

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

ESCUELA DE GRADUADOS

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA**



**"CAMINO CRITICO UNA APROXIMACION
ALGORITMICA"**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE LA
MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA ADMINISTRACION
CON LA ESPECIALIDAD EN INVESTIGACION
DE OPERACIONES**

PRESENTA

MARCO ANTONIO BURGOS VALDEZ

MONTERREY, N. L.

DICIEMBRE DE 1985

TM

Z5853

. M2

F I M E

1985

B8



1020070572



DIRECCION GENERAL DE
ESTUDIOS DE POSTGRADO

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

ESCUELA DE GRADUADOS

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA



"CAMINO CRITICO UNA APROXIMACION
ALGORITMICA"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE LA
MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA ADMINISTRACION
CON LA ESPECIALIDAD EN INVESTIGACION
DE OPERACIONES

PRESENTA

MARCO ANTONIO BURGOS VALDEZ

MONTERREY, N. L.

DICIEMBRE DE 1985

TM
25853
042
FINE
1985
BB



FONDO TESIS

63065

A mi Amigo y Compañero

ING. RUBEN TORRES VARGAS

Por su colaboracion desinteresada
en el desarrollo de este trabajo.

GRACIAS.

A mi Asesor y Maestro

ING. VICTORIANO ALATORRE G.

Por sus enseñanzas y consejos.

GRACIAS.

A MIS COMPAÑEROS Y MAESTROS.

A TODOS MIS SINCEROS AMIGOS.

I N D I C E

	Pag.
. INTRODUCCION	1
. ORIGENES DE LOS METODOS PERT Y CPM	2
. DIFERENCIA QUE EXISTE ENTRE EL PERT Y CPM	3
INICIO DEL DIAGRAMA DE FLUJO DEL CAMINO CRITICO	
. DIAGRAMA DE FLUJO PARA INICIALIZAR VARIABLES	5
. ESTIMACION DEL TIEMPO ESTANDAR.	6
- Tiempo Medio.	
- Tiempo Optimista.	
- Tiempo Pesimista.	
. PROBABILIDAD DE RETRASO O ADELANTO	7
- Desviación Estándar.	
. PENDIENTES	8
DIAGRAMA DE FLUJO QUE CALCULA EL TIEMPO ESTANDAR, DESVIACION ESTANDAR Y PENDIENTE.	9
. MATRIZ DE SECUENCIAS	10
DIAGRAMA DE FLUJO QUE OBTIENE LA MATRIZ DE SECUENCIAS.	11
. TIEMPOS MAS TEMPRANOS (hacia adelante)	12
SUBROUTINA P E R T	
DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS TIEMPOS MAS TEMPRANOS	13
. TIEMPOS MAS TARDIOS (hacia atras)	14
DIAGRAMA DE FLUJO QUE ASIGNA EL TIEMPO MAXIMO A LOS EVENTOS QUE SON FIN DE RUTA	14
DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS TIEMPOS MAS TARDIOS	15
DIAGRAMA DE FLUJO PARA CORREGIR LOS TIEMPOS MAS TARDIOS DE INICIO	16
. IDENTIFICACION DE ACTIVIDADES CRITICAS DE UN PROYECTO, SUS HOLGURAS Y PORCENTAJE DE EXPANSION.	17
- Holgura Total.	
- Holgura Libre.	
- Holgura Independiente.	
- Porcentaje de Expansión.	

	Pag.
DIAGRAMA DE FLUJO PARA OBTENER LAS ACTIVIDADES CRITICAS, HOLGURAS Y PORCENTAJE DE EXPANSION.	20
COMPRESION DE LA RED	21
. PARTE TEORICA DEL ALGORITMO DE COMPRESION DE LA RED.	22
I) OBTENER LOS ELEMENTOS NECESARIOS PARA COMPRIMIR LA RED	
DIAGRAMA DE FLUJO DE ARMADO DE RUTAS.	26
SUBROUTINA DE ARMADO DE RUTAS.	27
DIAGRAMA DE FLUJO QUE CALCULA LA DURACION DE LAS RUTAS A TIEMPO OPTIMISTA.	28
DIAGRAMA DE FLUJO QUE BUSCA EL MAXIMO DE LOS MINIMOS.	28
DIAGRAMA DE FLUJO QUE IDENTIFICA LA RUTA QUE ES EL CA- MINO CRITICO DEL PROYECTO.	29
DIAGRAMA DE FLUJO DE RELACION ACTIVIDAD-RUTA.	31
II) ANALISIS DE LAS ACTIVIDADES EN LA RUTA CRITICA PARA DETER- MINAR CUAL DE ELLAS SE PUEDE COMPRIMIR CON UN MENOR COSTO.	
II.I) OBTENER LAS ACTIVIDADES PARALELAS A LA ACTIVIDAD - EVALUADA EN EL CAMINO CRITICO.	
. DIAGRAMA DE FLUJO PARA ANALIZAR SI LAS ACTIVIDADES DEL CAMINO CRITICO SE PUEDEN COMPRIMIR.	32
. DIAGRAMA DE FLUJO DE ANALISIS DE RUTAS.	33
. DIAGRAMA DE FLUJO DEL ANALISIS DE LAS ACTIVIDADES QUE PERTENECEN A LA RUTA SELECCIONADA.	34
. DIAGRAMA DE FLUJO DONDE COMPRUEBA QUE LAS RUTAS - DONDE INTERVIENEN LAS ACTIVIDADES ANALIZADAS, NO - SEAN IGUALES A LAS RUTAS DE LA ACTIVIDAD EVALUADA EN EL CAMINO CRITICO.	35
. DIAGRAMA DE FLUJO QUE GUARDA LAS ACTIVIDADES PARA- LELAS A LA ACTIVIDAD CRITICA QUE SE ESTA EVALUANDO	36
. DIAGRAMA DE FLUJO QUE ELIMINA IGUALES DE MAYOR COSTO.	37
II.II) OBTENER LA COMBINACION MAS ECONOMICA DE LAS ACTIVI- DADES PARALELAS A LA ACTIVIDAD EVALUADA EN EL CAMI- NO CRITICO.	
. DIAGRAMA DE FLUJO PARA TOMAR LA ACTIVIDAD EVALUADA DEL CAMINO CRITICO Y REGISTRAR PORQUE RUTAS INTER- VIENE.	38

	Pag.
• DIAGRAMA DE FLUJO QUE REGISTRA DE UNA EN UNA LAS ACTIVIDADES PARALELAS Y LAS RUTAS POR DONDE INTERVIENE.	39
• DIAGRAMA DE FLUJO QUE REGISTRA LAS ACTIVIDADES - DONDE LAS RUTAS QUE INTERVIENEN NO SEAN IGUALES A LAS RUTAS ANTES SELECCIONADAS.	40
• DIAGRAMA DE FLUJO QUE CONFIRMA SI TODAS LAS RUTAS DEL PROYECTO HAN SIDO REGISTRADAS.	42
• DIAGRAMA DE FLUJO QUE SELECCIONA LA COMBINACION - MAS ECONOMICA.	43
• DIAGRAMA DE FLUJO QUE SELECCIONA LA ACTIVIDAD DE MENOR COSTO DE LA RUTA CRITICA Y COMPRESION DE LA MISMA.	44
• SUBROUTINAS DE IMPRESION.	
• SUBROUTINA DE IMPRESION DE TIEMPOS.	47
• SUBROUTINA DE IMPRESION DE COSTOS.	47
• SUBROUTINA DE IMPRESION DE LA MATRIZ DE INFORMACION.	48
GRAFICA DE GANTT.	
• DIAGRAMA DE FLUJO DE LA GRAFICA DE GANTT.	50
E J E M P L O	52
LISTADO DEL PROGRAMA.	
RESULTADOS.	

INTRODUCCION

EN EL TRANSCURSO DE LA HISTORIA, SE HA VISTO LA REALIZACION DE GRANDES PROYECTOS TALES COMO LAS PIRAMIDES DE TEOTIHUACAN, LA MURALLA CHINA, EL COLISEO DE ROMA, ETC., DE LOS CUALES SE SABE QUE LAS TECNICAS QUE SE UTILIZARON EN LA ADMINISTRACION DE DICHS PROYECTOS DURARON MUCHO TIEMPO. POR LA PREOCUPACION DE REALIZAR LOS PROYECTOS EN TIEMPOS Y COSTO MENOR, ANTES DE FINALIZAR LA DECADA DE LOS CINCUENTA, CON LA AYUDA DE LA INVESTIGACION DE OPERACIONES, SE DESARROLLARON LOS METODOS PERT - CPM, DE LOS CUALES SE OBTUVIERON LOS ELEMENTOS REQUERIDOS PARA FORMAR EL METODO DEL CAMINO CRITICO ACTUAL, UTILIZANDO LOS COSTOS DE OPERACION Y DE CONTROL DE TIEMPOS DE EJECUCION, PARA BUSCAR QUE EL PROYECTO TOTAL SEA EJECUTADO EN EL MENOR TIEMPO Y AL MENOR COSTO POSIBLE. DEL METODO DEL CAMINO CRITICO, SE HA ESCRITO MUCHO EN ARTICULOS, REVISTAS Y LIBROS ESPEGIALIZADOS, PERO DE UNA FORMA MUY TEORICA O MATEMATICA. EN ESTE TRABAJO SE OBTENDRA LA SOLUCION DE ESTE METODO POR MEDIO DE UNA APROXIMACION ALGORITMICA, PARA EL CUAL SE REALIZO UN PROGRAMA COMPLETAMENTE RIGIDO Y DETALLADO, QUE SE UTILIZARA EN LA COMPUTADORA.

SE HA VISTO EN ESTOS ULTIMOS AÑOS, QUE LA COMPUTADORA HA SIDO Y SERA UNA DE LAS HERRAMIENTAS DE MAS UTILIZACION EN LA FORMACION DEL ESTUDIANTE, TANTO POR LA RAPIDEZ COMO POR LA EFICACIA QUE TIENE EN LA SOLUCION DE CUALQUIER ALGORITMO QUE SE LE PLANTEE.

EL PERT - CPM, SON METODOS MUY UTILIZADOS EN LA TOMA DE DECISIONES DE PROYECTOS DE LA INDUSTRIA PRIVADA Y PUBLICA, SI EN ESTOS METODOS SE UTILIZA EL COMPUTADOR ELECTRONICO, SE NOS FACILITA EL CALCULO DE CUALQUIER PROYECTO POR MAS COMPLICADO QUE SEA.

ORIGENES DE LOS METODOS PERT Y CPM

El Método PERT que tiene las iniciales de Program Evaluation and Review Technique (Evaluación de Programas y Técnicas de Revisión), fué desarrollado en 1957 por la Marina de los Estados Unidos en colaboración de consultores de la Casa Booz, Allen y Hamilton. En su inicio, el Método PERT fué desarrollado como un instrumento de planificación, comunicación, control e información, aplicando métodos matemáticos y probabilísticos a los tiempos empleados en cada actividad, para así poder coordinar el progreso de los distintos contratistas y agencias que trabajaban en el proyecto del Submarino Atómico Polaris.

El Método CPM. que son las iniciales de Critical Path Method (Método de la Ruta Crítica), fué desarrollado en 1957 cuando la Du Pont se interesó en diseñar un sistema como una ayuda para el ataque de proyectos administrativos de ingeniería de alto grado de complejidad. Dichos proyectos involucrarían cientos de detalles tecnológicos de secuencia, de tiempo de duración, fecha de terminación y costos. Cada proyecto requeriría los esfuerzos de numerosos departamentos: investigación, diseño, compras, construcción, vendedores, contratistas y el cliente. Con esto se buscó el control y la optimización de los costos de operación mediante la planeación adecuada de las actividades componentes del proyecto. La realización de esta técnica se obtuvo en un esfuerzo conjunto de los señores M. R. Walker de la división de Estudios de Ingeniería de la E. I. Du Pont, y J. E. Kelly de la Remington Rand Univac.

DIFERENCIA QUE EXISTE ENTRE EL PERT Y EL CPM

En el PERT el costo del proyecto es secundario, los tiempos ocupan el lugar primordial. Estos tiempos son probabilísticos.

En el CPM se dá una importancia preferente a los costos del proyecto y un lugar secundario a los tiempos. Estos tiempos son determinísticos.

Como el PERT y CPM son muy similares y tienen características innovadoras muy importantes (como la separación de las funciones de planeación y programación), se obtuvieron de ambos los elementos requeridos para formar el método del Camino Crítico actual, utilizando los costos de operación y de control de los tiempos de ejecución, para buscar que el proyecto total sea ejecutado en el menor tiempo y al menor costo posible.

DEFINICION DEL METODO DEL CAMINO CRITICO

El método del camino crítico es un proceso lógico y racional de planeación, programación, ejecución y control de todas y cada una de las actividades que componen un proyecto que debe desarrollarse dentro de un tiempo crítico y al costo más reducido posible.

INICIO DEL DIAGRAMA DE FLUJO DEL CAMINO CRITICO

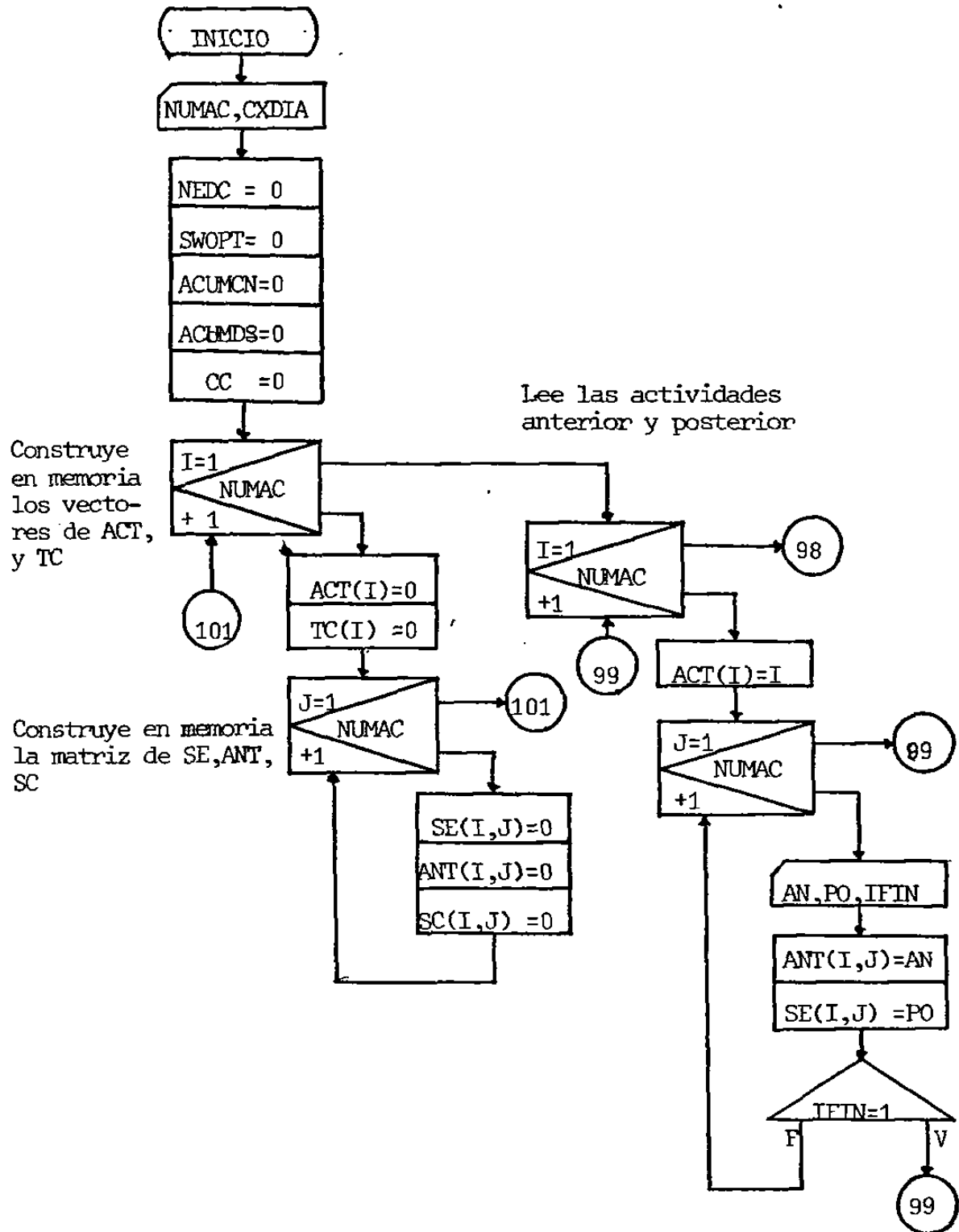
INICIO DEL DIAGRAMA DE FLUJO DEL CAMINO CRITICO (PERT - CPM)

DEFINICION DE VARIABLES:

NUMAC ; Número de actividades del proyecto.
CXDIA ; Costo por día.
NEDC ; Subíndice.
ACUMCN ; Acumulador del costo normal.
ACUMDS ; Acumulador de la desviación estándar.
CC ; Costo de compresión.
ACT(I) ; Número de una actividad determinada.
TC(I) ; Tiempo comprimido.
SE(I,J) ; Actividad subsiguiente.
ANT(I,J) ; Actividad antecedente.
SC(I,J) ; Secuencia de actividades en la matriz de 1 y -1.
AN ; Actividad anterior.
PO ; Actividad posterior.
IFIN ; Variable que se utiliza para preguntar si ya no existen actividades AN o PO de la actividad I.
SWOPT ; Switch indicador a obtener el costo óptimo.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL INICIO DEL PROGRAMA DEL CAMINO CRITICO.

Lee el número de actividades, costo por día del proyecto e inicializa variables.



ESTIMACION DEL TIEMPO ESTANDAR

Al realizar un proyecto, no se puede determinar una fecha exacta de la terminación de un trabajo, pero sí un tiempo más probable basándose en experiencias anteriores y en los recursos disponibles. Sin embargo, existen imprevistos que pueden adelantar o atrasar la fecha de terminación. -- Por lo cual el PERT nos calcula un tiempo estándar para cada actividad, -- donde necesita tres cantidades estimadas de tiempo que son:

- 1) TN ; Tiempo Medio.
- 2) TO ; Tiempo Optimista.
- 3) TP ; Tiempo Pesimista.

TIEMPO MEDIO (TN).- Es el tiempo normal en que la actividad puede llevarse a cabo y cuyos resultados se obtienen frecuentemente, repitiendo la actividad muchas veces bajo las mismas circunstancias.

TIEMPO OPTIMISTA (TO).- Es el tiempo mínimo que se requiere para la terminación de la actividad si todos los factores del trabajo marchan con buena suerte, sin importar el costo o cuantía de elementos materiales y humanos que se requieran.

TIEMPO PESIMISTA (TP).- Es el tiempo máximo en que la actividad puede tener lugar y cuyo resultado ocurre solamente en el caso de mala suerte, por ejemplo, consecuencia de accidente, falta de suministro, retardo involuntario, etc. Debe contarse sólo el tiempo en que se ponga remedio al problema presentado y no debe contar el tiempo ocioso.

Una vez obtenido los tiempos anteriores (TN, TO, TP), se obtiene el tiempo estándar (TS) mediante la siguiente fórmula.

$$TS(I) = \frac{TO(I) + 4 * TN(I) + TP(I)}{6}$$

PROBABILIDAD DE RETRASO O ADELANTO (Desviación Estándar),

El tiempo estándar (TS) calculado anteriormente, sirve sólo para indicar la fecha de terminación de cierta actividad con la mayor aproximación de acertar, pero en el transcurso de realización de los proyectos el tiempo realmente necesitado no se puede saber hasta que termine la actividad. Por eso la duración de la actividad en este caso es una variable aleatoria siguiendo una distribución de probabilidad.

Esta incertidumbre se puede conocer mediante la estadística. La medida adecuada de expresar la incertidumbre, es la desviación estándar. - Dicho de otro modo: la desviación estándar indica el riesgo de no acertar la duración del tiempo estándar calculado de la actividad.

Su fórmula es la siguiente:

$$DS(I) = \frac{TP(I) - TO(I)}{6}$$

La fórmula anterior nos dice que si la fecha optimista (TO) y la pesimista (TP) están muy distantes, existe una gran incertidumbre respecto al tiempo en que la actividad podrá ser terminada.

La varianza del proyecto es igual a la suma de las varianzas del camino crítico, de la cual se obtiene la desviación estándar del proyecto. Si existen varios caminos críticos dentro del proyecto se tomará la desviación mayor de ellos como desviación estándar del proyecto.

P E N D I E N T E S

La pendiente de costo se designa con la notación PEND. Físicamente, la pendiente representa el incremento necesario en el costo por unidad de reducción en el tiempo de terminación de la actividad.

Matemáticamente, la pendiente se representa:

$$\text{PEND}(I) = \frac{\text{CL}(I) - \text{CN}(I)}{\text{TS}(I) - \text{TO}(I)}$$

Donde:

CL ; Es el costo límite para las actividades ejecutadas a tiempo op
timista.

CN ; Es el costo normal para las actividades realizadas a tiempo es
tándar.

