> GRABAR"
1450   LOCATE 17,7:PRINT "[4] ==> EDICION"
1460   LOCATE 19,7:PRINT "[5] ==> MENU ANTERIOR"
1470   LOCATE 21,5:PRINT "Seleccione una opcion"
1480   GOSUB 5180:GOSUB 5210
1490   I=VAL(B$)
1500   IF I<1 OR I>5 THEN 1480
1510 WIDTH 80:   ON I GOTO 1530,1630,1700,3470,1520
1520 ERASE UND,CAP,DIS,FAL:DIM UND(500),CAP(500),DIS(500),FAL(500):GOTO 1260

```





```

2030 REM ----- Imprimir sintesis de carga -----
2040 TT$="      SINTESIS DEL MODELO DE CARGA":COLPR=4
2050 ECB$="          CARGA      PROBABILIDAD          L +          L -
          [ MW ]          [ 1/DIA ]          [ 1/DIA ]"
2060 FRM$="          #####      #.#####          ##.####          ##.####"
2070 GOTO 2020
2080 REM ----- Preparar modelo de generacion para imprimir -----
2090 ERASE DFZ:DIM DFZ(CNF):ZZZ=FAL(CNF)-DIS(CNF)
2100 FAL(CNF)=CAP(CNF):DIS(CNF)=CAP(CNF):DFZ(CNF)=CAP(CNF)*365*ZZZ:CAP(CNF)=UND(
1)-UND(CNF)
2110 FOR I=CNF-1 TO 1 STEP -1
2120 ZZZ=FAL(I)-DIS(I)
2130 FAL(I)=FAL(I+1)+CAP(I):DIS(I)=CAP(I):DFZ(I)=DFZ(I+1)+CAP(I)*365*ZZZ:CAP(I)=
UND(I)-UND(I)
2140 NEXT I:GOTO 1980
2150 REM ----- Imprimir sintesis final -----
2160 FOR J=1 TO CNF
2170 IF FAL(J)=0 THEN DFZ(J)=0:GOTO 2190
2180 DFZ(J)=DIS(J)*365/FAL(J)
2190 NEXT J
2200 TT$="      MARGENES DE GENERACION":COLPR=5
2210 ECB$="      MARGEN      P R O B A B I L I D A D      FRECUENCIA      DURACION
          [ MW ]      INDIVIDUAL      ACUMULADA      [ 1/AÑO ]      [ DIAS ]"
2220 FRM$="      #####      #.#####      #.#####      ####.#      ####.#"
2230 GOTO 2020
2240 REM ----- Imprimir resultados finales -----
2250 CLS:TT$="      RESULTADOS FINALES":TST$="RTDF":IF DV$="PAPEL" THEN 249
0 ELSE 2820
2260 IF ZZZ>CNT THEN RETURN
2270 PRINT:PRINT:PRINT "          INDISPONIBILIDAD : ";DIS(ZZZ)*365;" [
DIAS/AÑO]"
2280 PRINT:PRINT "          FRECUENCIA .....: ";FAL(ZZZ);" [ FALLAS/AÑO
]"
2290 PRINT:PRINT "          DURACION .....: ";DFZ(ZZZ);" [ DIAS/FALLA
]":TST$=""
2300 PRINT:PRINT:PRINT STRING$(10,32);STRING$(60,61):GOTO 5210
2310 IF ZZZ>CNT THEN RETURN
2320 LPRINT:LPRINT:LPRINT "          INDISPONIBILIDAD : ";CAP(ZZZ)*365;"
[ DIAS/AÑO]"
2330 LPRINT:LPRINT "          FRECUENCIA .....: ";DIS(ZZZ);" [ FALLAS/A
ÑO]"
2340 LPRINT:LPRINT "          DURACION .....: ";DFZ(ZZZ);" [ DIAS/FAL
LA ]":TST$=""
2350 LPRINT:LPRINT:LPRINT STRING$(10,32);STRING$(60,61):LPRINT CHR$(12):RETURN
2360 REM ----- Imprimir datos de generacion -----
2370 TT$="      DATOS DE GENERACION":COLPR=4
2380 ECB$="          CANTIDAD      CAPACIDAD DE      TASA      TASA DE
          UNIDADES      CADA UNIDAD      DE FALLA      REPARACION
          [ MW ]          [ 1/AÑO ]          [ 1/AÑO ]"
2390 FRM$="          ###          #####          ##.#####          ###.####"
2400 GOTO 2020

```