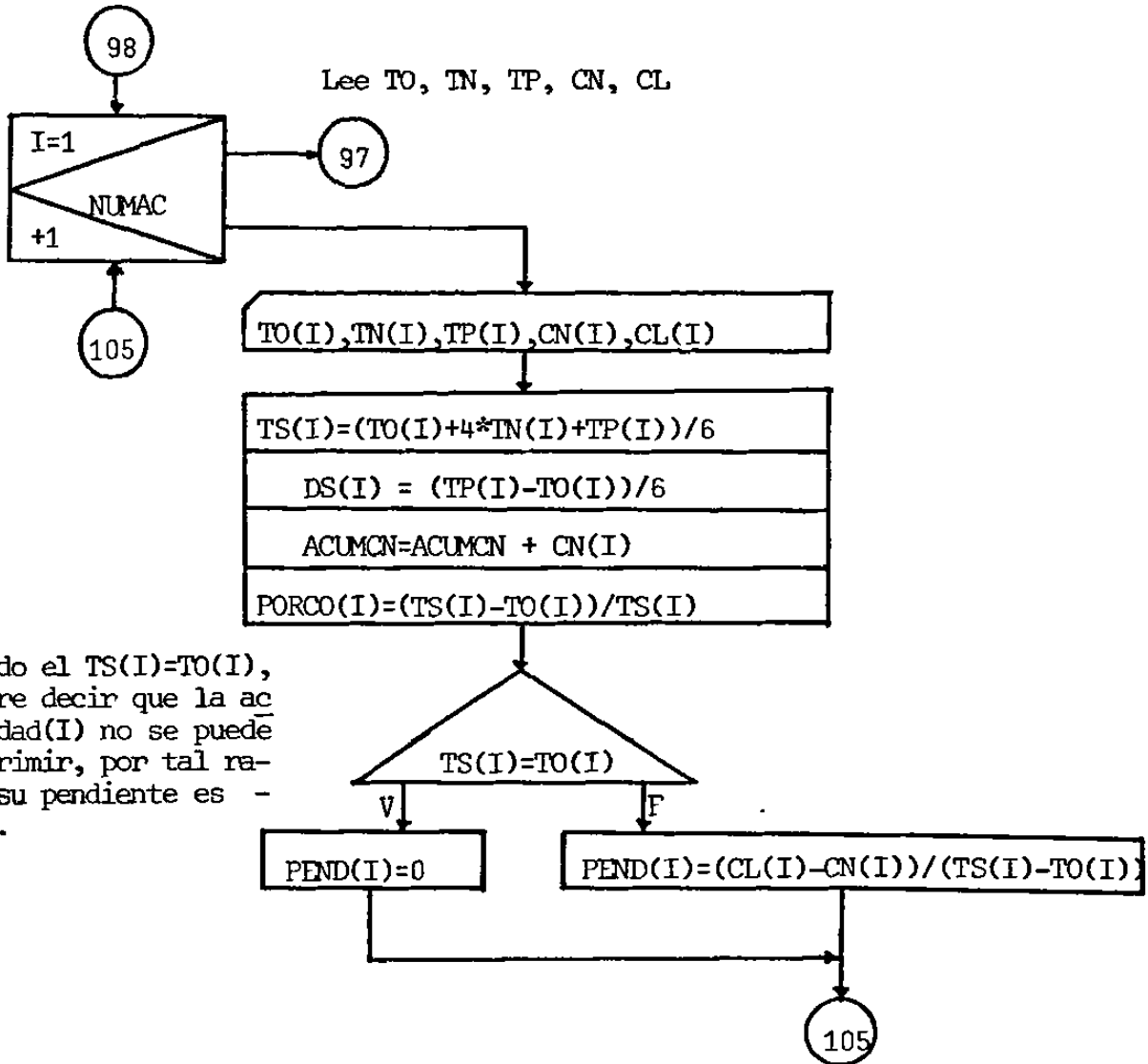
TS ; Es el tiempo estándar.

TO ; Es el tiempo optimista.

DIAGRAMA DE FLUJO QUE CALCULA EL TIEMPO ESTANDAR, DESVIACION ESTANDAR, PORCENTAJE DE COMPRESION Y LA PENDIENTE.

TO(I); Tiempo Optimista de la actividad (I).
 TN(I); Tiempo Medio de la actividad (I).
 TP(I); Tiempo Pesimista de la actividad (I).
 TS(I); Tiempo Estándar de la actividad (I).
 DS(I); Desviación Estándar de la actividad (I).
 CN(I); Costo Normal de la actividad (I).
 CL(I); Costo Límite de la actividad (I).

PORCO(I); Porcentaje de Compresión de la actividad (I).
 PEND(I); Pendiente de la actividad (I).



Quando el $TS(I) = TO(I)$, quiere decir que la actividad(I) no se puede comprimir, por tal razón su pendiente es -cero.

MATRIZ DE SECUENCIAS.

La matriz de secuencias se representa por una matriz cuadrada, donde la primera columna son las actividades (I), y el primer renglón son las actividades (J), ver figura.

		Actividades (J)				
		1	2	3	4	5
Actividades (I)	1	0	0	1	1	0
	2	0	0	0	0	1
	3	-1	0	0	0	1
	4	-1	0	0	0	0
	5	0	-1	-1	0	0

- Cuando en la matriz se vea que una secuencia (I,J) sea igual a "1"; quiere decir que la actividad (J) depende de la (I).

Ejemplo:

$Sec(1,4) = 1$; la actividad 4 depende de la 1.

- Cuando en la matriz se vea que una secuencia (I,J) sea igual a "-1"; quiere decir que la actividad (J) es antecedente de la (I).

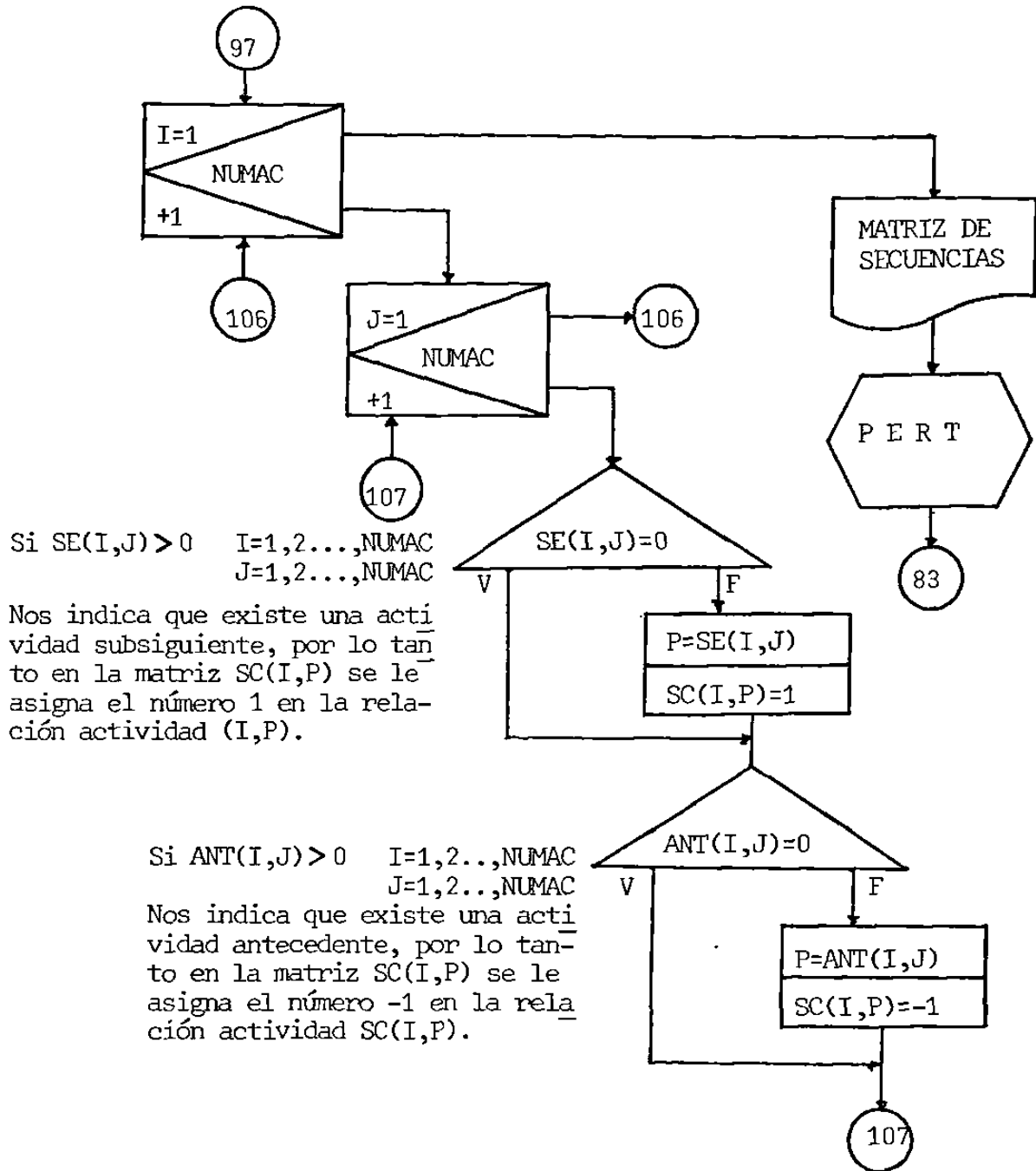
Ejemplo:

$Sec(3,1) = -1$; la actividad 1 es antecedente de la 3.

- Y, por último, cuando en la matriz se vea que una secuencia (I,J) sea igual a "0"; quiere decir que no existe relación entre esas actividades.

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA MATRIZ DE SECUENCIAS.

SE(I) ; Actividades Subsiguientes de la actividad (I).
 ANT(I) ; Actividad Antecedente de la actividad (I).
 SC ; Secuencia de actividades en la matriz de 1 y -1.

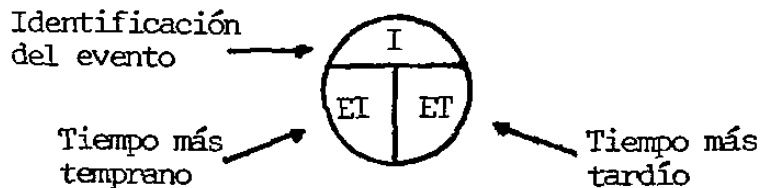


TIEMPOS MAS TEMPRANOS

EVENTOS. Es el punto en el tiempo que marca el inicio o terminación de una o más actividades. Los eventos se representan con círculos pequeños y se identifican con números naturales colocados en la parte superior de los círculos.

El símbolo del círculo es llamado también "nodo".

Representación del Símbolo de Evento.



TIEMPOS MAS TEMPRANOS

Una vez que se han especificado las duraciones de todas las actividades, se podrá encontrar la duración del proyecto, determinando el tiempo más temprano para cada evento (I) en la red que se está utilizando hasta concluir en el último evento del diagrama.

Se dice que un evento ocurre cuando todas las actividades que finalizan en él han sido terminadas. La lógica de la red exige la imposibilidad de seguir adelante de un evento si cualquiera de las actividades incluidas en la especificación del evento no está concluida. Así, el tiempo más temprano para un evento, es el tiempo necesario para terminar todas las actividades por la ruta de mayor tiempo de terminación, medida éste desde la iniciación del proyecto, hasta el evento bajo consideración. El lado izquierdo del nodo se usa para llevar el registro del tiempo más temprano de cada evento.

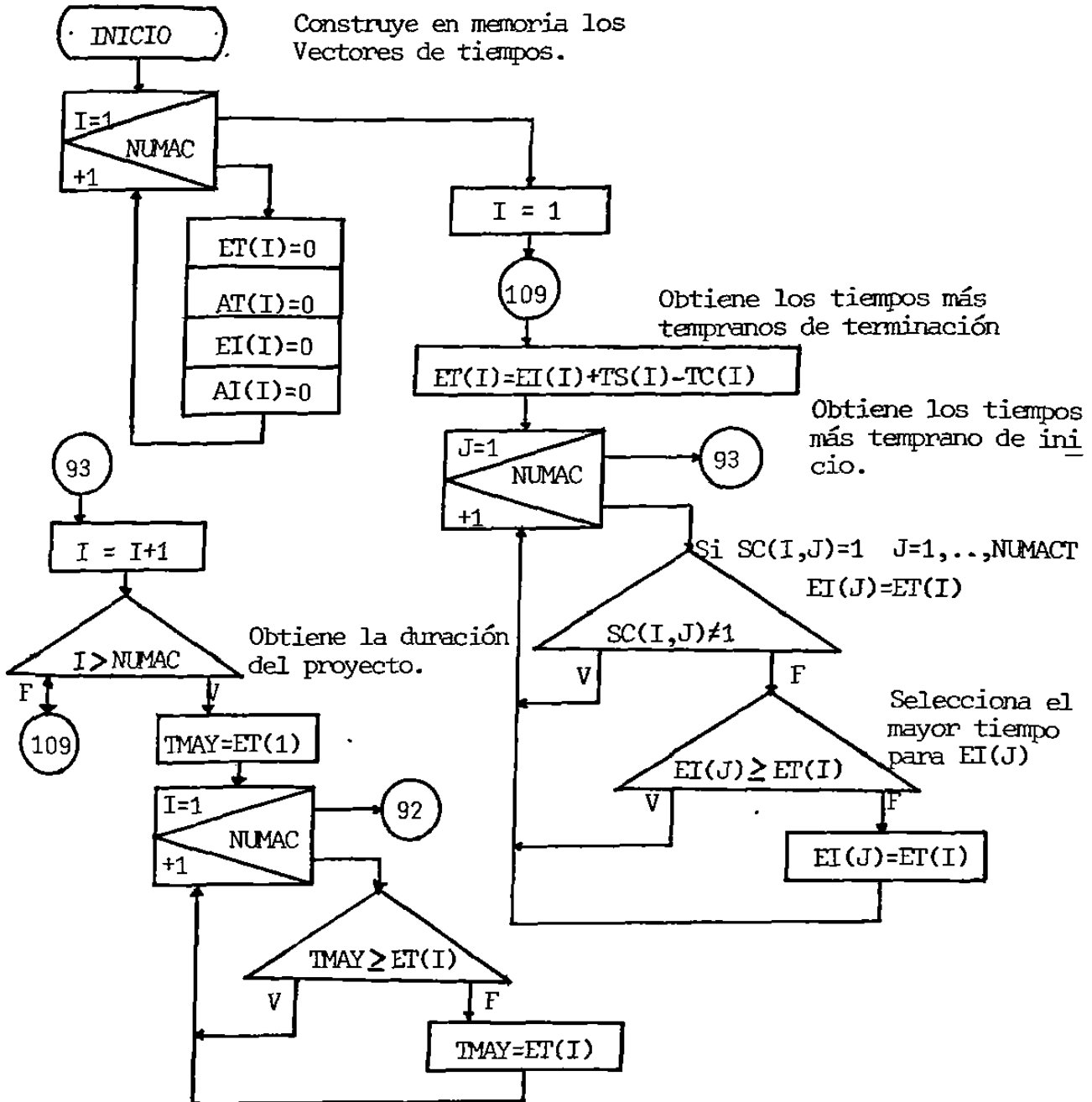
$$ET(I) = EI(I) + TS(I)$$

SUBROUTINA P E R T

SUBROUTINA PERT

DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS TIEMPOS MAS TEMPRANOS (hacia adelante).

- ET(I) ; Tiempo más temprano de terminación.
- AT(I) ; Tiempo más tardío de terminación.
- EI(I) ; Tiempo más temprano de inicio.
- AI(I) ; Tiempo más tardío de inicio.
- TMAY ; Tiempo máximo (duración del proyecto).



TIEMPO MAS TARDIOS (hacia atras)

Una vez que se ha determinado la duración del proyecto, se podrá calcular el tiempo más tardío para cada evento (I) de la red. Esto se hace comenzando por el último evento de la red, usando como origen el tiempo de duración del proyecto y continuando hacia atrás, hasta el evento de iniciación. El lado derecho del nodo se usa para llevar el registro del tiempo más tardío para cada evento.

DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS TIEMPOS MAS TARDIOS.

Rutina de asignación del tiempo máximo a los eventos que son fin de ruta.

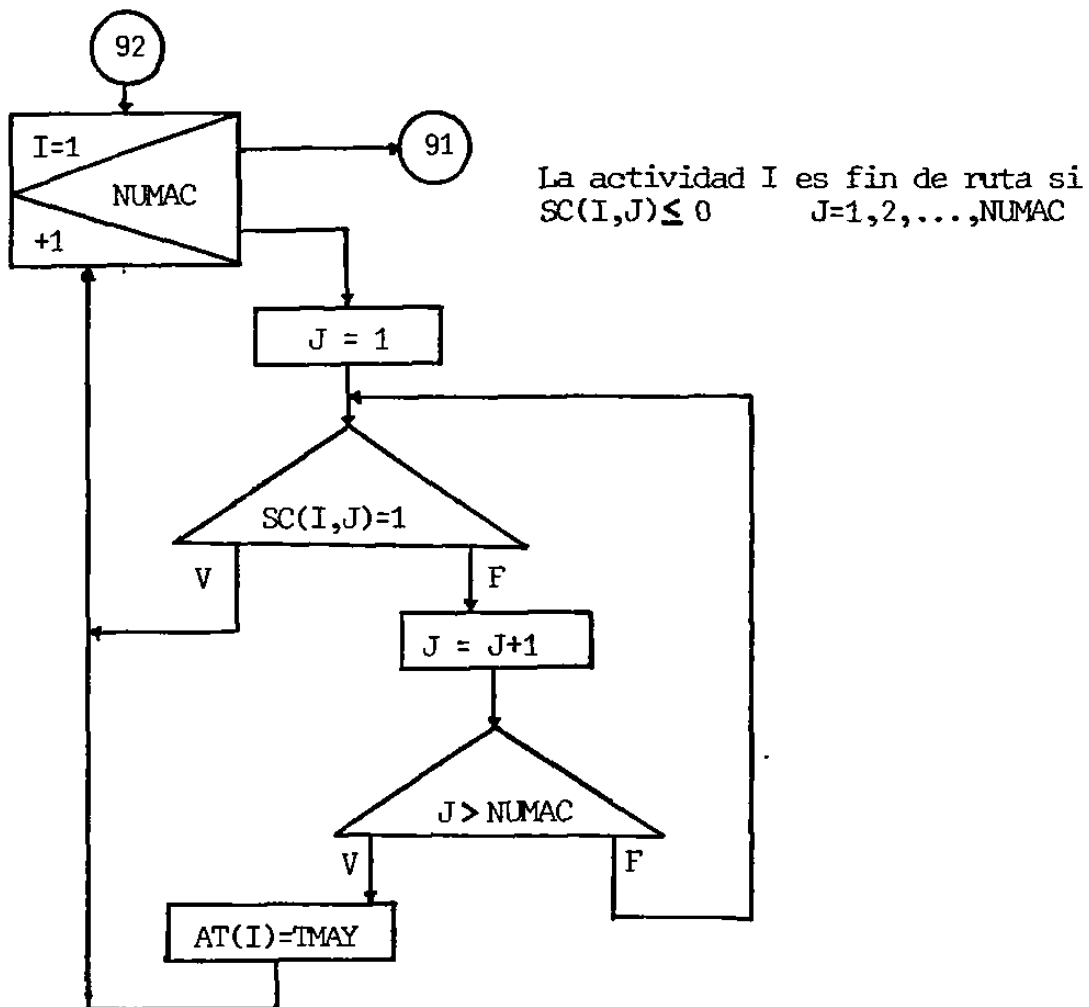


DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS TIEMPOS MAS TARDIOS

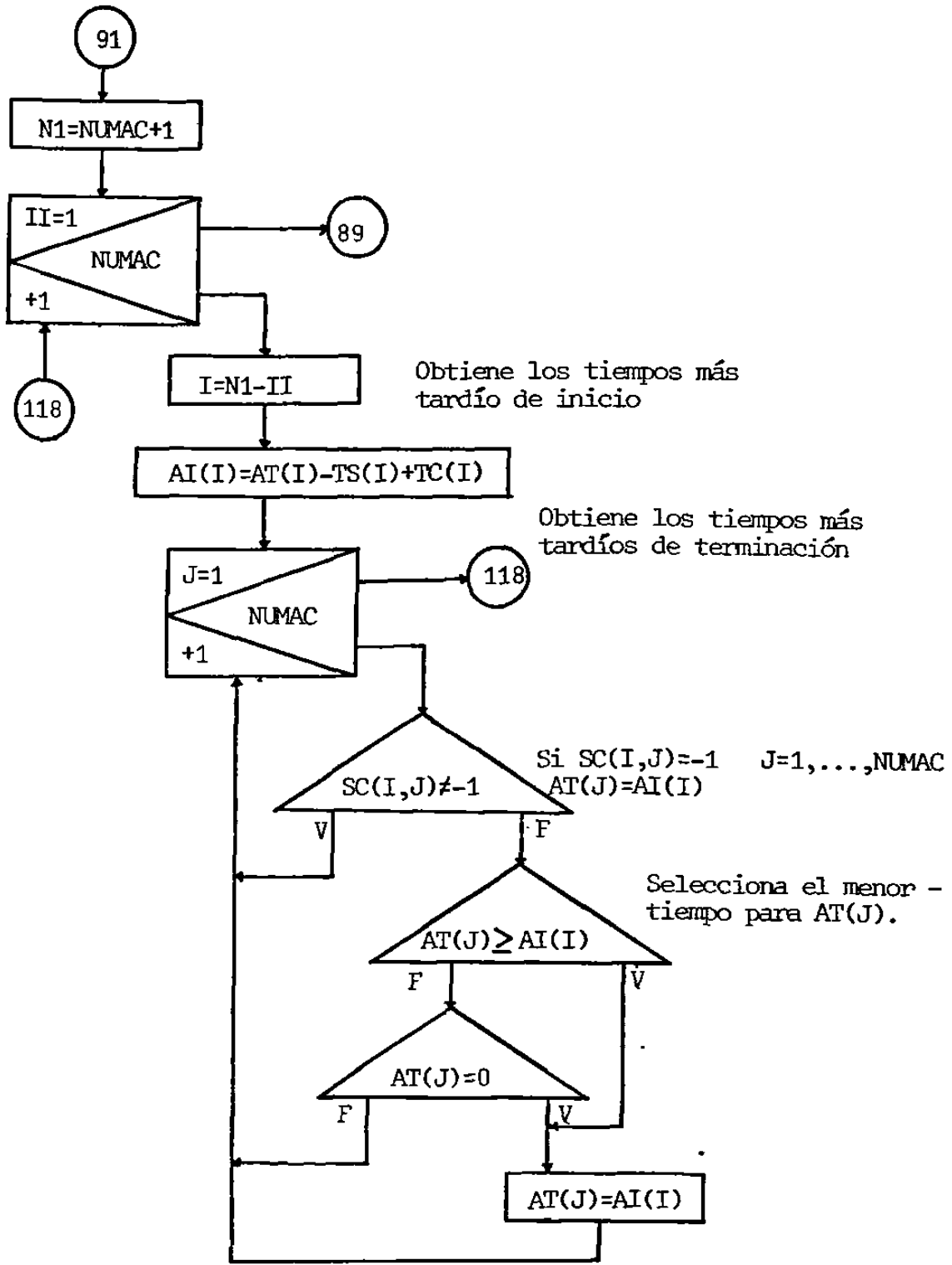
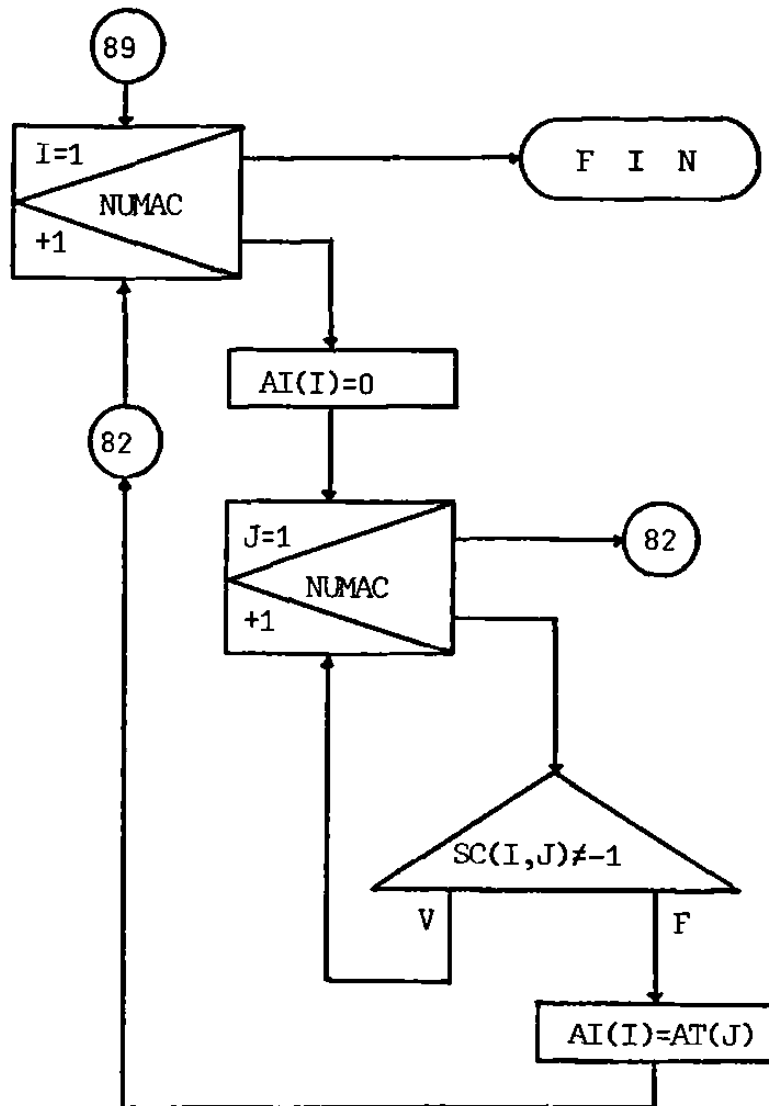


DIAGRAMA DE FLUJO PARA CORREGIR TIEMPOS MAS TARDIOS DE INICIO



IDENTIFICACION DE ACTIVIDADES CRITICAS DE UN PROYECTO, SUS HOLGURAS Y PORCENTAJE DE EXPANSION.

En todos los proyectos, algunas actividades son flexibles, respecto a cuando se pueden comenzar o terminar, otras no son flexibles, de forma que si se demora cualquiera de ellas, se retrasará todo el proyecto.

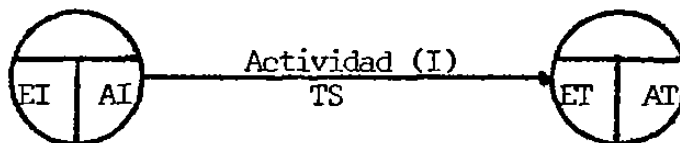
Estas actividades inflexibles se llaman críticas y la cadena de ellas forman un camino crítico. El camino crítico es la duración más larga a través del proyecto.

El camino crítico lo podemos identificar en aquella cadena formada desde el primer evento hasta el último, con las actividades cuya holgura total de tiempo es igual a cero.

En este trabajo se verán tres tipos de holgura:

- a) Holgura Total.
- b) Holgura Libre.
- c) Holgura Independiente.

Definimos a continuación los términos necesarios para la explicación de las holguras:



EI: Es el tiempo más temprano de inicio de una actividad dada

AI: Es el tiempo más tardío de inicio

ET: Es el tiempo más temprano de terminación

AT: Es el tiempo más tardío de terminación

TS: Es el tiempo necesario para realizar una actividad.

- a) **HOLGURA TOTAL (HOLGT).**- Es la diferencia entre el tiempo más tardío - de finalización y el más temprano de inicio de una actividad, menos la duración de la misma.

$$HOLGT(I) = AT(I) - EI(I) - TS(I)$$

La holgura total, es el máximo tiempo adicional de que pueda disponerse para terminar una actividad en particular y que no puede pasar de - sus límites sin retrasar el proyecto. Se deduce de esto, que las actividades críticas tienen holgura total igual a cero; por lo tanto, podemos afirmar lo que ya se había dicho anteriormente, que los caminos - críticos pueden identificarse como aquellas cadenas de actividades que tienen holgura total igual a cero.

Las cadenas no críticas siempre tendrán holgura total y mientras mayor sea el número de actividades en la cadena y menor sea la holgura total, más se acerca la cadena de ser crítica. Las cadenas no críti--cas con holgura total pequeño, deberán ser observadas cuidadosamente - durante la realización del proyecto y, se habla de ellas como cercanas a la ruta crítica.

- b) **HOLGURA LIBRE (HOLGL).**- Es la diferencia de los tiempos lo más temprano de inicio y finalización, menos la duración de la actividad.

$$HOLGL(I) = ET(I) - EI(I) - TS(I)$$

La Holgura Libre es el lapso adicional disponible para terminar una actividad, suponiendo que todas las demás actividades comiencen y termi--nen tan pronto como sea posible sin perturbar las actividades subse---cuentes, las cuales podrán comenzarse en su tiempo de iniciación más - temprano. Así, las holguras libres, por lo general se indican concen--tradas al final de las actividades o cadenas no críticas, respecto a - las cuales vienen a ser un margen de seguridad para compensar cual---quier retraso inevitable.

La Holgura Libre puede distribuirse únicamente entre actividades - anteriores dentro de la cadena, y es aquella cantidad de holgura total que pueden consumirse sin afectar actividades subsecuentes. Como las - actividades críticas no tienen holgura total, automáticamente tendrán - una holgura libre igual a cero.

- c) HOLGURA INDEPENDIENTE (HOLGI).- Es la diferencia entre el tiempo más - temprano de finalización y el más tarde de iniciación de una actividad, menos la duración de la misma.

$$\text{HOLGI(I)} = \text{ET(I)} - \text{AI(I)} - \text{TS(I)}$$

La Holgura Independiente es el lapso que una actividad puede retrazarse o desplazarse, sin importar el estado de las actividades que la prece-- den o la sigan dentro del proyecto, y sin afectar la duración de éste. La holgura independiente de una actividad no puede compartirse con nin-- guna otra.

La holgura independiente existe en actividades no críticas aisla-- das que se indican y terminan en eventos críticos, o en actividades fi-- nales de las cadenas no críticas que terminan en otras cadenas no críti-- cas más cercanas a serlo.

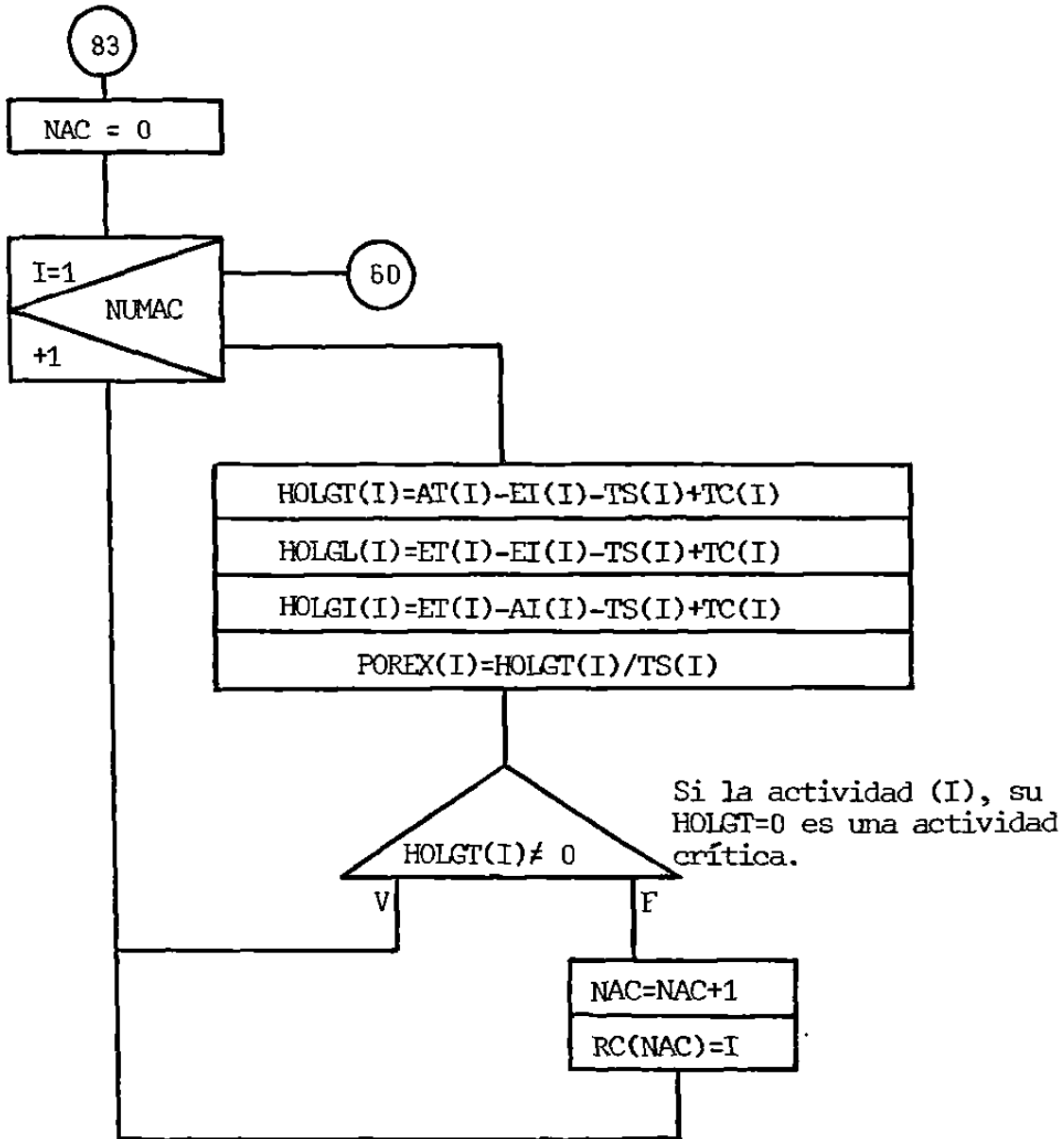
La holgura independiente es escasa y aveces ésta es negativa; cuan-- ésta sea negativa, quiere decir que el tiempo que se dispone para reali-- zar la actividad es menor que el tiempo estándar.

PORCENTAJE DE EXPANSION (POREX).- Se calcula dividiendo el número de días de holgura total entre el tiempo estándar de cada actividad.

$$\text{POREX(I)} = \text{HOLGI(I)} / \text{TS(I)}$$

DIAGRAMA DE FLUJO PARA OBTENER LAS ACTIVIDADES CRITICAS,
HOLGURAS Y PORCENTAJE DE EXPANSION.

NAC ; Número de actividades críticas.



COMPRESION DE LA RED

COMPRESION DE LA RED

Si se quiere acelerar la marcha de alguna actividad para reducir la duración del proyecto (compresión de la red), es evidente que ello ocasionará un aumento de costo directo y a su vez una disminución en el costo indirecto.

El criterio de aceleración del proyecto es elegir para su reducción de tiempo de realización aquellas actividades cuyo incremento de costo directo por unidad de tiempo (pendiente) sean menores que en otras. Por lo tanto lo que se desea en la compresión de la red es obtener la combinación de duración-costo del proyecto que nos lleven a un costo total óptimo, que corresponde al punto mínimo en la curva del costo total (ver la figura A).

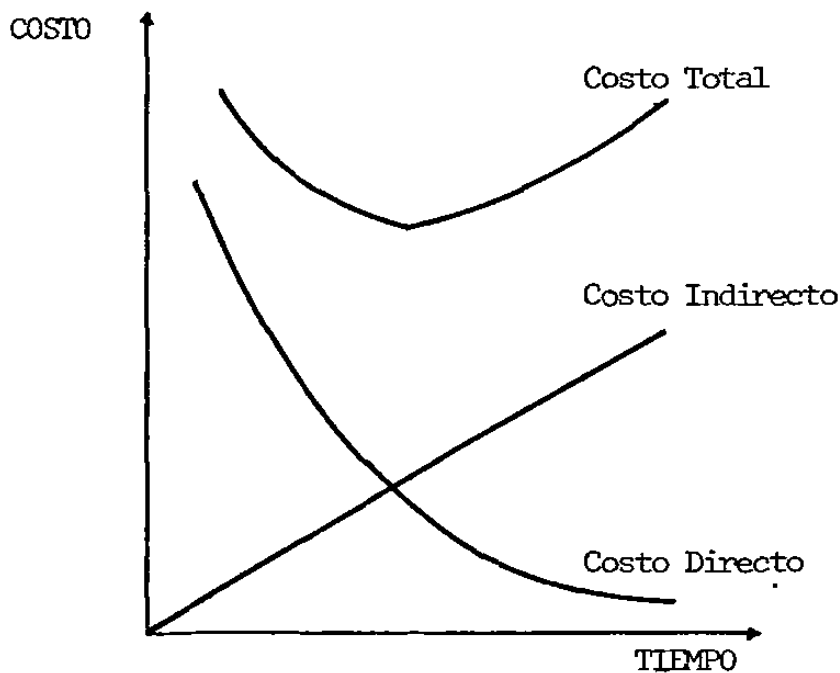


FIGURA A

PARTE TEORICA DEL ALGORITMO DE COMPRESION DE LA RED

El algoritmo de compresión de la red se determinó en dos partes:

- I) Obtener los elementos necesarios para comprimir la red.
- II) Análisis de las actividades en el camino crítico para determinar cuál de ellas se puede comprimir con un menor costo.
 - II.I) Obtener las actividades paralelas a la actividad evaluada en el camino crítico.
 - II.II) Obtener la combinación más económica de las actividades paralelas a la actividad evaluada en el camino crítico.

PASOS DE LOS PUNTOS ANTERIORES

- I) OBTENER LOS ELEMENTOS NECESARIOS PARA COMPRIMIR LA RED.
 - PASO 1. Obtener todas las rutas del proyecto.
 - PASO 2. Calcular la duración de las rutas a tiempo optimista.
 - PASO 3. Buscar el tiempo Máximo de los Mínimos (a tiempo optimista), para determinar la duración Mínima de un proyecto.
 - PASO 4. Identificar que ruta del proyecto es el camino crítico. El camino crítico se utiliza como referencia para la compresión de la red.
 - PASO 5. Identificar para cada actividad en que rutas intervienen.
- II) ANALISIS DE LAS ACTIVIDADES EN EL CAMINO CRITICO PARA DETERMINAR CUAL DE ELLAS SE PUEDE COMPRIMIR CON UN MENOR COSTO.
 - II.I) OBTENER LAS ACTIVIDADES PARALELAS A LA ACTIVIDAD EVALUADA EN EL CAMINO CRITICO.
 - PASO 1. Tomar una actividad del camino crítico y analizar si se puede comprimir: si no se puede comprimir rechazarla y tomar otra. En caso contrario seguir adelante.

PASO 2. Análisis de todas las rutas del proyecto: se toma una - ruta y se analiza si pertenece a las rutas donde interviene la actividad crítica que se está evaluando. En - el dado caso que esta ruta si pertenezca a dicha actividad, quiere decir que la ruta ya ha sido evaluada y se toma otra, si no, se continúa con el paso 3.

PASO 3. Análisis de las actividades de las rutas seleccionadas: En este paso se seleccionan las actividades paralelas a la actividad evaluada en el camino crítico.

- a) Comprobar que la actividad no pertenezca a la ruta crítica. Si pertenece se rechaza.
- b) Una vez comprobado que la actividad no pertenece a la ruta crítica, analizar que no pertenezca a las rutas donde interviene la actividad evaluada en el camino crítico. Si pertenece se rechaza.
- c) Se guardan todas las actividades que cumplan el paso 3.

PASO 4. Una vez ya obtenidas las actividades paralelas, se eliminan aquellas que intervengan en las mismas rutas, que dando la de menor costo.

II.II) OBTENER LA COMBINACION MAS ECONOMICA DE LAS ACTIVIDADES PARALELAS A LA ACTIVIDAD EVALUADA EN EL CAMINO CRITICO.

PASO 1. Tomar la actividad evaluada del camino crítico y registrar las rutas donde interviene.

PASO 2. Tomar una actividad paralela y registrar las rutas donde interviene.

PASO 3. Tomar las restantes actividades paralelas de una en una: Se seleccionan aquellas que en las rutas que intervienen, no sean iguales a las rutas de las actividades antes seleccionadas.

PASO 4. Se confirma si todas las rutas del proyecto han sido - registradas; en el caso de que no aparezca ninguna ruta, se elimina esa combinación.

PASO 5. Se selecciona la combinación más económica.

NOTA: Del paso 2 al 5, se realiza para cada una de las actividades paralelas a la actividad evaluada en el camino crítico.

PASO 6. Seleccionar la actividad de menor costo (combinación) de la ruta crítica y compresión de la misma.

Como se vá realizando el procedimiento del punto II.II, se vá seleccionando la combinación más económica.

ALGORITMO DE COMPRESION DE LA RED

- I) OBTENER LOS ELEMENTOS NECESARIOS PARA COMPRIMIR LA RED.