```

2410 REM ----- Imprimir datos de carga -----
2420 TT$="          DATOS DE CARGA":COLPR=4
2430 ECB$="          CARGA BASE   CARGA PICO       DURACION       FRECUENCIA
                [ MW ]       [ MW ]       [ P.U. ]       [CIC/PERIOD]"
2440 FRM$="          #####       #####       ##.###       ####.###"
2450 GOTO 2020
2460 REM ----- Imprimir en papel -----
2470 PRINT "IMPRIMIENDO DATOS ....."
2480 I=1
2490 LPRINT CHR$(15);CHR$(14);"          E S P O L"
2500 LPRINT STRING$(18,32);STRING$(42,61)
2510 LPRINT "          ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL"
2520 LPRINT "          FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA"
2530 LPRINT STRING$(5,32);STRING$(70,61)
2540 LPRINT "          NOMBRE.....";INDEX$(TS,3);TAB(57);"FECHA..";INDEX$(TS,2)
2550 LPRINT "          PROYECTO ...";INDEX$(TS,1)
2560 LPRINT:LPRINT STRING$(5,32);STRING$(70,61)
2570 LPRINT CHR$(14);TT$
2580 LPRINT STRING$(5,32);STRING$(70,61);IF TST$="RTDF" THEN 2310
2590 LPRINT ECB$
2600 LPRINT STRING$(5,32);STRING$(70,61)
2610 IF I>CNF THEN 2730
2620 IF COLPR=5 THEN 2640
2630 LPRINT USING FRM$;UND(I),CAP(I),DIS(I),FAL(I);GOTO 2650
2640 LPRINT USING FRM$;UND(I),CAP(I),DIS(I),FAL(I),DFZ(I)
2650 I=I+1
2660 FOR J=1 TO 25
2670 IF I=J*45 THEN 2680 ELSE 2710
2680 LPRINT TAB(60);"PAGINA ";PAGINA:PAGINA=PAGINA+1
2690 LPRINT CHR$(12);IF PP$="s" OR PP$="S" THEN GOSUB 5210
2700 GOTO 2490
2710 NEXT J
2720 GOTO 2610
2730 LPRINT STRING$(5,32);STRING$(70,61)
2740 FOR TIP=I-I\J TO 45:LPRINT:NEXT TIP
2750 LPRINT TAB(60);"PAGINA ";PAGINA
2760 LPRINT CHR$(12);IF PP$="s" OR PP$="S" THEN GOSUB 5210
2770 RETURN
2780 REM ----- Imprimir en pantalla -----
2790 I=0
2800 CLS:LOCATE 25,1:PRINT "[-] pag.anterior .. [+] pag.siguiete .. [/] salida"
2810 LOCATE 1,1
2820 PRINT "NOMBRE .....";INDEX$(TS,3);TAB(62);"FECHA ...";INDEX$(TS,2)
2830 PRINT "PROYECTO ...";INDEX$(TS,1)
2840 ZZ=LEN(TT$):PRINT CHR$(201);STRING$(ZZ,205);CHR$(187)
2850 PRINT CHR$(186);TT$;CHR$(186)
2860 PRINT CHR$(200);STRING$(78,205);IF TST$="RTDF" THEN 2260
2870 PRINT ECB$:PRINT STRING$(79,205)
2880 ZZ=CSRLIN
2890 I=I+1:IF I>CNF THEN PRINT STRING$(70,32);GOTO 2930
2900 IF COLPR=5 THEN 2920
2910 PRINT USING FRM$;UND(I),CAP(I),DIS(I),FAL(I);GOTO 2930
2920 PRINT USING FRM$;UND(I),CAP(I),DIS(I),FAL(I),DFZ(I)

```

```

2930 IF CSRLIN<24 THEN 2890
2940 GOSUB 5210
2950 IF B$="-" THEN I=I-2*(24-ZZX):IF I<0 THEN BEEP:I=0:GOTO 2990 ELSE 2990
2960 IF B$="/" THEN RETURN
2970 IF B$="+" THEN 2990
2980 GOTO 2940
2990 IF I>CNF THEN BEEP:GOTO 2940 ELSE LOCATE ZX,1:GOTO 2890
3000 REM ----- IMPRIMIR EN PANTALLA NOMBRE,FECHA,PROYECTO -----
3010 CLS
3020 PRINT "NOMBRE :.....";USUARI$;TAB(62);"FECHA:..";FECHA$
3030 PRINT "PROYECTO :...";SISTEM$
3040 RETURN
3050 REM ----- CARGAR DIRECTORIO DE ARCHIVOS EN DISCO -----
3060 TS=0:OPEN DD$+"INDEX"+EXT$ FOR INPUT AS #1
3070 INPUT #1,CNF:IF CNF<1 THEN TS=1:GOTO 3150
3080 INDEX$(1,1)=INDEX$(1,2)
3090 ERASE INDEX$
3100 DIM INDEX$(CNF,3)
3110 CNT=0
3120 FOR I=1 TO CNF
3130 INPUT #1,INDEX$(I,0),INDEX$(I,1),INDEX$(I,2),INDEX$(I,3)
3140 NEXT I
3150 CLOSE:RETURN
3160 REM ----- LISTAR DIRECTORIO DE ARCHIVOS EN DISCO -----
3170 J=1
3180 CLS
3190 PRINT " ";CHR$(201);STRING$(12,205);CHR$(187);" ARCHIVOS DE ";REG$
3200 PRINT " ";CHR$(186);" DIRECTORIO ";CHR$(186)
3210 PRINT " ";CHR$(200);STRING$(12,205);CHR$(202);STRING$(61,205)
3220 PRINT "      No.      Nombre      Observaciones
Fecha"
3230 PRINT "      ====      =====      =====      ==
=====
3240      A$="      ##      &      &      &"
3250 FOR I=J TO CNF
3260 IF CSRLIN=23 THEN GOSUB 5210:J=I:GOTO 3180
3270 PRINT TAB(7);I;TAB(15);INDEX$(I,0);TAB(27);INDEX$(I,1);TAB(67);INDEX$(I,2)
3280 NEXT I
3290 COLOR 12,9:PRINT STRING$(77,205):PRINT CNF;"ARCHIVOS";:COLOR 14,14:PRINT:RE
TURN
3300 REM ----- COMPROBAR EXISTENCIA DE ARCHIVOS -----
3310 TS=0:FOR I=1 TO CNF
3320 IF A$=INDEX$(I,0) THEN TS=I:GOTO 3340
3330 NEXT I
3340 RETURN
3350 REM ----- Cargar un archivo -----
3360 PRINT " * * * CARGANDO DATOS * * *"
3370 OPEN DD$+A$+EXT$ FOR INPUT AS #2
3380 INPUT #2,CNF:IF EXT$=".RTD" THEN CNF=CNF+1
3390 ERASE UND,CAP,DIS,FAL,DFZ:DIM UND(CNF),CAP(CNF),DIS(CNF),FAL(CNF),DFZ(CNF)
3400 IF REG$<>"RESULTADOS" THEN ERASE UND,CAP,DIS,FAL,DFZ:DIM UND(50),CAP(50),DI
S(50),FAL(50),DFZ(50)
3410 FOR I=1 TO CNF:PRINT ". ";

```

```

3420 INPUT #2,UND(I),CAP(I),DIS(I),FAL(I):IF UND(I)>=0 THEN ZZ=I+1
3430 IF ZZ=1 THEN SWAP DIS(I),FAL(I)
3440 NEXT I:PRINT
3450 PRINT "## # DATOS CARGADOS ## #"
3460 CLOSE:RETURN
3470 REM ----- Editar datos en pantalla -----
3480 IF EXT$=".RTD" THEN ERROR 140
3490 IF EXT$=".GEN" THEN 3580
3500 GOSUB 3000
3510 PRINT CHR$(201);STRING$(20,205);CHR$(187) .
3520 PRINT CHR$(186);" DATOS PARA CARGA ";CHR$(186)
3530 PRINT CHR$(200);STRING$(78,205)
3540 PRINT "          CARGA BASE      CARGA PICO      DURACION      FRECUENC
IA          [ MW ]          [ MW ]          [ P.U. ]          [CIC/PERI
OD]"
3550 PRINT TAB(8);STRING$(66,"=")
3560 LOCATE 22,1:PRINT STRING$(79,205)
3570 GOTO 3680
3580 GOSUB 3000
3590 PRINT CHR$(201);STRING$(38,205);CHR$(187)
3600 PRINT CHR$(186);" DATOS PARA EL MODELO DE GENERACION ";CHR$(186)
3610 PRINT CHR$(200);STRING$(78,205)
3620 PRINT TAB(11);"CANTIDAD      CAPACIDAD DE      TASA      TASA DE "
3630 PRINT "          UNIDADES      CADA UNIDAD      DE FALLA      REPARACION
          [ MW ]          [ 1/A";CHR$(165);"0 ]
[ 1/A";CHR$(165);"0 ]"
3640 PRINT TAB(10);STRING$(60,"=")
3650 LOCATE 20,10:PRINT STRING$(60,"=")
3660 LOCATE 21,40:PRINT "<=== TOTAL"
3670 PRINT STRING$(79,205)
3680 PRINT "<A>rriba.....<B>ajo.....<E>liminar.....<I>ngresar.....<F>in edicion
"
3690          LIN=10:TOP=1
3700          GOSUB 3790:GOSUB 4480
3710          LOCATE LIN,5:COLOR 17:PRINT "=>";
3720          GOSUB 5210:LOCATE LIN,5:COLOR 14,14:PRINT " ";
3730          IF B$="a" OR B$="A" THEN GOSUB 3850
3740          IF B$="b" OR B$="B" THEN GOSUB 3930
3750          IF B$="e" OR B$="E" THEN GOSUB 4340
3760          IF B$="i" OR B$="I" THEN GOSUB 4010
3770          IF B$="f" OR B$="F" THEN 1400
3780          GOTO 3710
3790 REM ----- Imprimir en pantalla datos de generacion y carga -----
3800 FOR I=TOP TO TOP+9
3810 LOCATE (10+I-TOP),13
3820 PRINT USING "#####          ##.###          ###.###";UND(I),
CAP(I),DIS(I),FAL(I)
3830 NEXT I
3840 RETURN

```

```

3850 REM ----- SUBIR DATOS EN PANTALLA -----
3860 UX=CSRLIN
3870 IF UX=10 THEN 3900
3880 LIN=UX-1
3890 RETURN
3900 IF TOP=1 THEN BEEP:GOTO 3890
3910 TOP=TOP-1
3920 GOTO 3800
3930 REM ----- BAJAR DATOS EN PANTALLA -----
3940 UX=CSRLIN
3950 IF UX=19 THEN 3980
3960 IF UX=TIP+11-TOP THEN BEEP ELSE LIN=UX+1
3970 RETURN
3980 IF TIP=TOP+8 THEN BEEP:GOTO 3970
3990 TOP=TOP+1
4000 GOTO 3800
4010 REM ----- INGRESAR UN DATO EN PANTALLA -----
4020 UX=CSRLIN:I=TOP+UX-10:COLOR 12,9:LOCATE 21,1:PRINT STRING$(60,32)
4030 IF EXT$=".CAR" THEN 4180
4040 IF I>60 THEN ERROR 135
4050 LOCATE 21,1:PRINT STRING$(60,32)
4060 COLOR 12,9:LOCATE 21,1:INPUT "Cantidad de unidades";UND(I):COLOR 14,14
4070 IF UND(I)>7 THEN LOCATE 21,1:PRINT "No mas de 7 unidades
      ":GOSUB 5210:GOTO 4050
4080 IF UND(I)<1 THEN LOCATE 21,1:PRINT "Debe ingresar un valor positivo
      ":GOSUB 5210:GOTO 4050
4090 LOCATE UX,13:PRINT USING"#####";UND(I);:COLOR 12,9:LOCATE 21,1:PRINT STRING
$(60,32)
4100 COLOR 12,9:LOCATE 21,1:INPUT "Mw. de cada unidad ";CAP(I):COLOR 14,14
4110 LOCATE UX,26:PRINT USING"#####";CAP(I);:COLOR 12,9:LOCATE 21,1:PRINT STRIN
G$(60,32)
4120 LOCATE 21,1:INPUT "Tasa de fallas ";DIS(I):COLOR 14,14
4130 LOCATE UX,42:PRINT USING"###.###";DIS(I);:COLOR 12,9:LOCATE 21,1:PRINT STRIN
G$(60,32)
4140 LOCATE 21,1:INPUT "Tasa de reparacion";FAL(I):COLOR 14,14
4150 LOCATE UX,59:PRINT USING"###.###";FAL(I);:LOCATE 21,1:PRINT STRING$(60,32)
4160 LIN=UX+1:TIP=TIP+1:IF LIN>19 THEN LIN=19
4170 GOTO 4480
4180 REM ----- INGRESAR UN DATO DE CARGA -----
4190     IF I>60 THEN ERROR 135
4200     IF I>1 THEN 4230
4210 LOCATE 21,1:INPUT "Mw.DE CARGA BASE";UND(I):COLOR 14,14:B$=STRING$(60,32)
4220     FOR J=2 TO 15:UND(J)=UND(I):NEXT J
4230 LOCATE UX,13:PRINT USING"#####";UND(I);:COLOR 12,9:LOCATE 21,1:PRINT B$
4240     LOCATE 21,1:INPUT "Mw.DE CARGA PICO";CAP(I):COLOR 14,14
4250 LOCATE UX,26:PRINT USING"#####";CAP(I);:COLOR 12,9:LOCATE 21,1:PRINT B$
4260     IF I>1 THEN 4290
4270 LOCATE 21,1:INPUT "DURACION DEL PICO DE CARGA";DIS(I):COLOR 14,14
4280     FOR J=2 TO 15:DIS(J)=DIS(I):NEXT J
4290 LOCATE UX,42:PRINT USING"###.###";DIS(I);:COLOR 12,9:LOCATE 21,1:PRINT B$
4300 LOCATE 21,1:INPUT "FRECUENCIA DE ESTE ESTADO DE CARGA";FAL(I):COLOR 14,14
4310 LOCATE UX,59:PRINT USING"###.###";FAL(I);:LOCATE 21,1:PRINT B$
4320     LIN=UX+1:TIP=TIP+1
4330     GOTO 4480

```