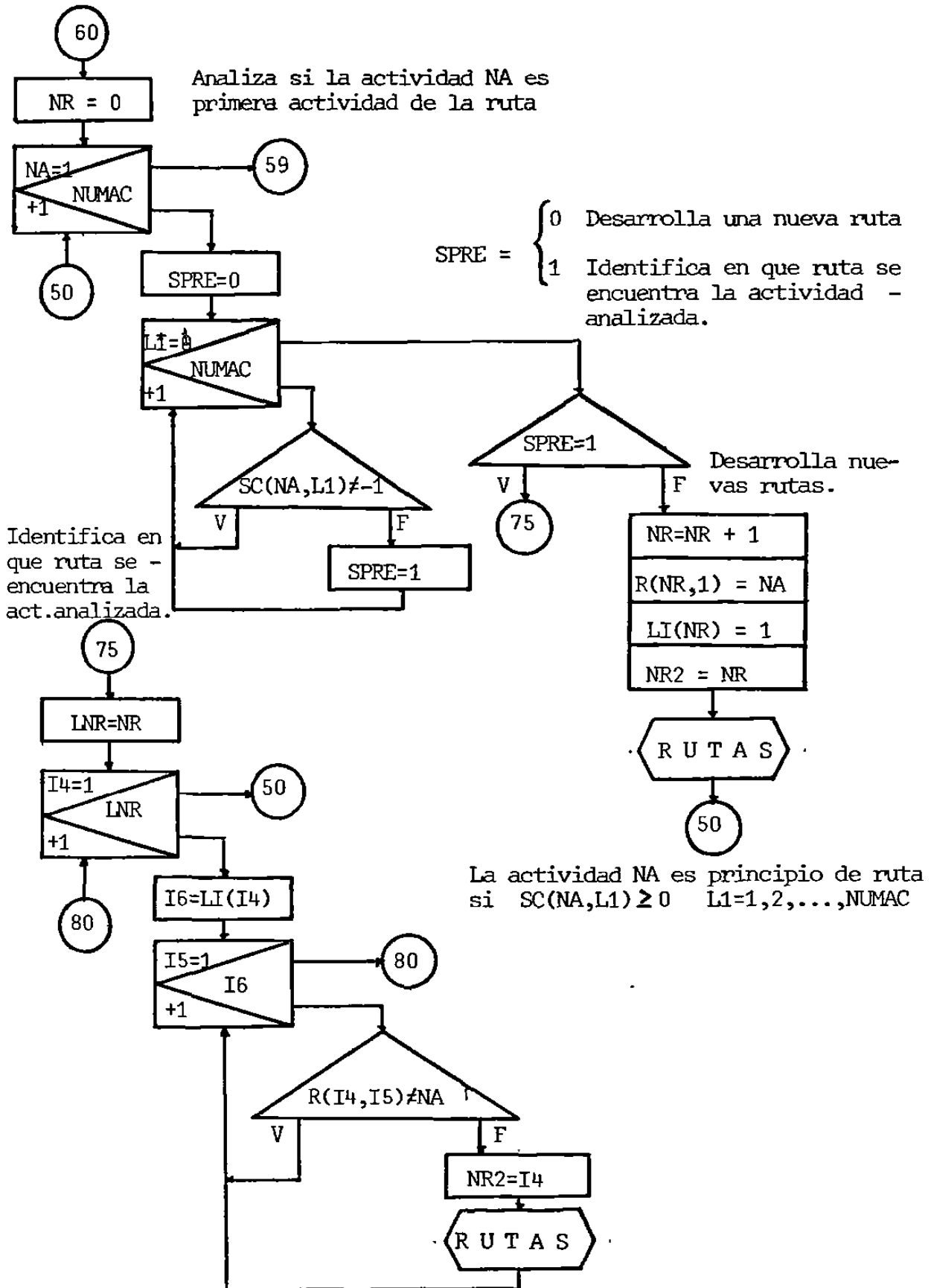
P A S O 1

ARMADO DE RUTAS

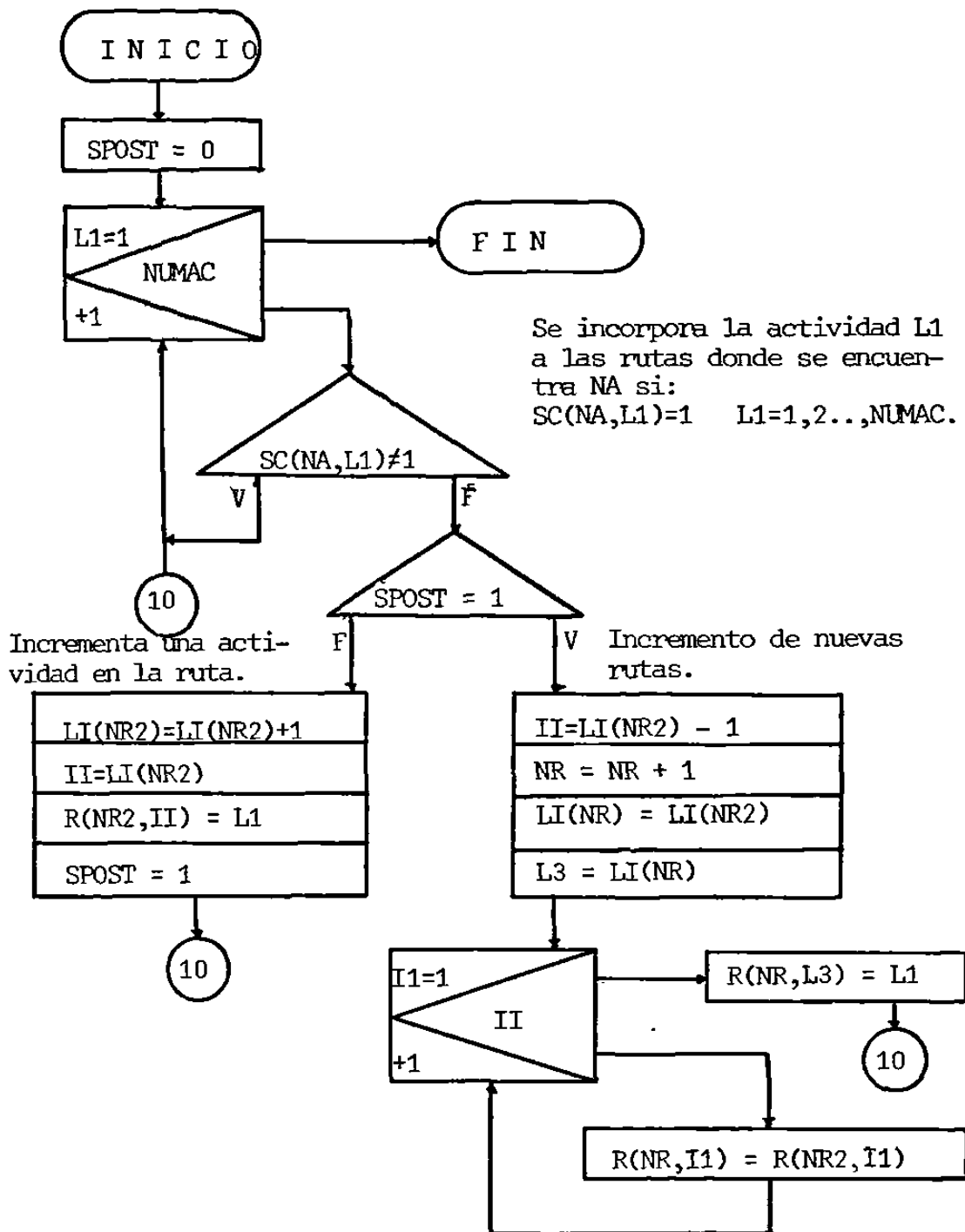
DEFINICION DE VARIABLES:

- NR ; Número de Rutas.
- NA ; Número de actividad que se está analizando.
- NUMAC ; Número de actividades del proyecto.
- SPRE ; Cuando es: 0 es la primera actividad de la ruta
1 no es la primera actividad de la ruta.
- SPOST ; Cuando es: 0 es la actividad de fin de ruta
1 no es la actividad de fin de ruta.
- L1 ; Secuencia de la actividad NA, para saber si es inicio o terminación de ruta.
- L3 ; Número de elementos de la ruta NR sin dimensión.
- R ; Ruta.
- LI(NR); Número de actividades de la ruta NR.
- NR2 ; Número de ruta para usarse en subrutina de armado de rutas.
- INR ; Número de ruta fijo.
- I1 ; Variable de los elementos de la ruta.
- I4 ; Variable para barrer los elementos de las rutas ya existentes.
- I5 ; Variable para barrer los elementos de una ruta.
- I6 ; Número de actividades de ruta sin dimensión.
- II ; Variable sin dimensión de el límite LI(NR).
- I ; Variable para obtener todas las rutas.

DIAGRAMA DE FLUJO DE ARMADO DE RUTAS



SUBROUTINA DE ARMADO DE RUTAS



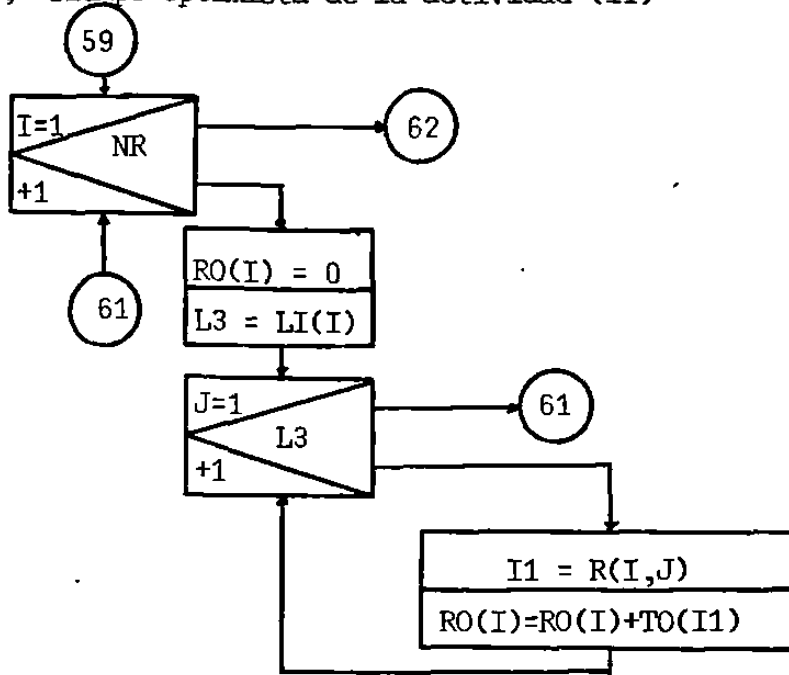
P A S O 2

DIAGRAMA DE FLUJO QUE CALCULA LA DURACION DE LAS RUTAS A TIEMPO OPTIMISTA.

LI(I) ; Número de actividades en la ruta (I).

RO(I) ; Ruta (I) a tiempo optimista.

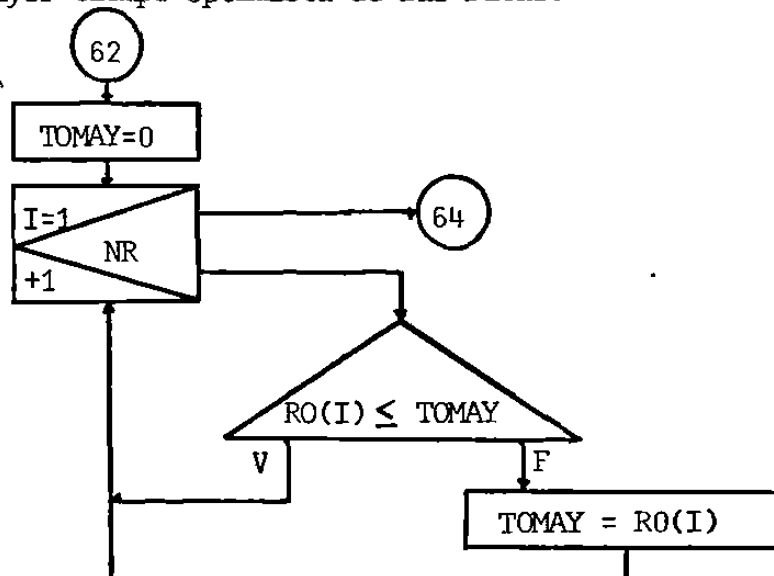
TO(I1) ; Tiempo optimista de la actividad (I1)



P A S O 3

DIAGRAMA DE FLUJO QUE BUSCA EL MAXIMO DE LOS MINIMOS

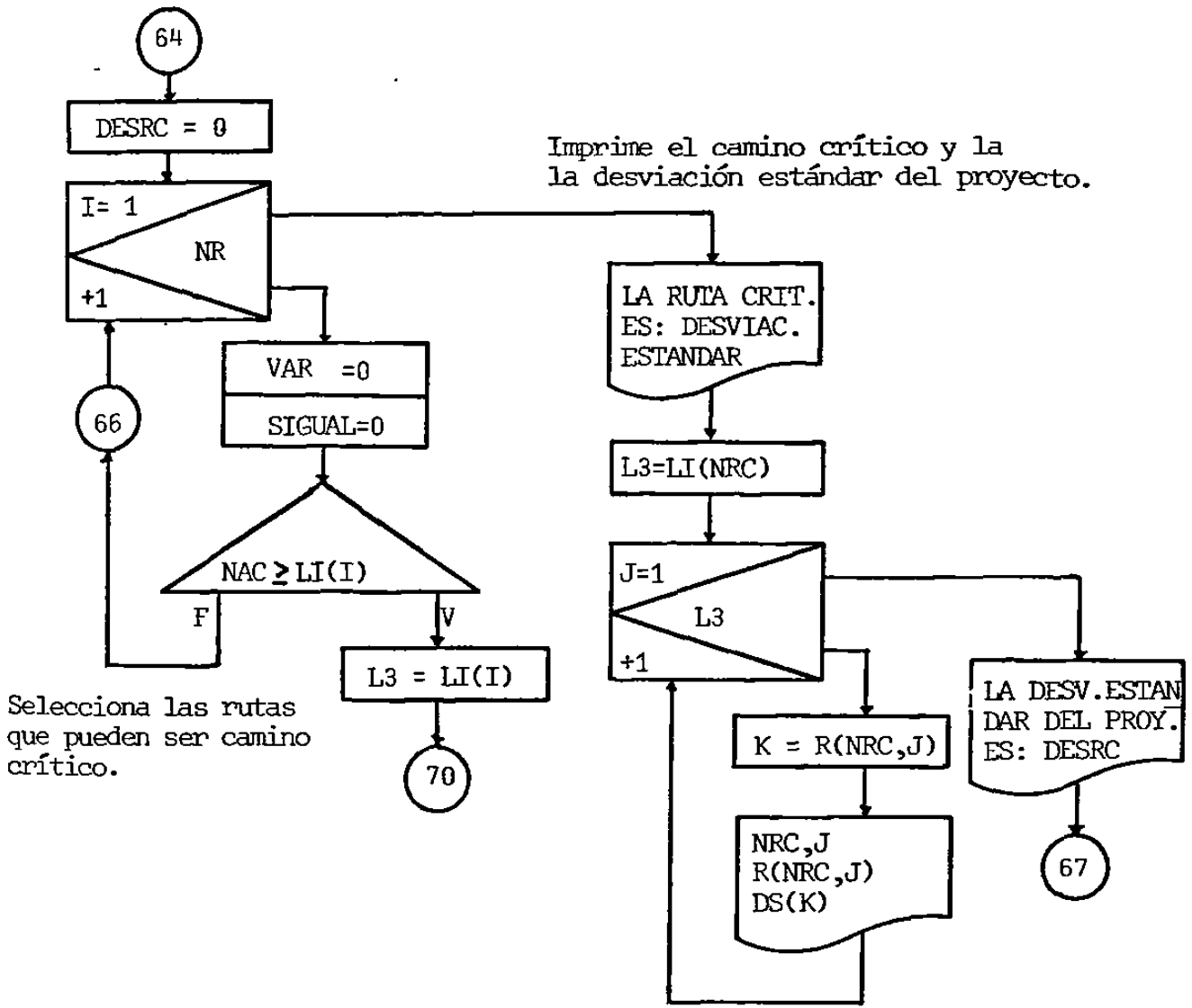
TOMAY ; Mayor tiempo optimista de las rutas.



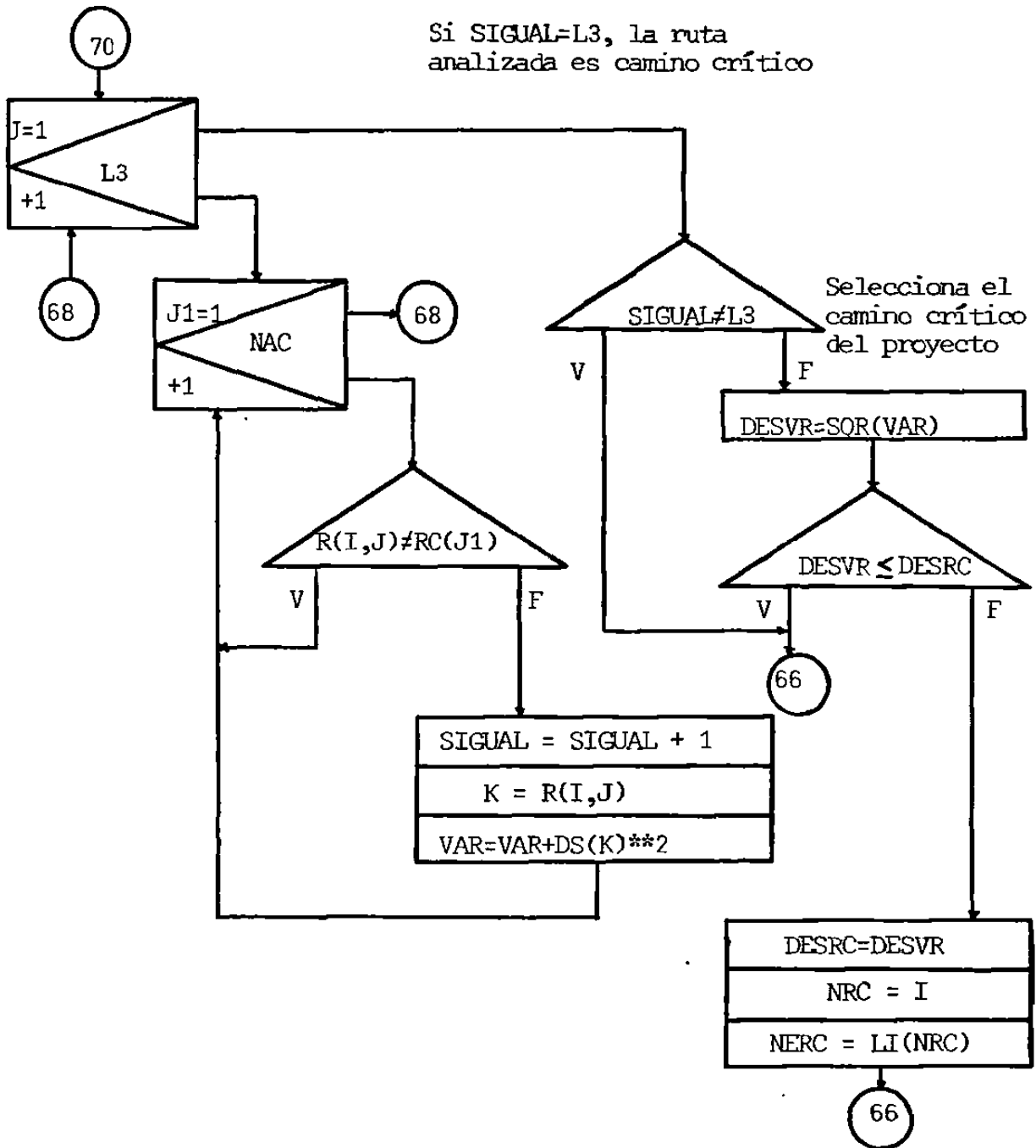
P A S O 4

DIAGRAMA DE FLUJO QUE IDENTIFICA LA RUTA QUE ES EL CAMINO CRITICO DEL -
PROYECTO.

- NRC ; Número de ruta que es la crítica.
- NERC ; Número de elementos en la ruta crítica.
- SIGUAL ; Cuando es igual al número de elementos de la ruta analizada, entonces ésta es una ruta crítica.
- DESRC ; Desviación estándar de la ruta crítica.



Identifica las actividades críticas de la ruta

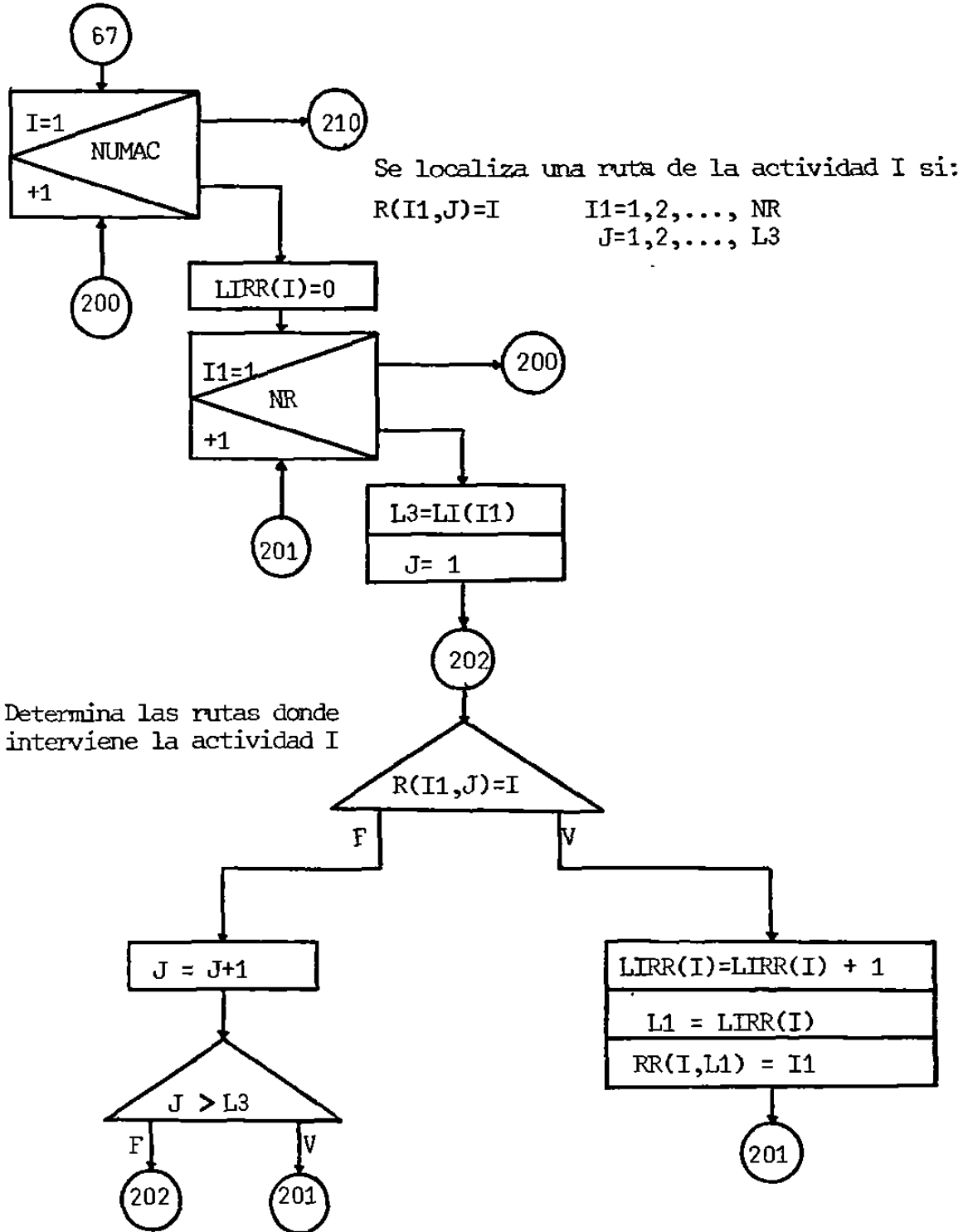


P A S O 5

DIAGRAMA DE FLUJO DE RELACION ACTIVIDAD - RUTA.

LIRR(I) ; Número de rutas de la actividad (I).

RR ; En que rutas interviene la actividad (I).



II) ANALISIS DE LAS ACTIVIDADES EN EL CAMINO CRITICO PARA DETERMINAR CUAL DE ELLAS SE PUEDE COMPRIMIR CON UN MENOR COSTO.

II.1) OBTENER LAS ACTIVIDADES PARALELAS A LA ACTIVIDAD EVALUADA EN EL CAMINO CRITICO.

P A S O 1

DIAGRAMA DE FLUJO PARA ANALIZAR SI LAS ACTIVIDADES EN EL CAMINO CRITICO SE PUEDEN COMPRIMIR.