```

4340 REM ----- ELIMINAR UN DATO -----
4350     UX=CSRLIN:I=TOP+UX-10:IF I>TIP THEN BEEP:RETURN
4360     LOCATE UX,15:PRINT "ESTA SEGURO DE BORRAR ESTE DATO ...[S/N]?";
4370     GOSUB 5210
4380     LOCATE UX,13:PRINT USING "#####      #####      ##.###
###.###"; UND(I),CAP(I),DIS(I),FAL(I)
4390     IF B$="S" OR B$="s" THEN 4400 ELSE RETURN
4400     FOR J=I TO TIP
4410         UND(J)=UND(J+1)
4420         CAP(J)=CAP(J+1)
4430         DIS(J)=DIS(J+1)
4440         FAL(J)=FAL(J+1)
4450     NEXT J
4460     TIP=TIP-1
4470     GOSUB 3790
4480 REM ----- CONTROL DE TOTAL DE DATOS -----
4490     LOCATE 21,1:PRINT STRING$(79,32)
4500     LOCATE 22,1:PRINT STRING$(79,205)
4510             NTU=0:CAPI=0
4520             FOR I=1 TO TIP
4530                 NTU=NTU+UND(I)
4540                 CAPI=CAPI+UND(I)*CAP(I)
4550             NEXT I
4560 IF EXT$=".CAR" THEN NTU=TIP:GOTO 4590
4570 LOCATE 21,15
4580 PRINT USING "##      #####      <=== TOTAL";NTU,CAPI;
4590 LOCATE 25,1
4600 PRINT "ESPACIO DISPONIBLE PARA DATOS ...";(60-NTU)*100/60;" %";
4610 RETURN
4620 REM ----- ARCHIVAR DATOS DE GENERACION O DE CARGA -----
4630 LOCATE 14,6:INPUT "Digite un nombre para el archivo";A$:J=0:GOSUB 5410
4640 GOSUB 3050:IF TS=1 THEN 4690
4650 GOSUB 3300:IF TS=0 THEN 4690
4660 PRINT "Escribimos sobre el archivo existente...[S/N]?"
4670 GOSUB 5210
4680 IF B$="S" OR B$="s" THEN 4690 ELSE 4630
4690 CLS: PRINT " * * * Archivando datos * * *"
4700     OPEN DD$+A$+EXT$ FOR OUTPUT AS #3
4710     WRITE #3,TIP
4720     FOR I=1 TO TIP:PRINT ".";
4730     WRITE #3,UND(I),CAP(I),DIS(I),FAL(I)
4740     NEXT I:PRINT
4750 PRINT " * * * DATOS ARCHIVADOS * * *"
4760 IF TS=0 THEN CNF=CNF+1
4770 IF TS>0 THEN INDEX$(TS,0)=A$:INDEX$(TS,1)=SISTEM$:INDEX$(TS,2)=FECHA$:INDEX
$(TS,3)=USUARI$
4780 OPEN DD$+"INDEX"+EXT$ FOR OUTPUT AS #1
4790 WRITE #1,CNF:IF TS=0 THEN CNF=CNF-1
4800 FOR I=1 TO CNF:WRITE #1,INDEX$(I,0),INDEX$(I,1),INDEX$(I,2),INDEX$(I,3):NEX
T I
4810 IF TS=0 THEN WRITE #1,A$,SISTEM$,FECHA$,USUARI$
4820 CLOSE
4830 PRINT " * * * Directorio actualizado * * *"
4840 RETURN

```

```

4850 REM ----- BORRAR ARCHIVOS -----
4860 IF TS=0 THEN ERROR 53
4870 LOCATE 16,1:FOR J=0 TO 2:PRINT INDEX$(I,J),:NEXT J
4880 LOCATE 18,1:PRINT "Esta seguro de borrar este archivo ...[S/N]?"
4890 GOSUB 5210:IF B$="S" OR B$="s" THEN 4900 ELSE 5010
4900 IF EXT$=".RTD" THEN 4920
4910 KILL DD$+A$+EXT$:GOTO 4950
4920 KILL DD$+A$+"1"+EXT$
4930 KILL DD$+A$+"2"+EXT$
4940 KILL DD$+A$+"3"+EXT$
4950 OPEN DD$+"INDEX"+EXT$ FOR OUTPUT AS #1
4960 FOR J=I TO CNF-1:FOR K=0 TO 3:INDEX$(J,K)=INDEX$(J+1,K):NEXT K:NEXT J
4970 WRITE #1,CNF-1
4980 FOR I=1 TO CNF-1:WRITE #1,INDEX$(I,0),INDEX$(I,1),INDEX$(I,2),INDEX$(I,3):N
EXT I
4990 CLOSE:PRINT "Desea borrar otro archivo ...[S/N]"
5000 GOSUB 5210:IF B$="S" OR B$="s" THEN RETURN 1190
5010 RETURN
5020 REM ----- CAMBIAR FORMATO DE FECHA -----
5030 B$=FECHA$:B=VAL(MID$(B$,4,2))
5040 IF B=1 THEN FECHA$="-ENE-"
5050 IF B=2 THEN FECHA$="-FEB-"
5060 IF B=3 THEN FECHA$="-MAR-"
5070 IF B=4 THEN FECHA$="-ABR-"
5080 IF B=5 THEN FECHA$="-MAY-"
5090 IF B=6 THEN FECHA$="-JUN-"
5100 IF B=7 THEN FECHA$="-JUL-"
5110 IF B=8 THEN FECHA$="-AGO-"
5120 IF B=9 THEN FECHA$="-SET-"
5130 IF B=10 THEN FECHA$="-OCT-"
5140 IF B=11 THEN FECHA$="-NOV-"
5150 IF B=12 THEN FECHA$="-DIC-"
5160 FECHA$=LEFT$(B$,2)+FECHA$+RIGHT$(B$,2)
5170 RETURN
5180 REM ----- VACIAR BUFFER DE TECLADO -----
5190 A$=INKEY$:IF A$="" THEN RETURN
5200 GOTO 5190
5210 REM ----- ESPERAR HASTA QUE SE PULSE UNA TECLA -----
5220 B$=INKEY$
5230 IF B$="" THEN 5210
5240 RETURN
5250 REM ----- PAUSA ANIMADA -----
5260 LOCATE 23,1:PRINT "o"
5270 FOR IJ=1 TO 79
5280 FOR IK=1 TO 10:A$=B$:NEXT IK
5290 LOCATE 23,IJ:PRINT "_";"o"
5300 NEXT IJ
5310 RETURN
5320 REM ----- TITULO DEL PROYECTO DESDE EL TECLADO -----
5330 A$="":LIN=20:PRINT "?":LOCATE 20,47
5340 GOSUB 5210:IF ASC(B$)<31 THEN 5370
5350 PRINT B$;A$=A$+B$:IF POS(0)=76 THEN LOCATE 21,47:LIN=21
5360 GOTO 5340

```

```

5370 IF ASC(B$)=8 AND POS(0)<48 THEN IF LIN=20 THEN 5340 ELSE LIN=20:LOCATE 20,7
6
5380 IF ASC(B$)=8 AND POS(0)>46 THEN A$=LEFT$(A$,LEN(A$)-1):LOCATE LIN,POS(0)-1:
PRINT CHR$(32);:LOCATE LIN,POS(0)-1
5390 IF ASC(B$)=27 THEN LOCATE 21,47:PRINT STRING$(30,31):LOCATE 20,47:PRINT STR
ING$(30,31):LOCATE 20,47:GOTO 5330
5400 IF ASC(B$)=13 THEN 5420 ELSE 5340
5410 REM ----- CONVERSION MINUSCULAS -> MAYUSCULAS -----
5420 B$=""
5430 FOR I=1 TO LEN(A$)
5440 B=ASC(MID$(A$,I,1))
5450 IF B>96 AND B<123 THEN B=B-32
5460 B$=B$+CHR$(B)
5470 NEXT I
5480 A$=B$:RETURN
5490 REM -----RUTINA PARA MANEJO DE ERRORES -----
5500 LOCATE 25,1:COLOR 20,14:BEEP
5510 IF ERR=10 THEN COLOR 14,14:RESUME NEXT
5520 IF ERR=24 THEN PRINT "LA IMPRESORA NO ESTA LISTA":GOTO 5640
5530 IF ERR=27 THEN PRINT "NO HAY PAPEL EN LA IMPRESORA":GOTO 5640
5540 IF ERR=53 THEN PRINT "NO EXISTE ESE ARCHIVO":GOTO 5670
5550 IF ERR=61 THEN PRINT "EL DISCO ESTA LLENO":GOTO 5650
5560 IF ERR=68 THEN PRINT "EL DISPOSITIVO NO ESTA DISPONIBLE":GOTO 5660
5570 IF ERR=70 THEN PRINT "EL DISCO ESTA PROTEJIDO":GOTO 5650
5580 IF ERR=71 THEN PRINT "EL DISCO NO ESTA PREPARADO":GOTO 5640
5590 IF ERR=130 THEN PRINT "ESTE ARCHIVO NO TIENE DATOS":TS=-2:GOTO 5670
5600 IF ERR=131 THEN PRINT "EL DIRECTORIO ESTA EN BLANCO":GOTO 5670
5610 IF ERR=135 THEN PRINT "EXESO DE DATOS":GOTO 5670
5620 PRINT "ERROR ";ERR;" EN LA LINEA ";ERL:GOSUB 5210
5630 COLOR 14,14:RESUME 520
5640 COLOR 12,9:PRINT "PRESIONE UNA TECLA CUANDO ESTE LISTA":GOSUB 5210:RESUME
5650 COLOR 12,9:PRINT "CAMBIE EL DISCO Y PRESIONE UNA TECLA":GOSUB 5210:RESUME
5660 COLOR 12,9:PRINT "INTENTE CON OTRO DISPOSITIVO"
5670 GOSUB 5210:COLOR 14,14:LOCATE 25,1:PRINT STRING$(50,32)
5680 IF ERL=970 OR ERL=1030 OR ERL=1040 OR ERL=1220 OR ERL=1230 THEN RESUME 800
5690 IF ERL=1660 OR ERL=1670 OR ERL=3480 OR ERL=4860 THEN RESUME 1400
5700 IF ERL=1830 OR ERL=1850 THEN RESUME 520
5710 IF ERL=1840 OR ERL=1880 THEN RESUME 1740
5720 IF ERL=3060 THEN TS=-1:RESUME 3150
5730 IF ERL=3070 OR ERL=3130 THEN RESUME 3150
5740 IF ERL=3370 OR ERL=3380 OR ERL=3420 THEN RESUME 3460
5750 IF ERL=4910 THEN RESUME 1400
5760 RESUME 4840

```





BIBLIOTECA