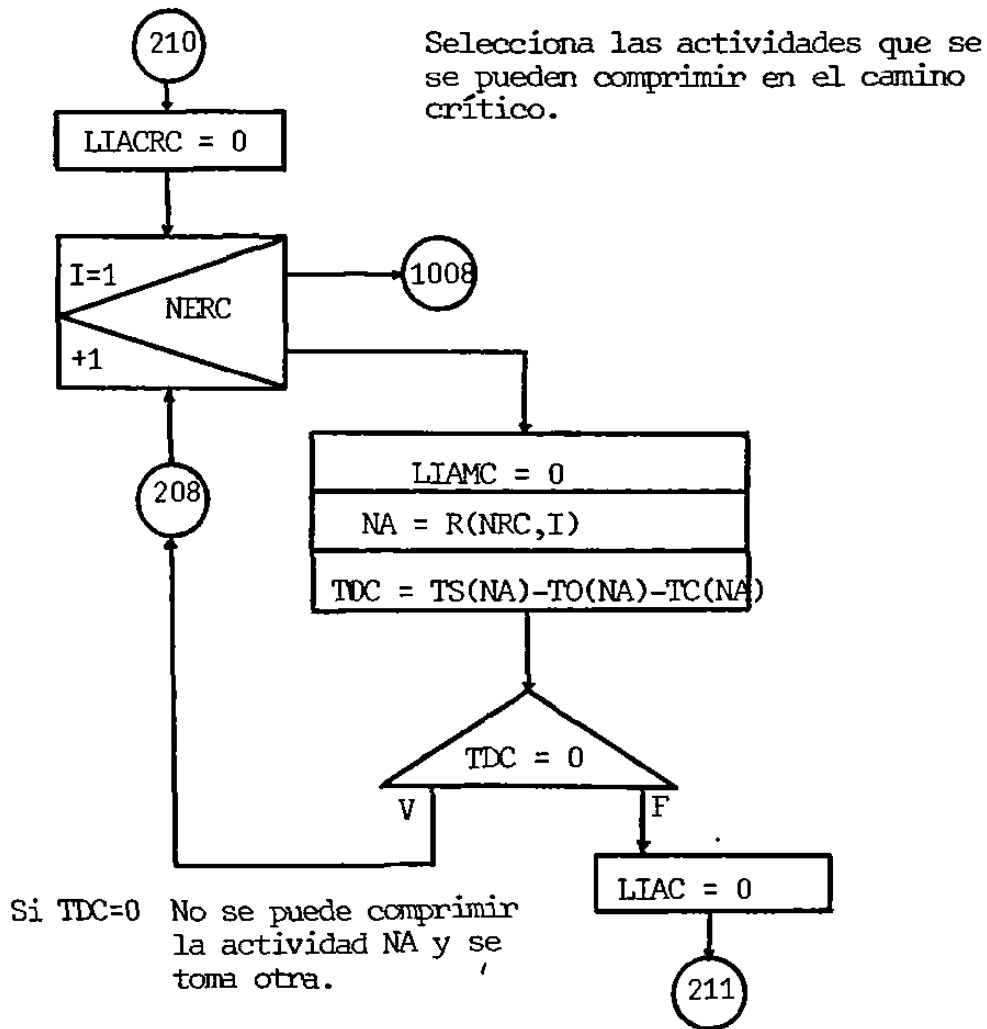
LIACRC ; Límite de las actividades a comprimir en el camino crítico.

LIAMC ; Límite de actividades de menor costo.

NA ; Actividad evaluada en el camino crítico.

TDC ; Tiempo disponible de compresión.

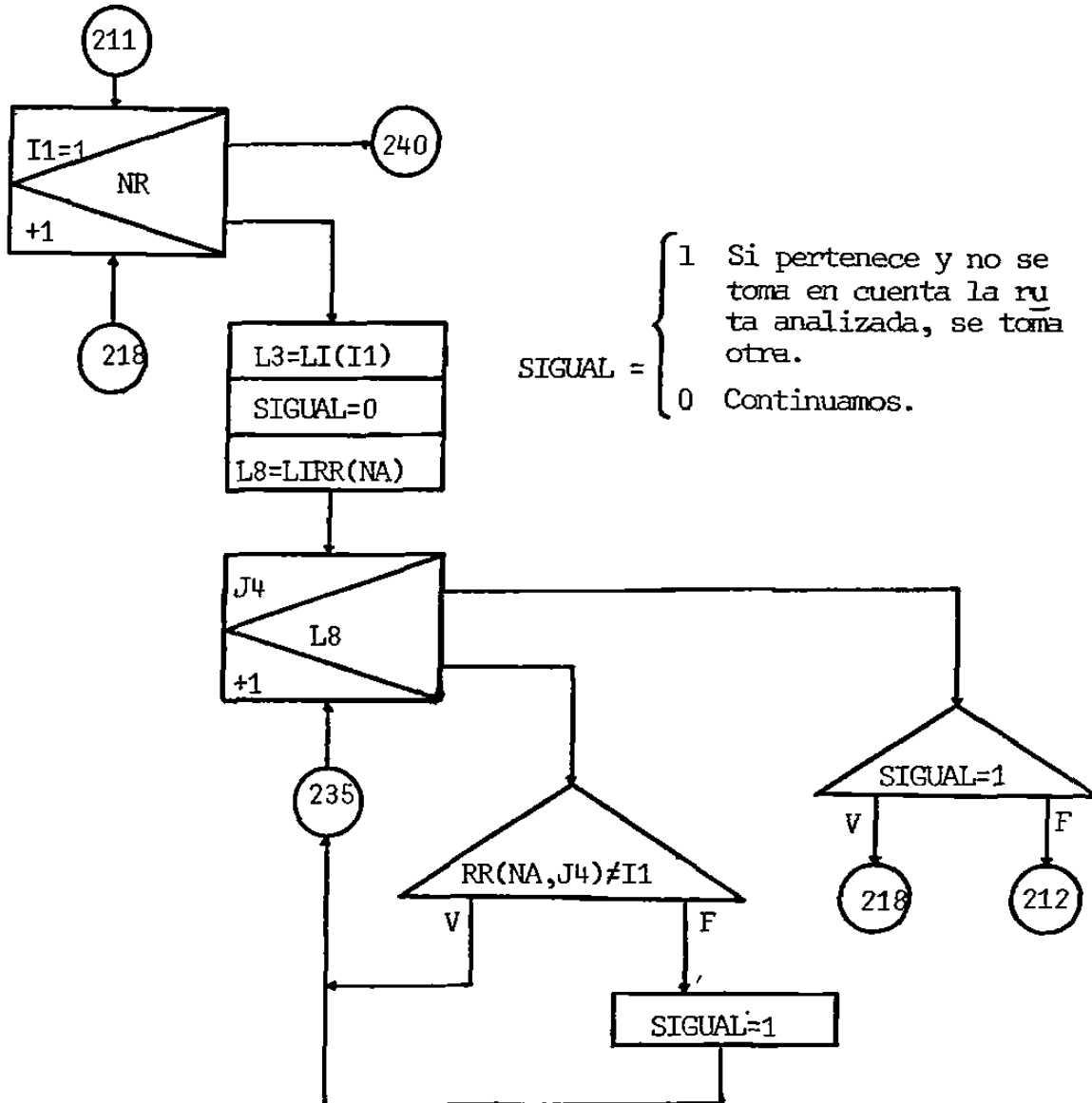
LIAC ; Límite de las actividades paralelas a NA.



P A S O 2

DIAGRAMA DE FLUJO DEL ANALISIS DE RUTAS

Selecciona una ruta y analiza si pertenece a las rutas donde interviene la actividad NA.

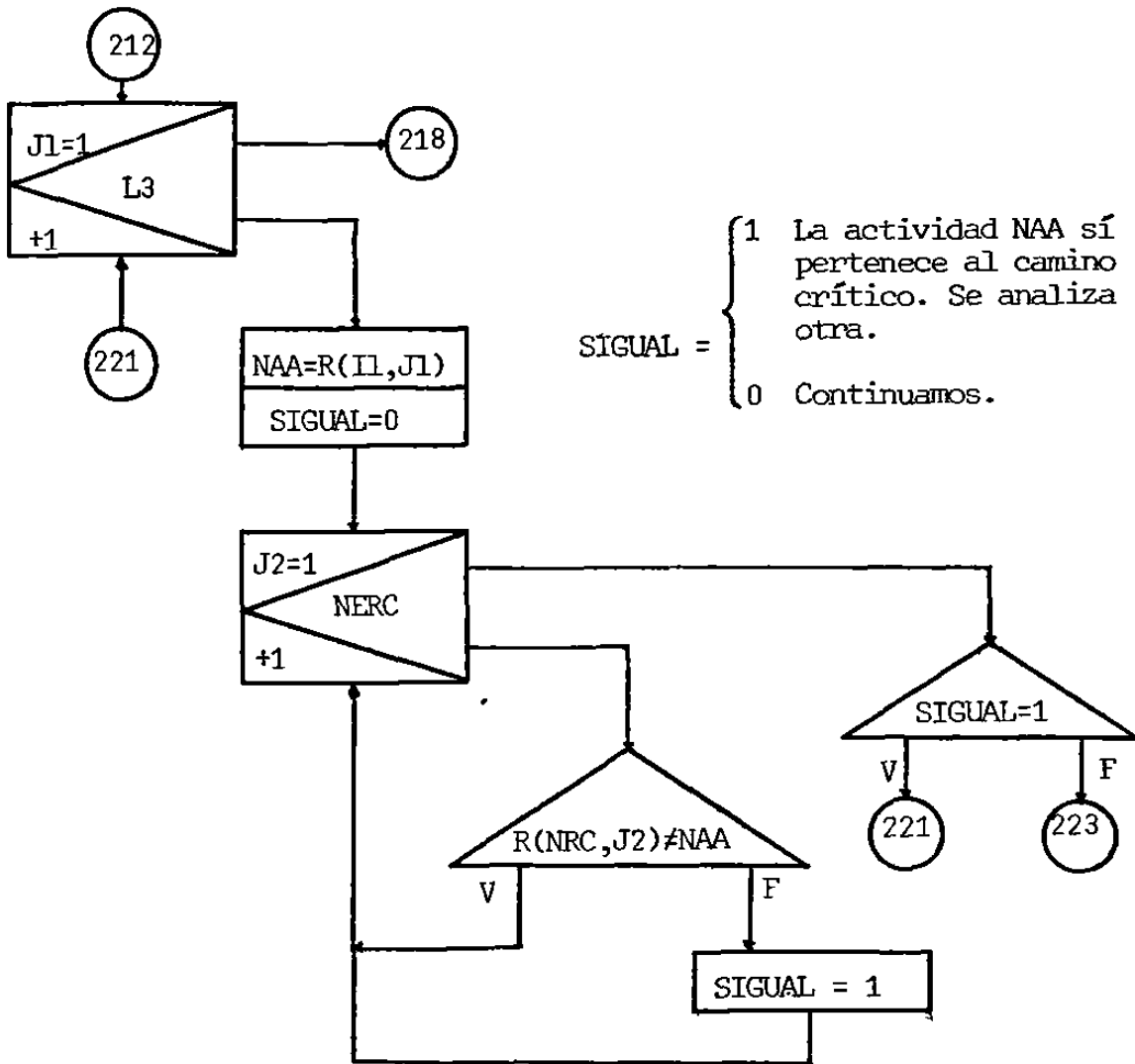


P A S O 3

DIAGRAMA DE FLUJO DEL ANALISIS DE LAS ACTIVIDADES QUE PERTENECEN A LA -
RUTA SELECCIONADA

NAA ; Actividad de las rutas seleccionadas.

PASO 3-(a).- COMPROBAR QUE LA ACTIVIDAD NO PERTENEZCA AL CAMINO CRITICO.



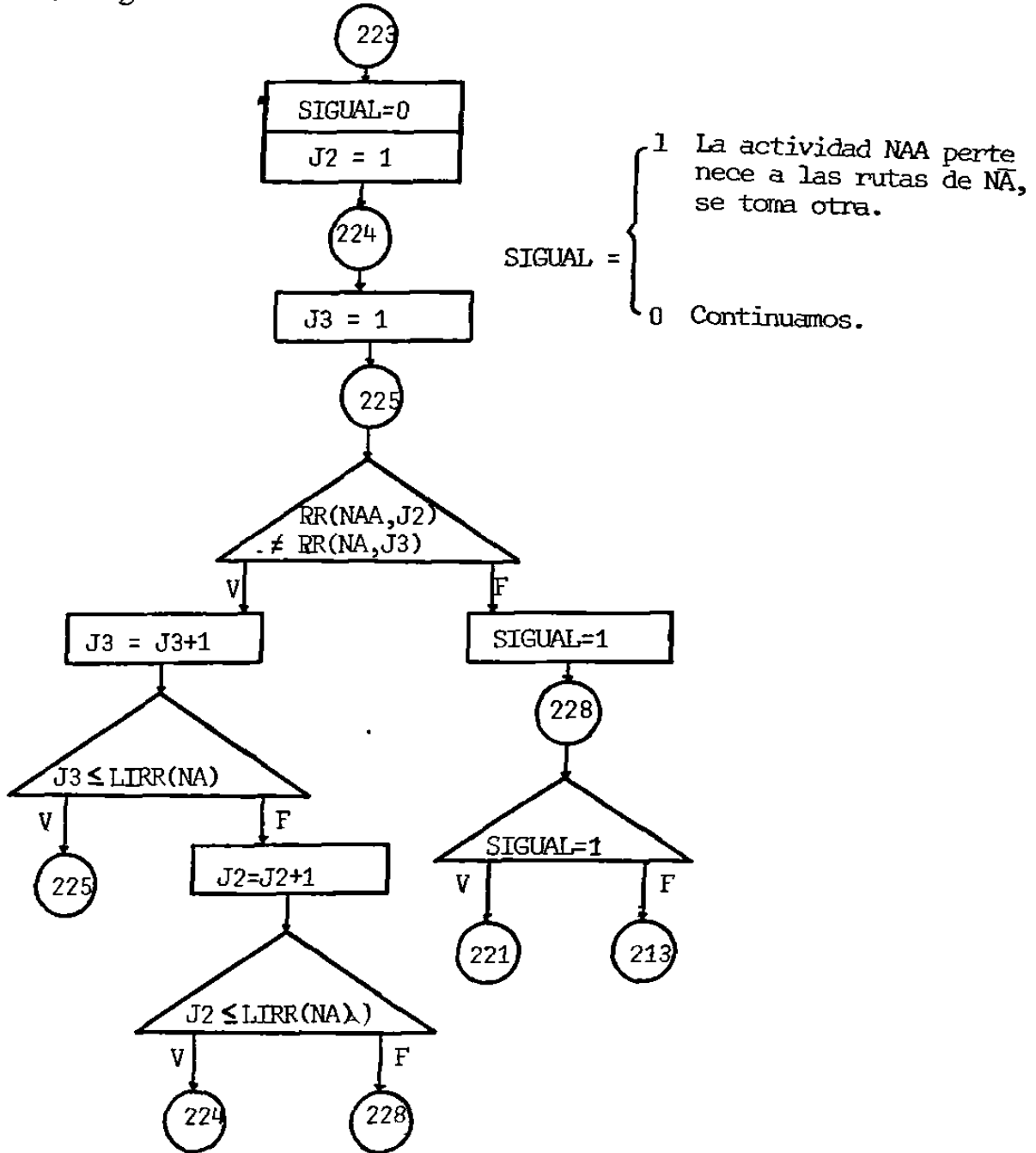
PASO 3-(b)

DIAGRAMA DE FLUJO QUE COMPRUEBA QUE LA ACTIVIDAD PARALELA ANALIZADA, NO PERTENEZCA A LAS RUTAS DONDE INTERVIENE LA ACTIVIDAD EVALUADA EN EL CAMINO CRITICO.

NA ; Actividad de la ruta crítica que se está evaluando.

NAA ; Actividad paralela analizada.

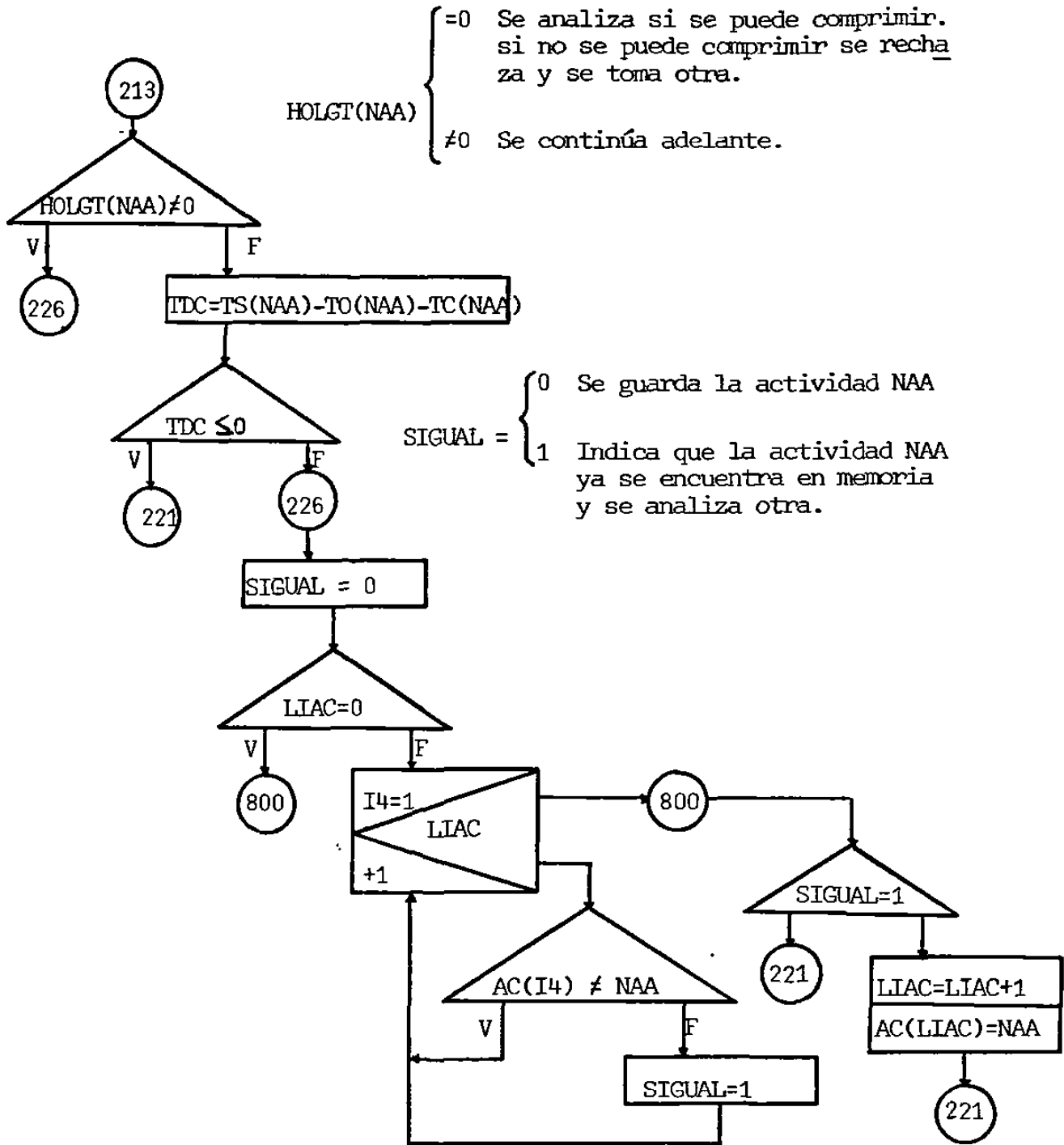
Elimina toda aquella actividad NAA que intervenga en una ruta que sea igual a las rutas donde interviene NA.



PASO 3-(c).

DIAGRAMA DE FLUJO QUE GUARDA LAS ACTIVIDADES PARALELAS A LA ACTIVIDAD CRITICA QUE SE ESTA EVALUANDO.

AC ; Variable donde se guardan las actividades paralelas.

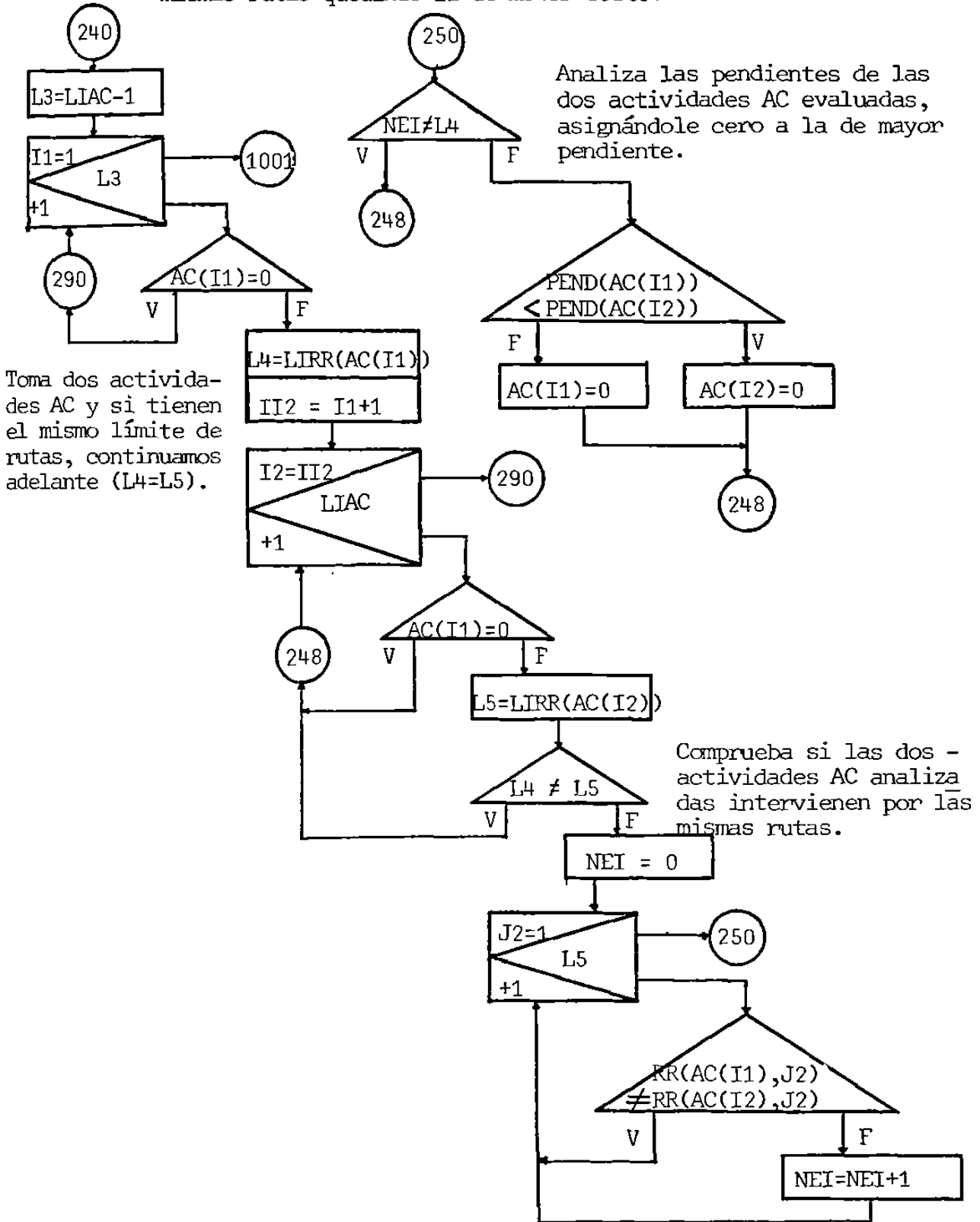


P A S O 4

DIAGRAMA DE FLUJO QUE ELIMINA IGUALES DE MAYOR COSTO.