```
10 REM ---- PROGRAMA "DESMOD.BAS" ---- DESEARROLLO DE MODELOS MATEMATICOS ----
11 REM ----- Evaluacion del modelo de generacion -----
20 GOSUB 2400:LOCATE 3,1:PRINT TAB(20);CHR$(201);STRING$(41,205);CHR$(187)
30 PRINT TAB(20);CHR$(186);" M O D E L O   D E   G E N E R A C I O N ";CHR$(186)
40 PRINT STRING$(80,205):LOCATE 6,1
50 PRINT "      NIVEL :          ESTADOS EVALUADOS :          TOTAL ESTADOS : "
60 PRINT STRING$(75,205);CHR$(203);STRING$(4,205)
70 DEFINT I-L
80 DEFDBL G-S
90 DIM ISD(10),SD(10),TSD(10,1),ISTD(10),STD(10),TSTD(10,1)
100 DIM IRTD(10),RTD(10),TRTD(10,1),IQTD(10),QTD(10),TQTD(10,1)
110 NOM$=AD6$+".gen":GOSUB 2310:TIP=K
120 FOR I=1 TO TIP-1
130 FOR J=I+1 TO TIP
140 IF UND(I)<UND(J) THEN SWAP UND(I),UND(J):SWAP CAP(I),CAP(J):SWAP DIS(I),DIS(
J):SWAP FAL(I),FAL(J):GOTO 170
150 IF UND(I)>UND(J) THEN 170
160 IF CAP(I)<CAP(J) THEN SWAP CAP(I),CAP(J):SWAP DIS(I),DIS(J):SWAP FAL(I),FAL(
J)
170 NEXT J
180 NEXT I
190 FOR I=1 TO TIP:DIS(I)=DIS(I)/365:FAL(I)=FAL(I)/365:NEXT I
200 UND=UND(1):CAP=CAP(1):DIS=DIS(1):FAL=FAL(1)
210 LOCATE 6,17:PRINT "1"
220 LOCATE 6,44:PRINT USING "####";UND+1
230 LOCATE 6,70:PRINT USING "####";UND+1
240 ERASE ISD,SD,TSD:DIM ISD(UND),SD(UND),TSD(UND,1)
250 GOSUB 1520
260 ERASE IRTD,RTD,TRTD:DIM IRTD(UND),RTD(UND),TRTD(UND,1)
270 ERASE ISTD,STD,TSTD:DIM ISTD(UND),STD(UND),TSTD(UND,1)
280 FOR I=0 TO UND
290 IRTD(I)=ISD(I):RTD(I)=SD(I):TRTD(I,0)=TSD(I,0):TRTD(I,1)=TSD(I,1)
300 ISTD(I)=ISD(I):STD(I)=SD(I):TSTD(I,0)=TSD(I,0):TSTD(I,1)=TSD(I,1)
310 NEXT I:TEMG=UND
320 IF TIP<2 THEN 470
330 FOR I=2 TO TIP:LOCATE 6,16:PRINT USING "##";I
340 UND=UND(I):CAP=CAP(I):DIS=DIS(I):FAL=FAL(I)
350 ERASE ISD,SD,TSD:DIM ISD(UND),SD(UND),TSD(UND,1)
360 GOSUB 1520
370 ERASE IQTD,QTD,TQTD:DIM IQTD(UND),QTD(UND),TQTD(UND,1)
380 FOR J=0 TO UND
390 IQTD(J)=ISD(J):QTD(J)=SD(J):TQTD(J,0)=TSD(J,0):TQTD(J,1)=TSD(J,1)
400 NEXT J:TEMC=UND:KJ=(TEMG+1)*(TEMG+1)-1
410 GOSUB 1730
420 ERASE IRTD,RTD,TRTD:DIM IRTD(K),RTD(K),TRTD(K,1)
430 FOR J=0 TO K
440 IRTD(J)=ISTD(J):RTD(J)=STD(J):TRTD(J,0)=TSTD(J,0):TRTD(J,1)=TSTD(J,1)
450 NEXT J:TEMG=K
460 NEXT I
470 LOCATE 16,30:PRINT "[ MODELO COMPLETO ]":BEEP
480 NOM$=AGR$+"1.RTD":K=TEMG
490 GOSUB 2220
500 ERASE IQTD,QTD,TQTD,ISTD,STD,TSTD,UND,CAP,DIS,FAL
```

```

510 REM ----- PROCESAMIENTO DE DATOS DE CARGA -----
520 GOSUB 2400:LOCATE 3,1:PRINT TAB(24);CHR$(201);STRING$(31,205);CHR$(187)
530 PRINT TAB(24);CHR$(186);" M O D E L O   D E   C A R G A ";CHR$(186)
540 PRINT STRING$(80,205):LOCATE 6,1
550 PRINT "      NIVEL :          ESTADOS EVALUADOS :          TOTAL ESTADOS :
"
560 PRINT STRING$(75,205);CHR$(203);STRING$(4,205)
570 NOM$=ADC$+".car":GOSUB 2310:TIP=K
580 DIM ISTD(TIP),STD(TIP),TSTD(TIP,1)
590 NTU=0:FOR I=1 TO TIP:NTU=NTU+FAL(I):NEXT I
600 LOCATE 6,17:PRINT "0":LOCATE 6,70:PRINT USING "###";TIP
610 ISTD(0)=UND(1):STD(0)=1-DIS(1):TSTD(0,0)=0:TSTD(0,1)=1/(1-DIS(1))
620 LOCATE 6,17:PRINT "1"
630 FOR I=1 TO TIP
640 ISTD(I)=CAP(I)
650 STD(I)=FAL(I)*DIS(I)/NTU
660 TSTD(I,0)=1/DIS(I)
670 TSTD(I,1)=0
680 L3=(I-1)\75:LOCATE L3+8,I-75*L3:PRINT "."
690 LOCATE L3+8,77:PRINT USING "####";I:LOCATE 6,44:PRINT USING "###";I
700 NEXT I
710 LOCATE 6,17:PRINT "2"
720 K=TIP
730 FOR I=1 TO K-1:LOCATE 6,44:PRINT USING "###";I
740 FOR J=I+1 TO K:LOCATE 6,70:PRINT USING "###";K
750 IF ISTD(I)>ISTD(J) THEN SWAP ISTD(I),ISTD(J):SWAP STD(I),STD(J):SWAP TSTD(I,
0),TSTD(J,0):SWAP TSTD(I,1),TSTD(J,1):GOTO 840
760 IF ISTD(I)<ISTD(J) THEN 840
770 TSTD(I,0)=(TSTD(I,0)*STD(I)+TSTD(J,0)*STD(J))/(STD(I)+STD(J))
780 TSTD(I,1)=(TSTD(I,1)*STD(I)+TSTD(J,1)*STD(J))/(STD(I)+STD(J))
790 STD(I)=STD(I)+STD(J)
800 SWAP TSTD(J,0),TSTD(K,0)
810 SWAP TSTD(J,1),TSTD(K,1)
820 SWAP STD(J),STD(K)
830 SWAP ISTD(J),ISTD(K)
840 NEXT J
850 NEXT I
860 LOCATE 16,30:PRINT "[ MODELO COMPLETO ]":BEEP
870 NOM$=AGR$+"2.RTD"
880 TEMC=K:GOSUB 2220
890 DIM IQTD(K),QTD(K),TQTD(K,1)
900 FOR I=0 TO TEMC
910 IQTD(I)=ISTD(I):QTD(I)=STD(I):TQTD(I,0)=TSTD(I,0):TQTD(I,1)=TSTD(I,1)
920 NEXT I
930 ERASE ISTD,STD,TSTD
940 REM ----- Confrontando los modelos de generacion y carga -----
950 GOSUB 2400:S=0:LOCATE 3,1:PRINT TAB(23);CHR$(201);STRING$(32,205);CHR$(187)
960 PRINT TAB(23);CHR$(186);" CONVOLUCION GENERACION - CARGA ";CHR$(186)
970 PRINT STRING$(80,205):LOCATE 6,1
980 PRINT "      NIVEL :          ESTADOS EVALUADOS :          TOTAL ESTADOS :
"
990 PRINT STRING$(75,205);CHR$(203);STRING$(4,205)
1000 KJ=(1+TEMG)*(1+TEMC)-1:K=0

```

```

1010 DIM ISTD(1275),STD(1275),TSTD(1275,1)
1020 FOR J=0 TO TEMC
1030 FOR L=0 TO TEMG:LOCATE 6,70:PRINT USING "####";KJ
1040 ISD=IRTD(L)-IQTD(J)      'margen
1050 SD =RTD(L)*QTD(J)      'probabilidad
1060 TSD(0)=TRTD(L,0)+TQTD(J,1)  'L+
1070 TSD(1)=TRTD(L,1)+TQTD(J,0)  'L-
1080 GOSUB 1900
1090 NEXT L
1100 NEXT J
1110 GOSUB 1860
1120 TEMF=K:ERASE IRTD,RTD,TRTD,IQTD,QTD,TQTD
1130 REM ----- Frecuencia y duracion a partir de resultados acumulados -----
1140 LOCATE 3,1:PRINT TAB(27);CHR$(201);STRING$(24,205);CHR$(187);"      "
1150 PRINT TAB(27);CHR$(186);" RESULTADOS ACUMULADOS ";CHR$(186);"      "
1160 LOCATE 6,17:PRINT "0";:LOCATE 6,70:PRINT USING "####";K
1170 TEQ=TSTD(TEMF,1)-TSTD(TEMF,0)
1180 TSTD(TEMF,1)=STD(TEMF)*TEQ:TSTD(TEMF,0)=STD(TEMF)
1190 FOR I=TEMF-1 TO 0 STEP -1:LOCATE 6,44:PRINT USING "####";I
1200 TEQ=TSTD(I,1)-TSTD(I,0)      'L eqv.
1210 TSTD(I,0)=TSTD(I+1,0)+STD(I)  'probabilidad acumulada
1220 TSTD(I,1)=TSTD(I+1,1)+STD(I)*TEQ  'frecuencia
1230 NEXT I
1240 FOR I=0 TO TEMF:TSTD(I,1)=TSTD(I,1)*365:NEXT I
1250 LOCATE 16,30:PRINT "[ MODELO COMPLETO ]":BEEP
1260 NOM$=AGR$+"3.RTD"
1270 TEF=K:GOSUB 2220
1280 REM ----- Actualizando directorio -----
1290 LOCATE 13,22:PRINT " * * * ACTUALIZANDO DIRECTORIO * * *"
1300 IF CT=100 THEN 1410
1310 OPEN DD$+"INDEX.RTD" FOR INPUT AS #1
1320 INPUT #1,K:DIM INDEX$(K,3)
1330 FOR I=1 TO K
1340 INPUT #1,INDEX$(I,0),INDEX$(I,1),INDEX$(I,2),INDEX$(I,3)
1350 NEXT I:CLOSE
1360 TS=0
1370 FOR I=1 TO K
1380 IF AGR$=INDEX$(I,0) THEN TS=I:GOTO 1400
1390 NEXT I
1400 IF TS=0 THEN K=K+1
1410 IF TS>0 THEN INDEX$(TS,0)=AGR$:INDEX$(TS,1)=SYSTEM$:INDEX$(TS,2)=FECHA$:IND
EX$(TS,3)=USUARI$
1420 OPEN DD$+"INDEX.RTD" FOR OUTPUT AS #1
1430 IF CT=100 THEN WRITE #1,1:TS=0:GOTO 1480
1440 WRITE #1,K:IF TS=0 THEN K=K-1
1450 FOR I=1 TO K
1460 WRITE #1,INDEX$(I,0),INDEX$(I,1),INDEX$(I,2),INDEX$(I,3)
1470 NEXT I
1480 IF TS=0 THEN WRITE #1,AGR$,SYSTEM$,FECHA$,USUARI$
1490 CLOSE:ERASE UND,CAP,DIS,FAL
1500 COMMON USUARI$,FECHA$,SYSTEM$,DD$
1510 CHAIN "EVCON",480

```