NEI ; Número de elementos iguales.

Elimina aquellas actividades AC que intervengan en las mismas rutas quedando la de menor costo.

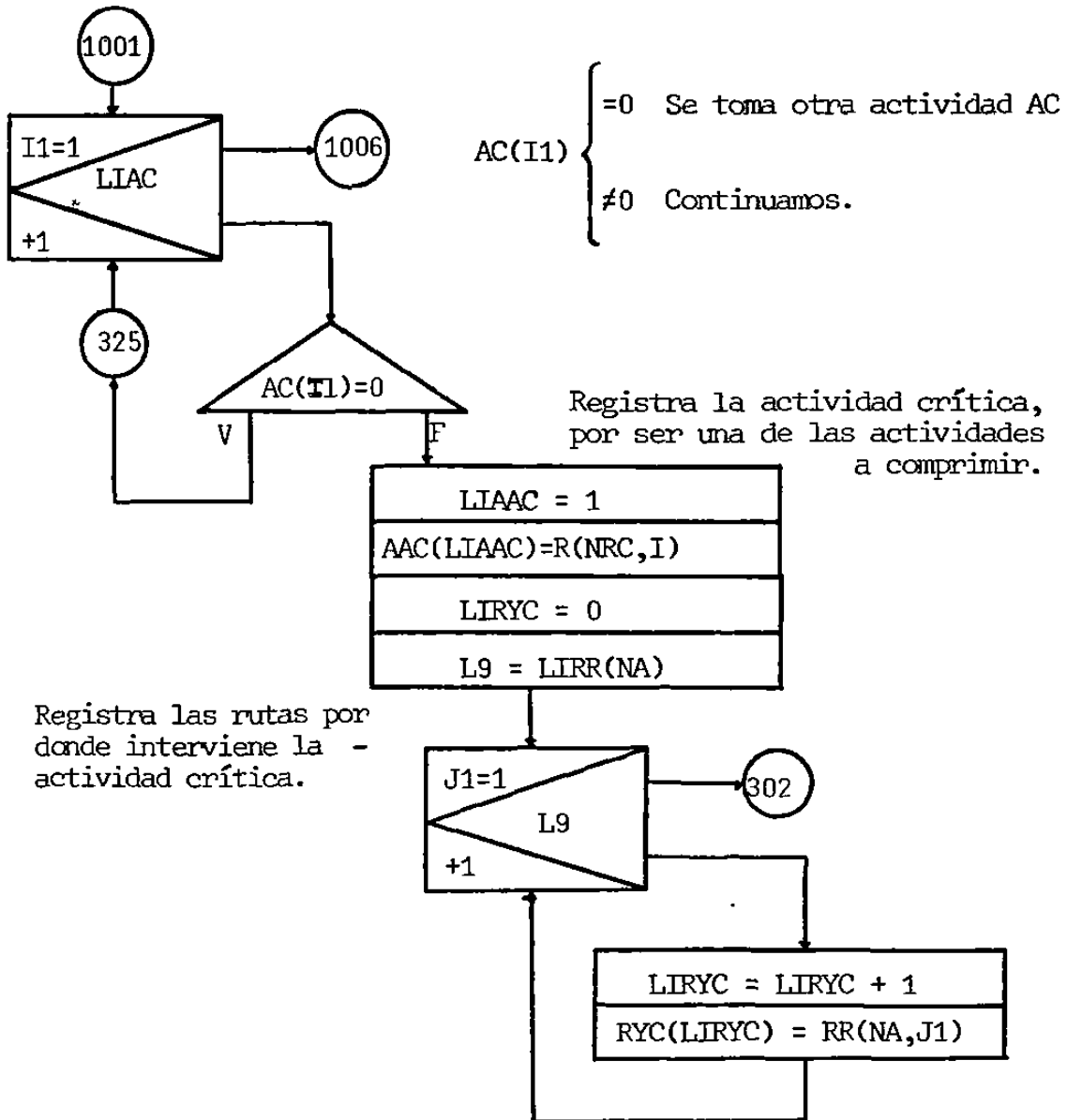


II,II) OBTENER LA COMBINACION MAS ECONOMICA DE
LAS ACTIVIDADES PARALELAS A LA ACTIVIDAD
EVALUADA EN EL CAMINO CRITICO.

P A S O 1

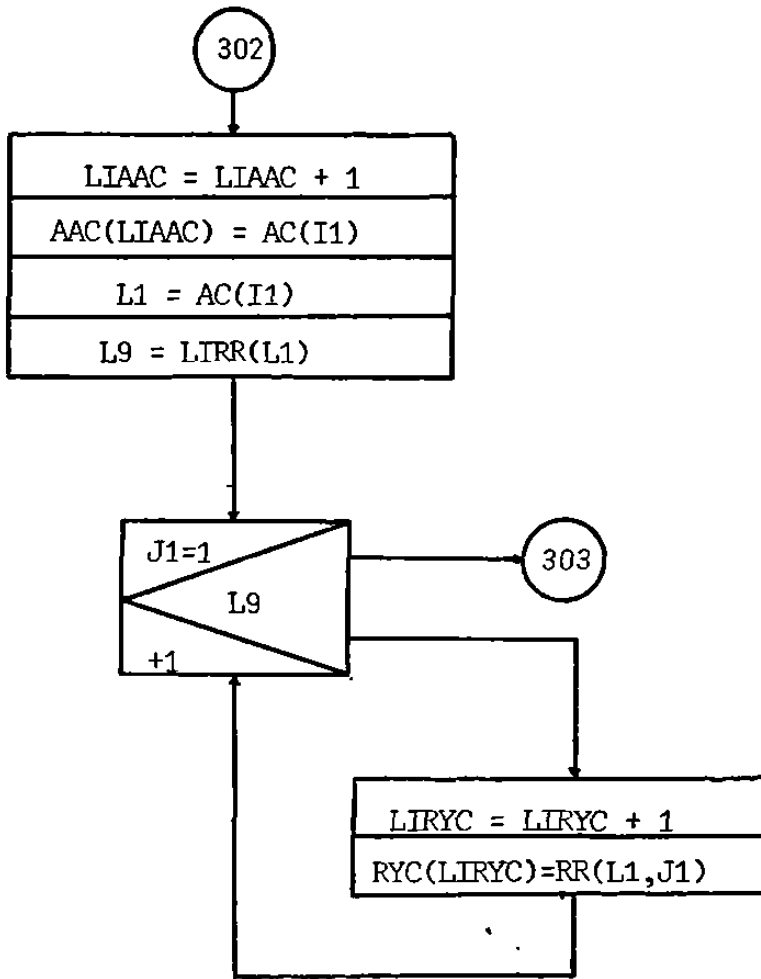
DIAGRAMA DE FLUJO PARA TOMAR LA ACTIVIDAD EVALUADA DEL CAMINO CRITICO
Y REGISTRAR POR QUE RUTAS INTERVIENE.

AAC ; Actividad a comprimir.
LIAAC ; Límite de la actividad a comprimir.
RYC ; Rutas ya comprimidas.
LIRYC ; Límite de las rutas ya comprimidas.



P A S O 2

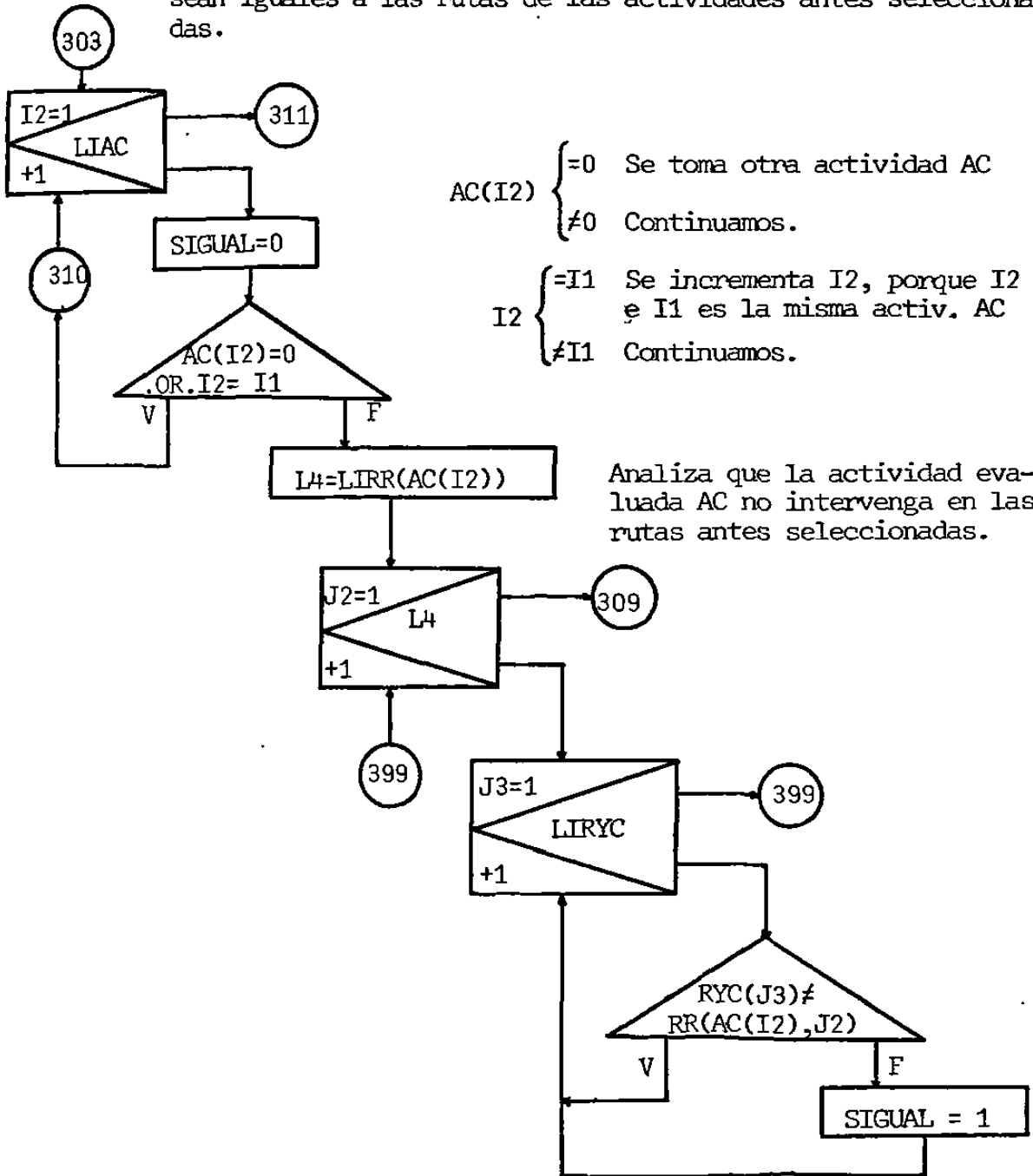
DIAGRAMA DE FLUJO QUE REGISTRA DE UNA EN UNA LAS ACTIVIDADES PARALELAS
Y LAS RUTAS POR DONDE INTERVIENE.

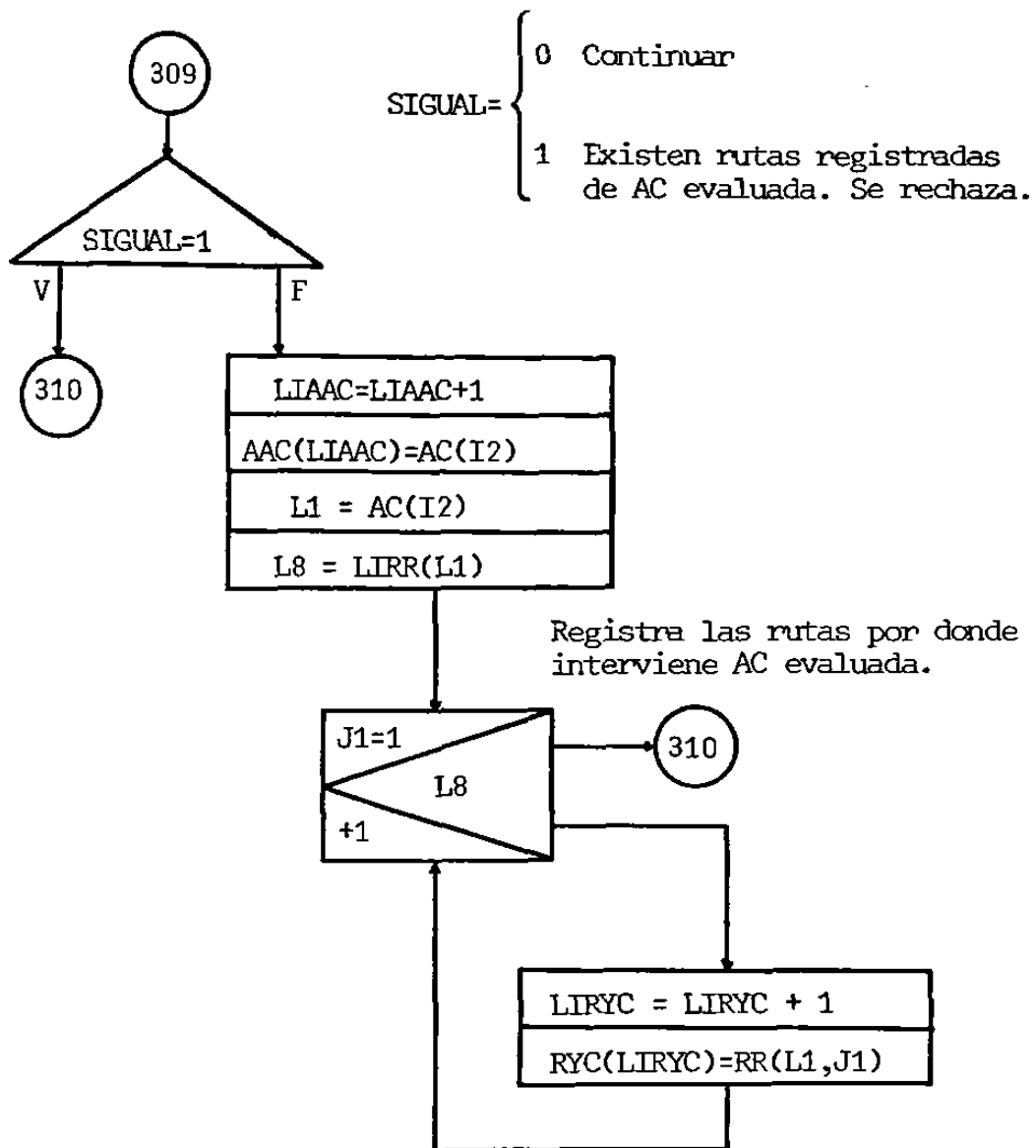


P A S O 3

DIAGRAMA DE FLUJO QUE REGISTRA LAS ACTIVIDADES DONDE LAS RUTAS QUE INTERVIENEN NO SEAN IGUALES A LAS RUTAS ANTES SELECCIONADAS.

Tomar las restantes actividades paralelas (AC) de una en una: se seleccionan aquellas que en las rutas que intervienen, no sean iguales a las rutas de las actividades antes seleccionadas.

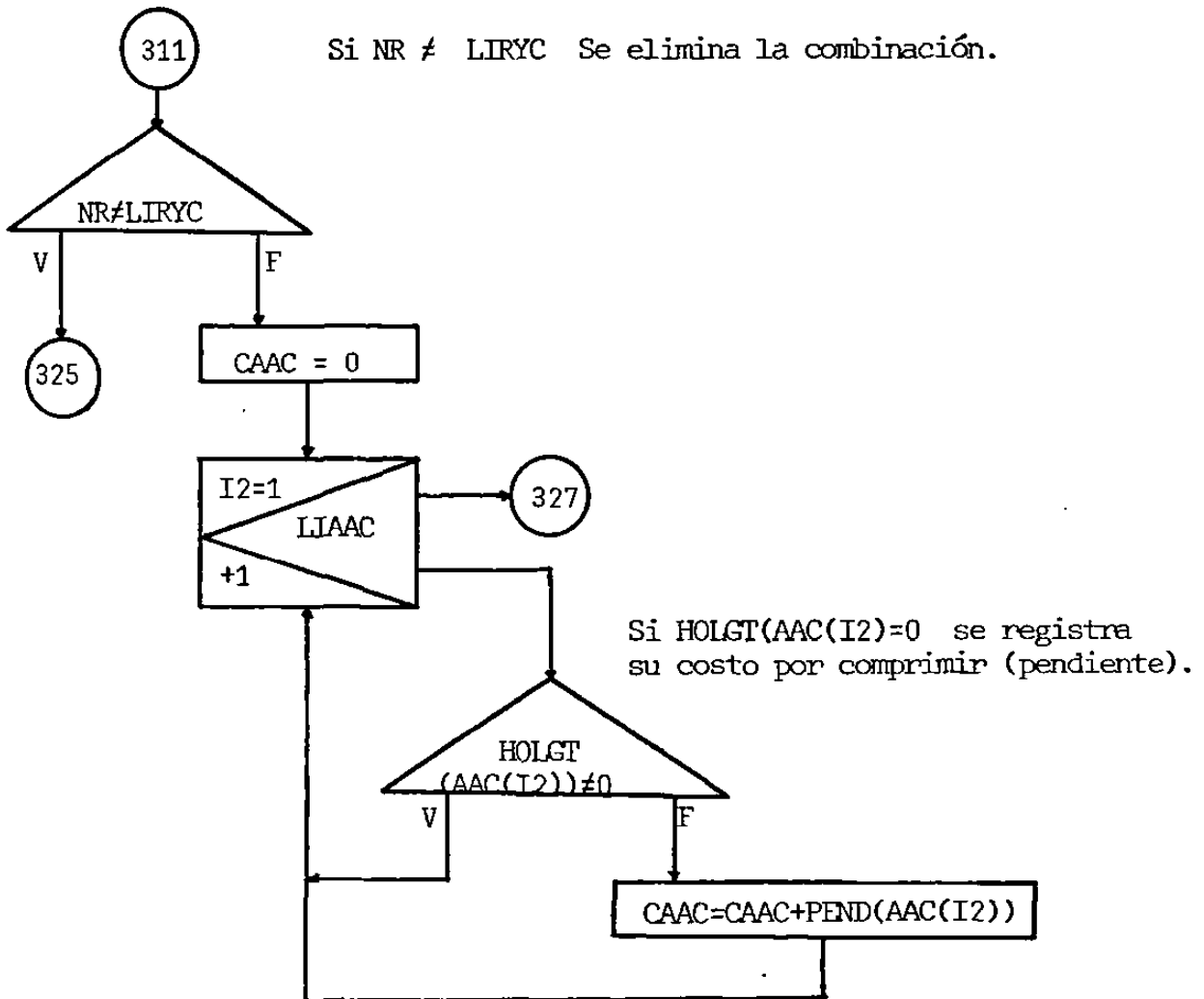




P A S O 4

DIAGRAMA DE FLUJO QUE CONFIRMA SI TODAS LAS RUTAS DEL PROYECTO HAN SIDO REGISTRADAS.

CAAC ; Costo de las actividades a comprimir.



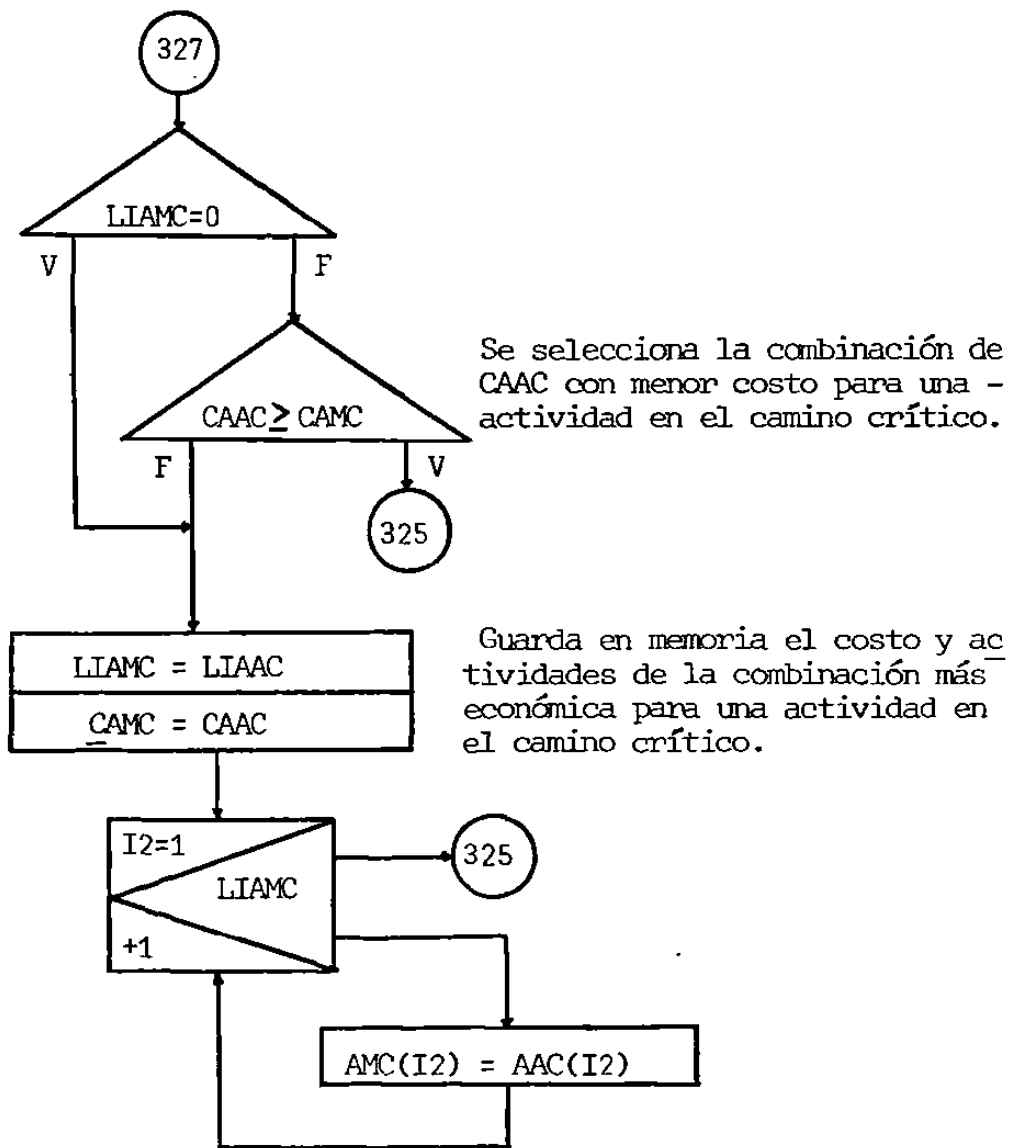
P A S O 5

DIAGRAMA DE FLUJO QUE SELECCIONA LA COMBINACION MAS ECONOMICA.

AMC ; Actividad de menor costo para un elemento del camino crítico.

LIAMC ; Límite de AMC.

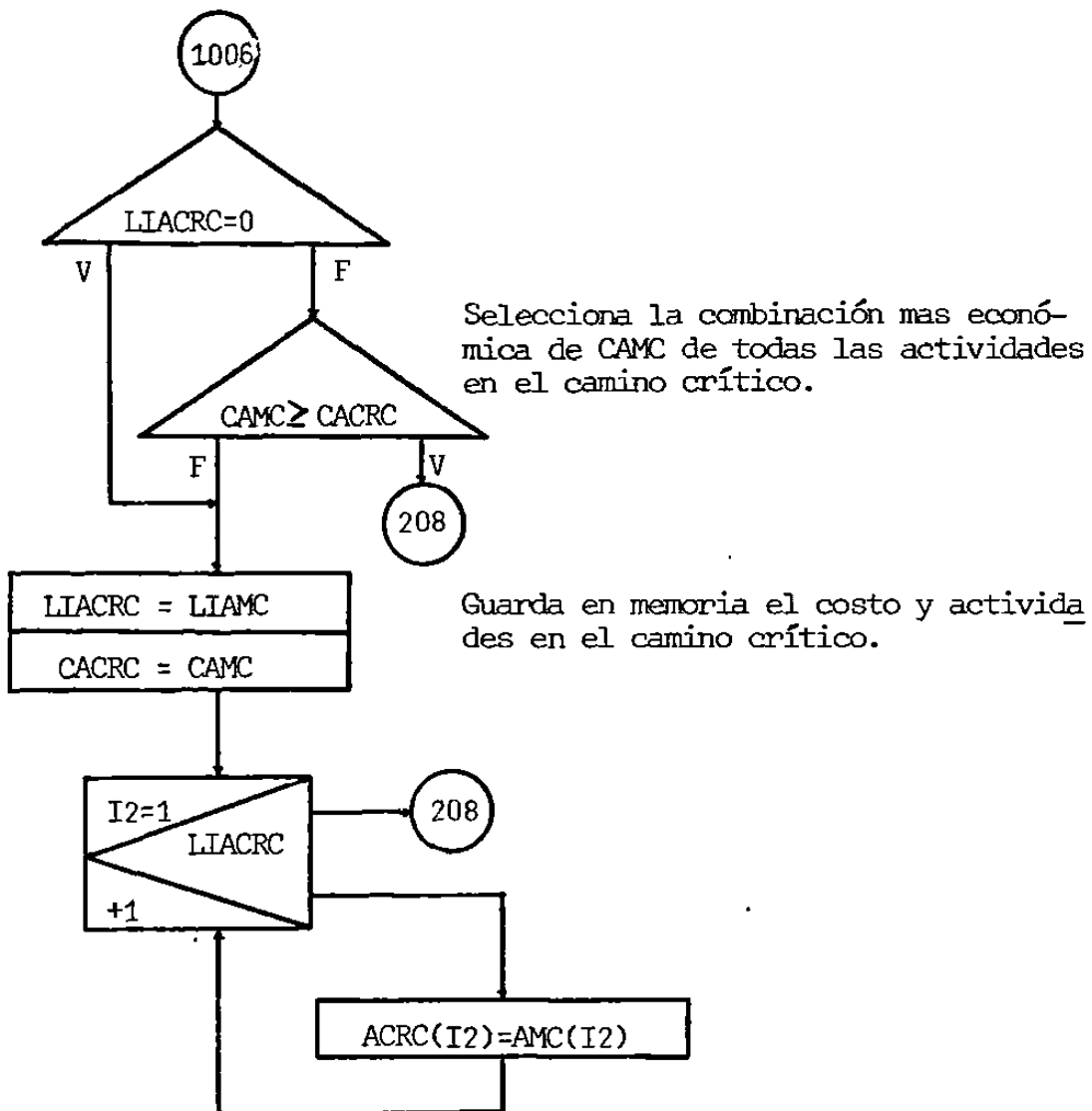
CAMC ; Menor costo que se guarda en memoria de la actividad que se está evaluando.



P A S O 6

DIAGRAMA DE FLUJO QUE SELECCIONA LA ACTIVIDAD DE MENOR COSTO DE LA RUTA CRITICA Y COMPRESION DE LA MISMA.

- ACRC ; Actividad a comprimir de la ruta crítica.
- LIACRC ; Límite de ACRC.
- CACRC ; Costo por comprimir la combinación más económica de las actividades en la ruta crítica.
- CXDIA ; Costo por día.
- SWOPT ; Switch indicador al obtener el costo óptimo.



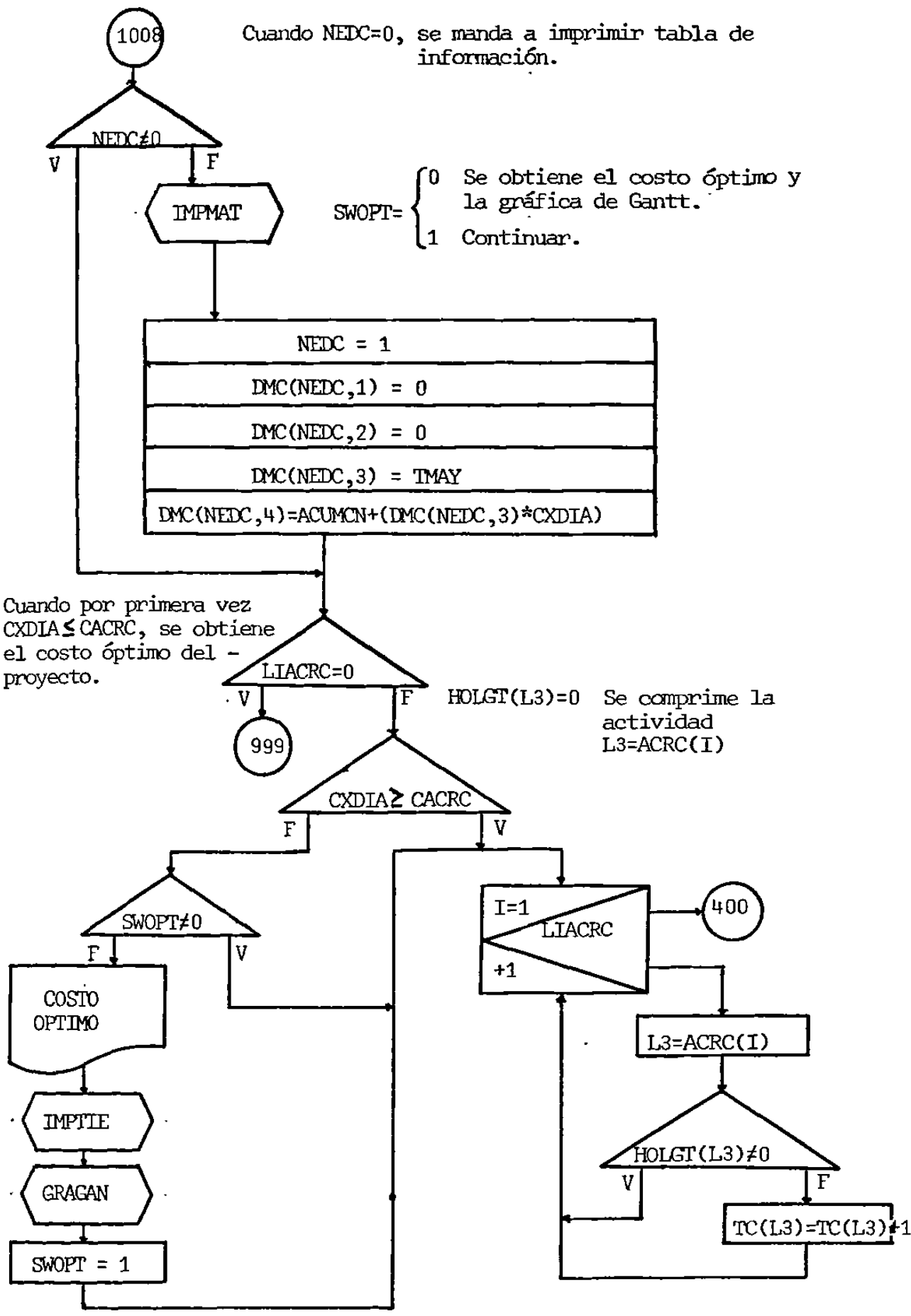
DEFINICION DE VARIABLES DE LAS SUBROUTINAS.

IMPTIE ; Imprime Tiempos.

IMPCOS ; Imprime Costos.

IMPMAT ; Imprime Matriz de Información.

GRAGAN ; Obtiene e Imprime la Gráfica de Gantt.

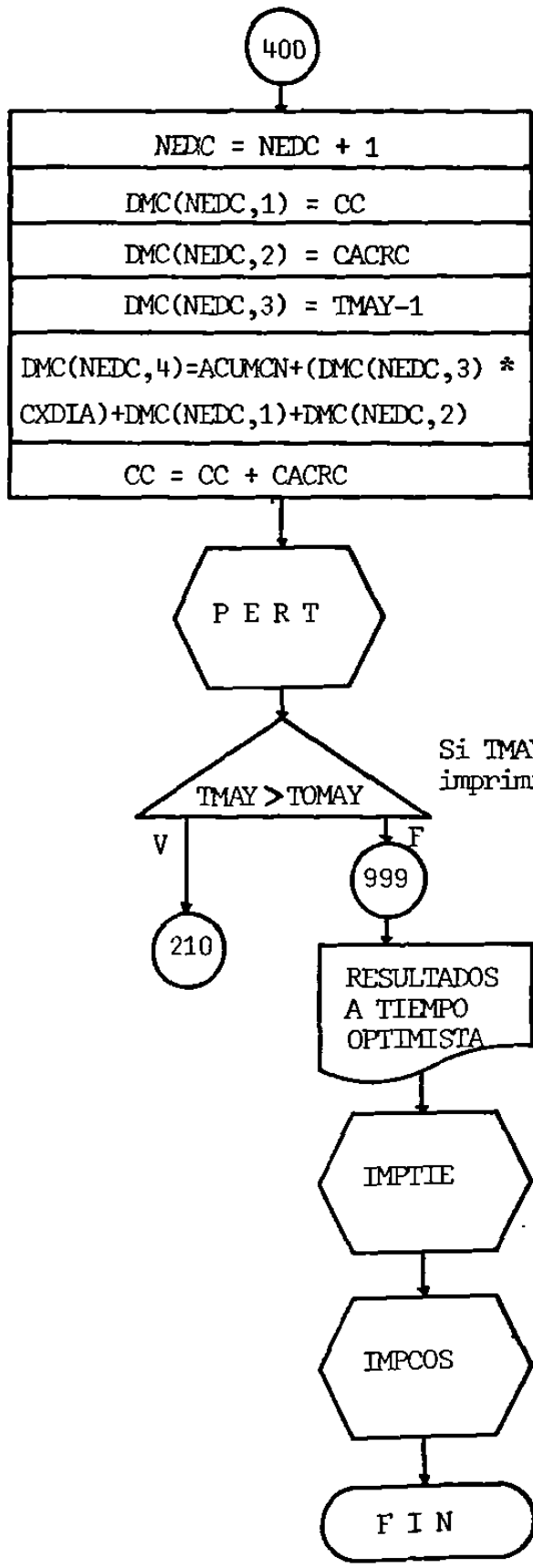


Cuando NEDC=0, se manda a imprimir tabla de información.

SWOPT = $\begin{cases} 0 & \text{Se obtiene el costo óptimo y la gráfica de Gantt.} \\ 1 & \text{Continuar.} \end{cases}$

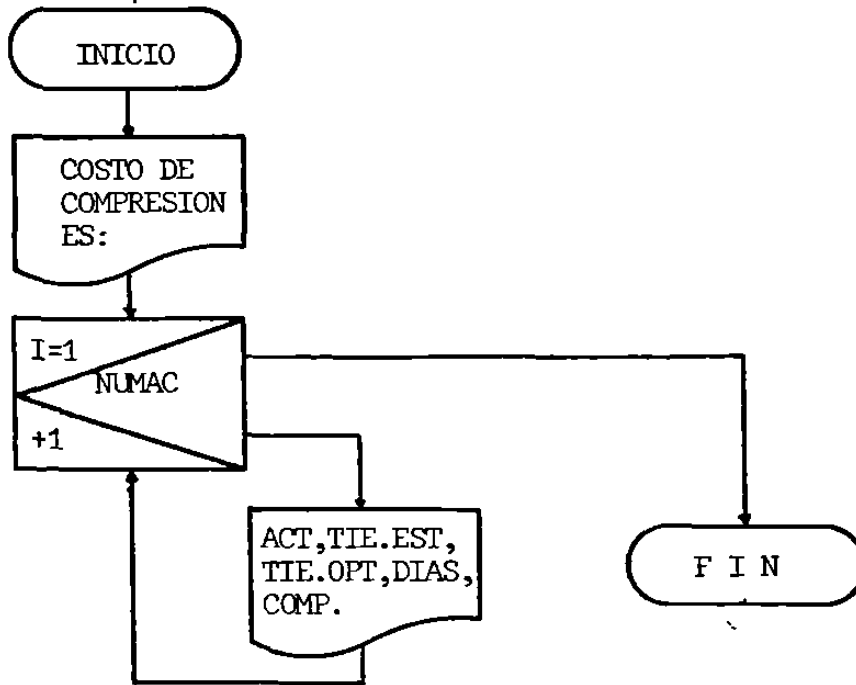
Cuando por primera vez $CXDIA \leq CACRC$, se obtiene el costo óptimo del proyecto.

HOLGT(L3)=0 Se comprime la actividad L3=ACRC(I)

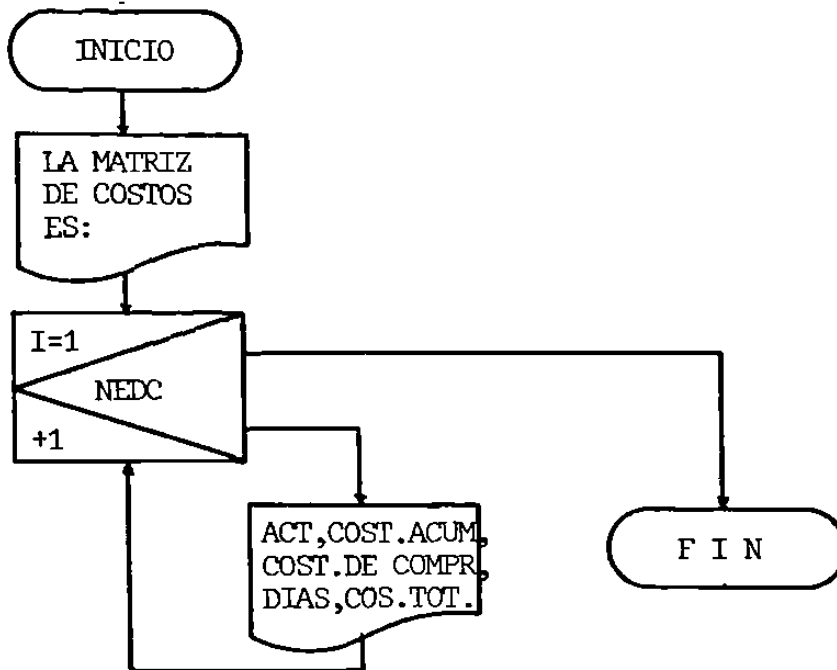


Si TMAY es < que TOMAY, manda imprimir resultados.