```

1520 REM ----- EVALUACION DE GENERACION -----
1530 QP=FAL/(DIS+FAL):QQ=1-QP
1540 FOR K=0 TO UND
1550 KX=K:GOSUB 1670
1560 ICOMB=IFAC
1570 KX=UND-K:GOSUB 1670
1580 ICOMB=ICOMB*IFAC
1590 KX=UND:GOSUB 1670
1600 ICOMB=IFAC/ICOMB
1610 ISD(K)=CAP*(UND-K)
1620 SD(K)=ICOMB*QP^(UND-K)*QQ^K
1630 TSD(K,0)=(UND-K)*DIS
1640 TSD(K,1)=K*FAL
1650 NEXT K
1660 RETURN
1670 REM ----- FACTORIAL (KX) -----
1680 IFAC=1
1690 FOR IJK=1 TO KX
1700 IFAC=IFAC*IJK
1710 NEXT IJK
1720 RETURN
1730 REM ----- FUSIONAR DOS MODELOS PROBABILISTICOS -----
1740 ERASE TSD,ISTD,STD,TSTD:DIM ISTD(1275),STD(1275),TSTD(1275,1)
1750 K=0
1760 FOR J=0 TO TEMC
1770 FOR L=0 TO TEMG:LOCATE 6,70:PRINT USING "####";KJ
1780 IF K=KJ THEN 1860
1790 ISD=IRTD(L)+IQT(J)      'margen
1800 SD=RTD(L)*QTD(J)      'probabilidad
1810 TSD(0)=TRTD(L,0)+TQTD(J,0) 'L+
1820 TSD(1)=TRTD(L,1)+TQTD(J,1) 'L-
1830 GOSUB 1900
1840 NEXT L
1850 NEXT J
1860 FOR J=8 TO 21
1870 LOCATE J,1:PRINT STRING$(75,32);CHR$(186);" "
1880 NEXT J
1890 RETURN
1900 L1=0:L2=K:L3=INT(K/2)
1910 IF ISD<ISTD(L2) THEN 2050
1920 IF ISD>ISTD(L1) THEN KX=0:GOTO 2090
1930 IF ISD=ISTD(L1) THEN KX=L1:GOTO 2010
1940 IF ISD=ISTD(L2) THEN KX=L2:GOTO 2010
1950 IF ISD=ISTD(L3) THEN KX=L3:GOTO 2010
1960 IF ISD<ISTD(L3) THEN L1=L3:GOTO 1980
1970 L2=L3
1980 IF L2-L1<2 THEN KX=L2:GOTO 2090
1990 L3=(L1+L2)\2
2000 GOTO 1950

```

```

2010 TSTD(KX,1)=(TSTD(KX,1)*STD(KX)+TSD(1)*SD)/(STD(KX)+SD)
2020 TSTD(KX,0)=(TSTD(KX,0)*STD(KX)+TSD(0)*SD)/(STD(KX)+SD)
2030 STD(KX)=STD(KX)+SD:KJ=KJ-1
2040 GOTO 2210
2050 IF SD<AFP THEN KJ=KJ-1:S=S+SD:GOTO 2210
2060 K=K+1:IF K>1275 THEN K=1275:KJ=KJ-1:S=S+SD:GOTO 2210
2070 ISTD(K)=ISD:STD(K)=SD:TSTD(K,0)=TSD(0):TSTD(K,1)=TSD(1)
2080 GOTO 2180
2090 IF SD<AFP THEN KJ=KJ-1:S=S+SD:GOTO 2210
2100 K=K+1:IF K>1275 THEN K=1275:KJ=KJ-1:S=S+SD
2110 FOR IJK=K TO KX+1 STEP -1
2120 ISTD(IJK)=ISTD(IJK-1)
2130 STD(IJK)=STD(IJK-1)
2140 TSTD(IJK,0)=TSTD(IJK-1,0)
2150 TSTD(IJK,1)=TSTD(IJK-1,1)
2160 NEXT IJK
2170 ISTD(KX)=ISD:STD(KX)=SD:TSTD(KX,0)=TSD(0):TSTD(KX,1)=TSD(1)
2180 L3=(K-1)\75:IF L3>23 THEN L3=23
2190 LOCATE L3+8,K-75*L3:PRINT " ."
2200 LOCATE L3+8,77:PRINT USING "####";K;:LOCATE 6,44:PRINT USING "####";K
2210 RETURN
2220 REM ----- Grabar resultados en disco -----
2230 LOCATE 13,22:PRINT " * * * ... GRABANDO RESULTADOS ... * * *"
2240 OPEN DD$+NOM$ FOR OUTPUT AS #1
2250 WRITE #1,K
2260 FOR I=0 TO K
2270 WRITE #1,ISTD(I),STD(I),TSTD(I,0),TSTD(I,1)
2280 NEXT I
2290 CLOSE
2300 RETURN
2310 REM ----- Cargar datos desde disco -----
2320 LOCATE 13,22:PRINT " * * * ... CARGANDO DATOS ... * * *"
2330 OPEN DD$+NOM$ FOR INPUT AS #1
2340 INPUT #1,K:DIM UND(K),CAP(K),DIS(K),FAL(K)
2350 FOR I=1 TO K
2360 INPUT #1,UND(I),CAP(I),DIS(I),FAL(I)
2370 NEXT I
2380 CLOSE:LOCATE 13,22:PRINT STRING$(36,32)
2390 RETURN
2400 CLS
2410 PRINT "NOMBRE ...: ";USUARI$;TAB(60);"FECHA ...: ";FECHA$
2420 PRINT "PROYECTO .: ";SISTEM$
2430 FOR J=8 TO 25:LOCATE J,76:PRINT CHR$(186);:NEXT J
2440 RETURN

```

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- R. BILLINTON,R. ALLAN, Reliability Evaluation of Enginiering Systems, Context & Tecnique,(London: Pitman, 1983), Capítulo 8
- 2.- J. ENDRENYI, Reliability Modeling in Electric Power Systems, (Chichester: John Wiley & Sons, 1978), Capítulo 7.
- 3.- C. SINGH,R. BILLINTON, "A frequency and duration approach to short term reliability evaluation. IEEE. Trans. Power Apparatus and Systems, PAS-92 No. 6, 2073-83,Nov/Dic.(1973)
- 4.- C. SINGH "EVALUACION DE LA CONFIABILIDAD EN SISTEMAS DE POTENCIA", (Seminario, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1986)