SUBROUTINA DE IMPRESION DE TIEMPOS

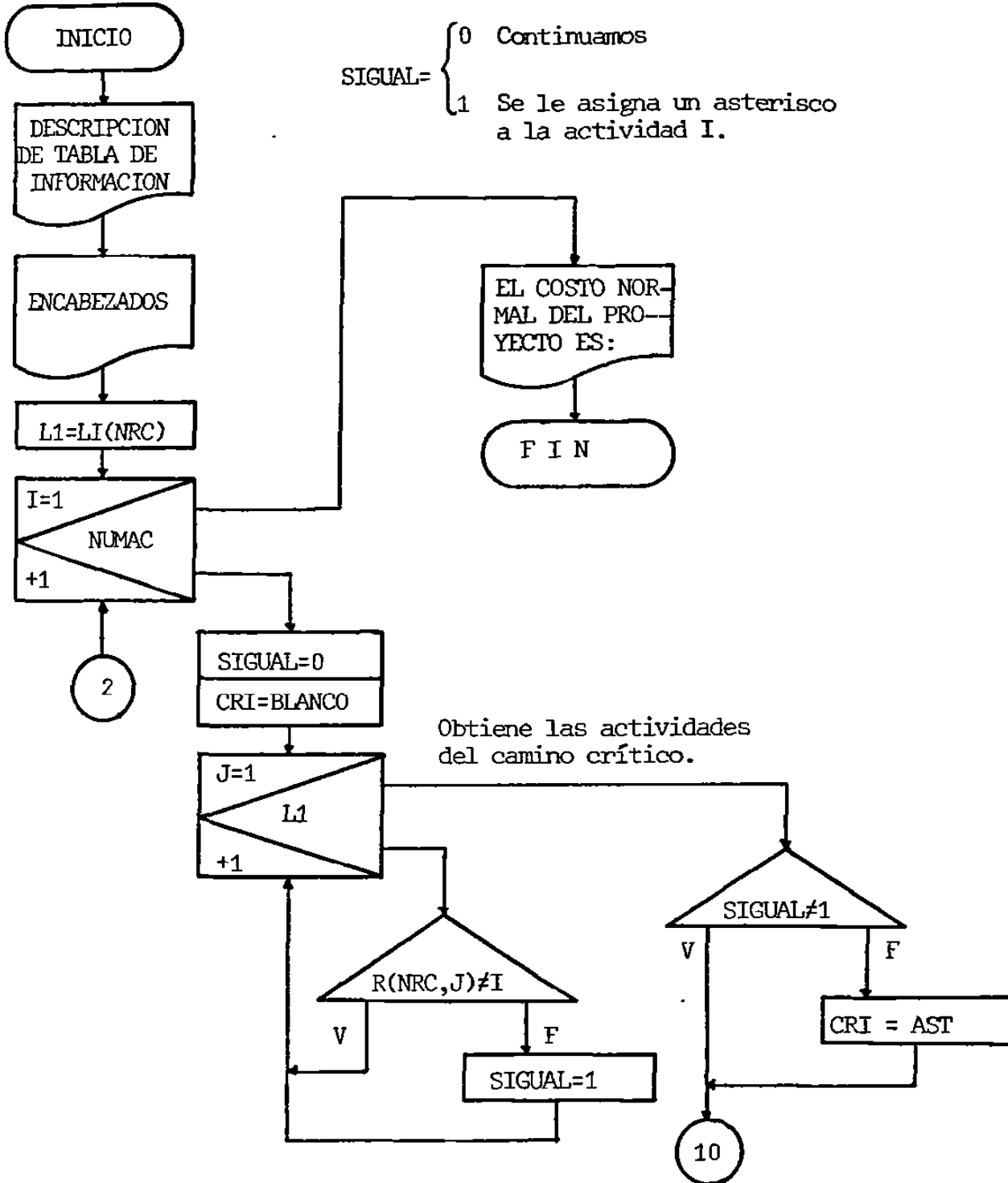


SUBROUTINA DE IMPRESION DE COSTOS

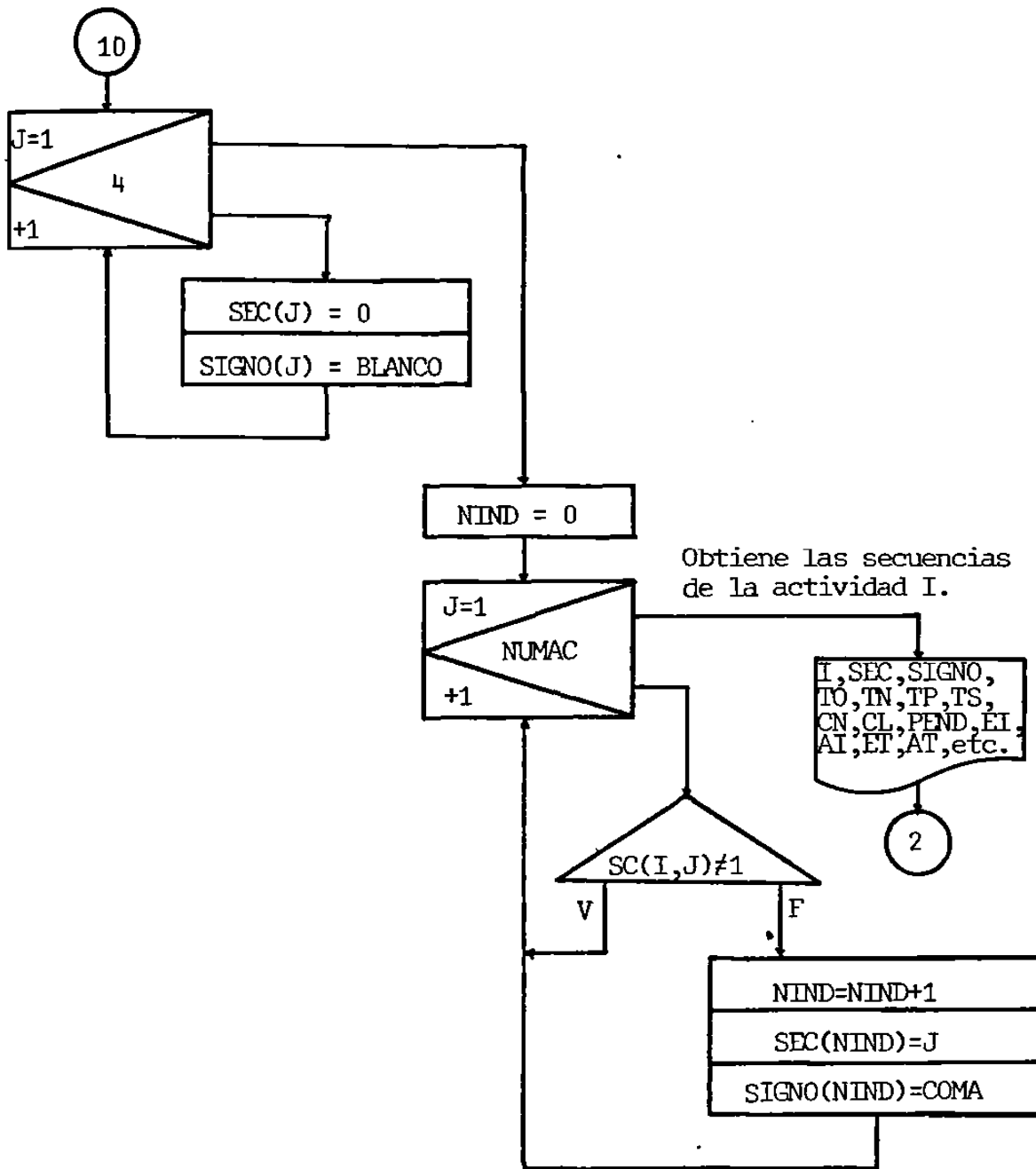


SUBROUTINAS DE IMPRESION

SUBROUTINA IMPRESION DE LA MATRIZ DE INFORMACION.



Construye en memoria el
Vector de SEC y SIGNO



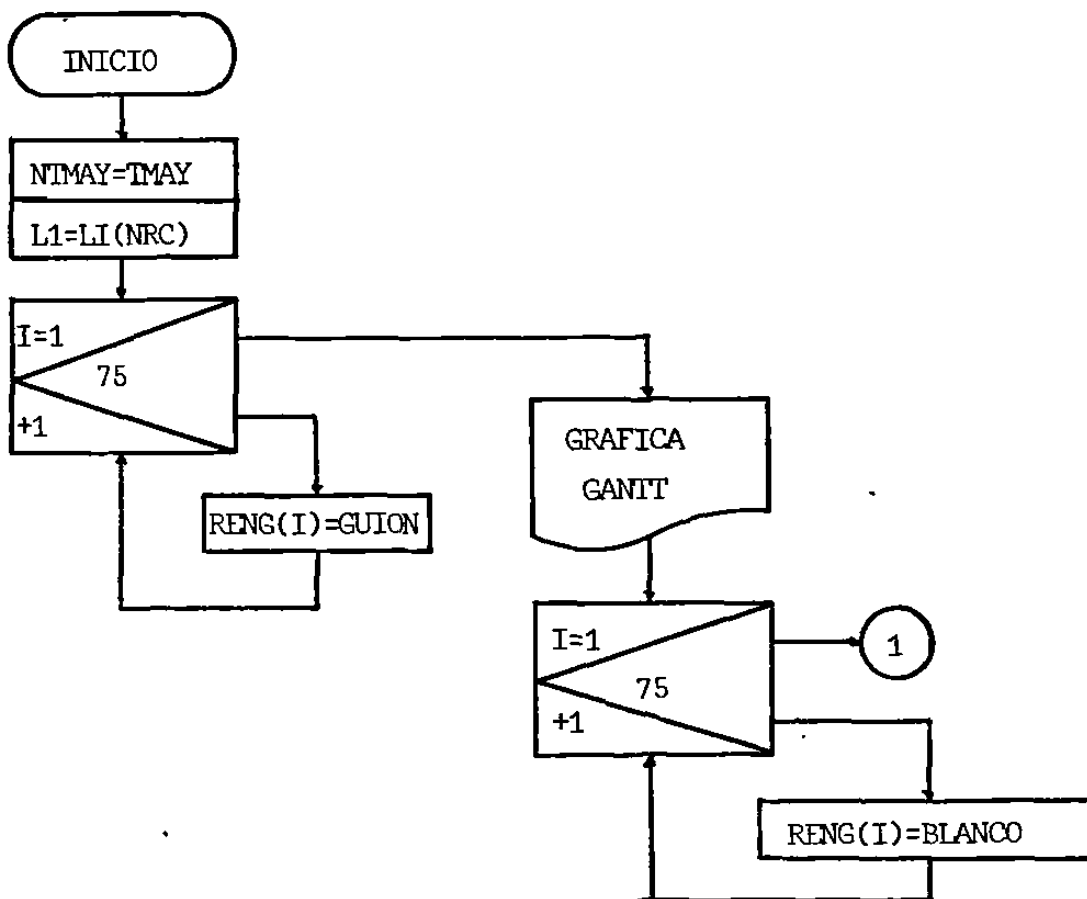
GRAFICA DE GANTT

GRAFICA DE GANTT

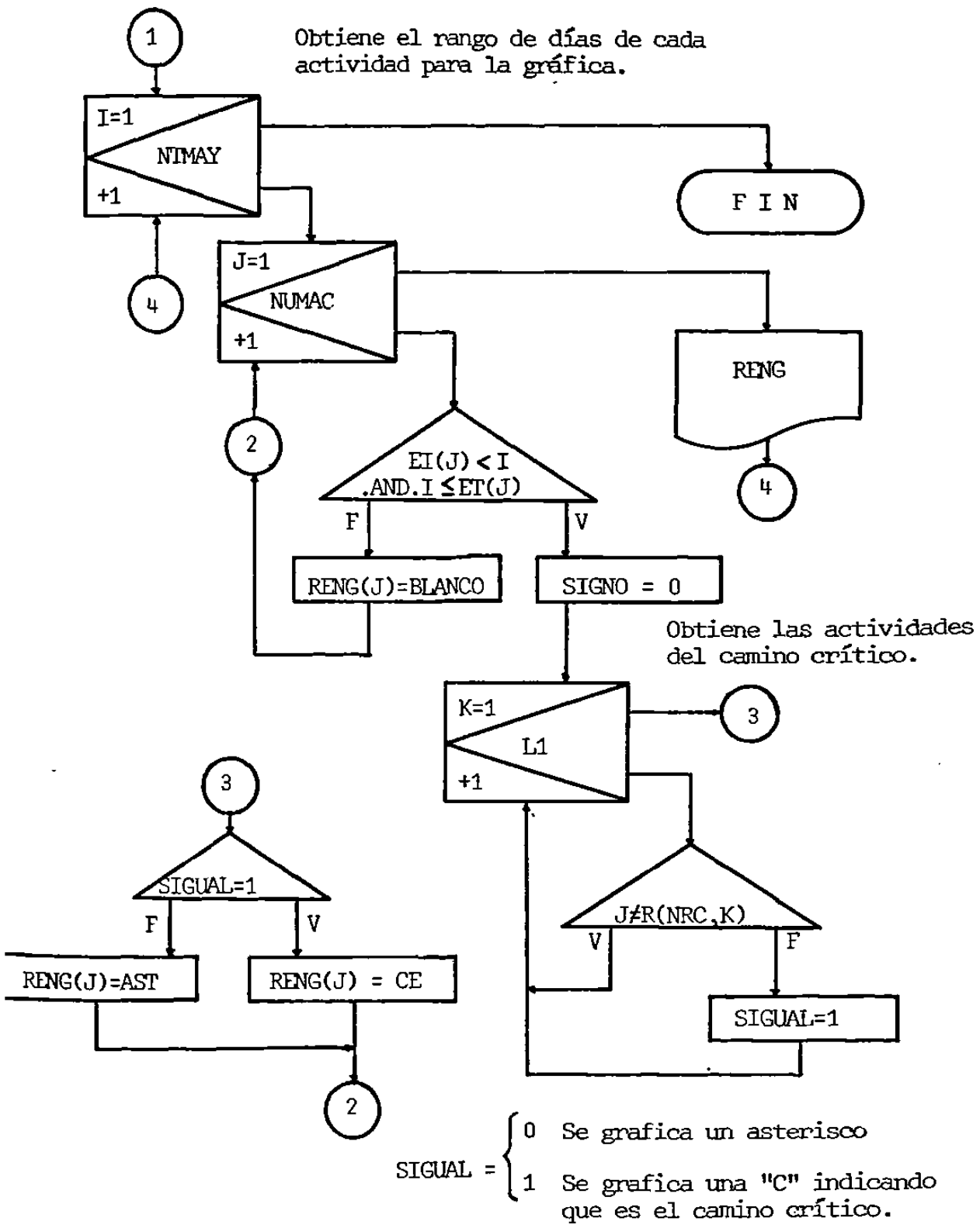
La Gráfica de Gantt, es esencialmente una serie de gráficas que consiste en barras o líneas horizontales en posiciones y longitudes que muestran la magnitud de programas o cuotas, y el avance o logros trazados contra el tiempo.

En este trabajo, la Gráfica de Gantt nos muestra una información de un proyecto dado, a un tiempo óptimo, y nos facilita la vigilancia y control de cada actividad.

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA GRAFICA DE GANTT.



Obtiene el rango de días de cada actividad para la gráfica.



EJEMPLO

EJEMPLO:

En la ampliación de una fábrica se determinaron los gastos fijos en la fábrica a razón de \$500.00 diarios. Estos gastos deben ser erogados aún cuando no se lleve a cabo el proyecto, por lo que se busca que la ejecución del mismo se efectúe en el menor tiempo posible para que el incremento, por este concepto, a los gastos del proyecto, sea el menor.

Los presupuestos contienen el costo normal (\$N) para las actividades realizadas a tiempo estándar y el costo límite (\$L) para las actividades ejecutadas a tiempo óptimo, como se vé en la siguiente tabla de información:

TABLA DE INFORMACION

ACTIVIDAD	SECUENCIAS	TO	TN	TP	CN	CL
0	1,4,5	-	-	-	-	-
1	2	1	3	4	600	800
2	3	1	1	1	100	100
3	10,13,14,15	0	0	0	-	-
4	6	1	3	4	6000	6500
5	7	1	3	4	4000	4600
6	10,13,14,16	1	1	1	100	100
7	8,9	1	1	1	100	100
8	10,13,14,16	0	0	0	-	-
9	10,13,14,16	0	0	0	-	-
10	11	1	3	4	18600	19000
11	12	4	6	9	8900	9300
12	21	1	2	3	4100	4400
13	15,19	2	2	2	200	200
14	15,19	5	6	9	3400	3800
15	21	4	6	10	600	800

6306-

... Continuación.

ACTIVIDAD	SECUENCIAS	TO	TN	TP	CN	CL
16	17	5	7	8	2100	2800
17	18	2	2	3	960	960
18	-	10	12	15	3160	3520
19	20	2	3	4	1900	2200
20	22	3	4	5	2800	3200
21	22	2	4	5	1400	2800
22	23	2	5	11	6100	6300
23	-	0	0	0	-	-

LISTADO DEL PROGRAMA.

```

C PROGRAM METODO DEL CAMINO CRITICO.
  INTEGER AN,PC
  DIMENSION ACT(50),ANT(50,50),SE(50,50),TC(50),TA(50),
  *TP(50),LS(50),RC(50),KC(50),
  *SC(50,50),L1(50),R(50,50),
  *ET(50),TS(50),E1(50),AT(50),A1(50),
  *HDLGT(50),HDLGL(50),HDLGI(50),CN(50),CL(50),PLKGD(50),POREX(50)
  DIMENSION LIRR(50),R1(50,50),AC(50),AAC(50),AML(50),ACRC(50),
  *PEND(50),RYC(50),TC(50),DHC(99,4)
C ESTE PROGRAMA EFECTUA SECUENCIALIZACION POR EL
C METODO DEL CAMINO CRITICO.
C

```

```

  WRITE(6,501)
501 FORMAT (//,10X,' EL METODO DEL CAMINO CRITICO
  READ(2,301) NUMAC,CADIA
301 FORMAT(12,F5.2)
  WRITE(6,502) NUMAC,CADIA
502 FORMAT (//,10X,' EL NUMERO DE ACTIVIDADES ES ',I4,
  *///,10X,' EL COSTO POR DIA ES :',F10.2)

```

```

  NELL=0
  SWOPT=0
  ACUMCN=0
  ACUMLS=0
  CC=0
  DO 101 I=1,NUMAC
    ACT(I)=0
    TC(I)=0
    DO 101 J=1,NUMAC
      SE(I,J)=0
      ANT(I,J)=0
      SC(I,J)=0
101 CONTINUE
  DO 104 I=1,NUMAC
    ACT(I)=I
    DO 204 J=1,NUMAC
      READ(2,302) AT,PC,IF1
302 FORMAT(12,I2,I1)
      ANT(I,J)=AN
      SE(I,J)=PC
      IF(IFIN.EQ.1) GO TO 104
204 CONTINUE
104 CONTINUE

```

```

C*****
C*****
C*** CALCULO DEL TIEMPO ESPERADO
C*****

```

```

  DO 105 I=1,NUMAC
    READ(2,303) TE(I),TD(I),TL(I),C(I),LL(I)
303 FORMAT(5F4.2,2F7.2)
    NTSI=(TC(I)+4.0*(TD(I)+TP(I))/E)+C.I
    TS(I)=NTSI
    LS(I)=(TP(I)-TC(I))/6
    ACUMCN=ACUMCN+CN(I)
    IF (TS(I).LE.TE(I).OR.TL(I).EQ.0) GO TO 20
    PORCO(I)=(TS(I)-TC(I))/TS(I)
    PEND(I)=(CL(I)-CN(I))/(TS(I)-TC(I))
  DO 105

```

```

      20          PENO(I)=0
              POKCO(I)=0
      105 CONTINUE
C *****
C *****
C ***          RUTINA PARA LLENAR LA MATRIZ DE SECUENCIAS.
C *****
C *****
      DO 106 I=1,NUMAC
          DO 107 J=1,NUMAC
              IF(SE(I,J).EQ.0.0) GO TO 108
              P=SE(I,J)
              SC(I,P)=1
      108          IF(ANT(I,J).EQ.0.0) GO TO 107
                  P=ANT(I,J)
                  SC(I,P)=-1
      107          CONTINUE
      106 CONTINUE
          WRITE(6,520)
      520 FORMAT(/,10X,' LA MATRIZ DE SECUENCIAS ES:')
          DO 150 I=1,NUMAC
              WRITE(6,521) (SC(I,J),J=1,NUMAC)
      521 FORMAT(/,5X,10(F5.2,1X))
      150 CONTINUE
          CALL PERT (ET,TS,NUMAC,LI,TMAY,SC,AT,AI,HOLGT,HOLGL,HOLGI,
                  *PGRFX)
C *****
C *****
C ***          IDENTIFICA ACTIVIDADES CRITICAS
C *****
C *****
          NAC=0
          DO 160 I=1,NUMAC
              IF(HOLGT(I).NE.0.0) GO TO 160
              NAC=NAC+1
              RC(NAC)=I
      160 CONTINUE
C *****
C *****
C ***          COMPRESION DE LA RED          ***
C *****
C *****
C *****
C *****
C ***          ARMADO DE PUTAS
C *****
C *****
          NR=0
          DO 50 NA=1,NUMAC
              SWPRE=0
              DO 51 LI=1,NUMAC
                  IF(SC(NA,LI).NE.-1) GO TO 51
                  SWPRE=1
      51          CONTINUE
                  IF(SWPRE.EQ.1) GO TO 75
                  NR=NR+1
                  R(NR,1)=NA
                  LI(NR)=1

```

```

NR2=NR
CALL RUTAS (SC,LI,NR,NR2,NA,R,NUMAC)
GO TO 50
75 LNR=NR
DO 80 I4=1,LNR
    I6=LI(I4)
    DO 45 I5=1,I6
        IF (R(I4,I5).NE.NA) GO TO 45
        NR2=I4
        CALL RUTAS (SC,LI,NR,NR2,NA,R,NUMAC)
45 CONTINUE
80 CONTINUE
50 CONTINUE
C*****
C*****
C***     CALCULO DE DURACION DE LAS RUTAS A TIEMPO OPTIMISTA
C*****
C*****
DO 61 I=1,NR
    RO(I)=0.0
    L3=LI(I)
    DO 62 J=1,L3
        I1=R(I,J)
        RO(I)=RO(I)+TU(I1)
62 CONTINUE
61 CONTINUE
C*****
C*****
C***     BUSQUEDA DEL MAXIMIN
C*****
C*****
C BUSCA EL MAXIMIN
    TOMAY=0
    DO 63 I=1,NR
        IF (RO(I).LE.TOMAY) GO TO 63
        TOMAY=RO(I)
63 CONTINUE
C*****
C*****
C***     IDENTIFICA LA RUTA QUE ES CAMINO CRITICO
C*****
C*****
    DESRC=0
    DO 66 I=1,NR
        VAR=0
        SIGUAL=0
        IF (NAC.LE.LI(I)) GO TO 67
        GO TO 66
67 L3=LI(I)
        DO 68 J=1,L3
            DO 65 J1=1,NAC
                IF (R(I,J).NE.RC(J1)) GO TO 65
                SIGUAL=SIGUAL+1
                K=R(I,J)
                VAR=VAR+LS(K)**2
65 CONTINUE
68 CONTINUE
    IF (SIGUAL.NE.L3) GO TO 66

```

```

DESVR=SQRT(VAR)
IF (DESVR.LE.DESRC) GO TO 66
DESRC=DESVR
NRC=I
NERC=LI(NRC)
66 CONTINUE
WRITE(6,551)
551 FORMAT(///,10X,'LA RUTA CRITICA ES :',10X,'DESV.STD')
L3=LI(NRC)
DO 95 J=1,L3
K=R(NRC,J)
WRITE(6,581) NRC,J,R(NRC,J),DS(K)
581 FORMAT(/,10X,'R(',12,',',12,')=',F4.0,17X,F6.4)
95 CONTINUE
WRITE(6,583) DESRC
583 FORMAT(//,11X,'DESV. STD. DEL PROYECTO ES: ',F6.4)
C*****
C*****
C***      RELACIONA ACTIVIDAD-RUTA
C*****
C*****
      DO 200 I=1,NUMAC
      LIRR(I)=0
      DO 201 I1=1,NR
      L3=LI(I1)
      J=1
202      IF (R(I1,J).EQ.I) GO TO 203
      J=J+1
      IF (J.GT.L3) GO TO 201
      GO TO 202
203      LIRR(I)=LIRR(I)+1
      LI=LIRR(I)
      RR(I,LI)=I1
201      CONTINUE
200      CONTINUE
C*****
C*****
C***      PRINCIPIA EL ANALISIS DE LAS ACTIVIDADES EN
C***      LA RUTA CRITICA PARA DETERMINAR CUAL DE ELLAS
C***      SE PUEDE COMPRIMIR CON UN MENOR COSTO.
C*****
C*****
210      LIACRC=0
      DO 208 I=1,NERC
      LIAMC=0
      NA=R(NRC,I)
      TDC=TS(NA)-TL(NA)-TC(NA)
      IF (TDC.EQ.0) GO TO 208
      LIAC=0
C*****
C*****
C***      ANALISIS DE RUTAS
C*****
C*****
      DO 218 I1=1,NR
      L3=LI(I1)
      SIGNAL=0
      LB=LIRR(NA)

```

```

DO 235 J4=1,L8
IF (KR(NA,J4).NE.1) GO TO 235
SIGNAL=1
235 CONTINUE
236 IF (SIGNAL.EQ.1) GO TO 218
C*****
C*** ANALISIS DE ACTIVIDADES QUE PERTENECEN A LA
C*** RUTA SELECCIONADA.
C*****
DO 221 J1=1,L3
NAA=R(I1,J1)
SIGNAL=0
DO 219 J2=1,NERC
IF (K(NRC,J2).NE.NAA) GO TO 219
SIGNAL=1
219 CONTINUE
IF (SIGNAL.EQ.1) GO TO 221
C*****
C*** COMPROBAR QUE LAS RUTAS DONDE INTERVIENEN LAS ACTIV
C*** ANALIZADAS, NO SEAN IGUALES A LAS RUTAS DE LA ACTIV
C*** EVALUADA DEL CAMINO CRITICO.
C*****
SIGNAL=0
J2=1
224 J3=1
225 IF (RR(NAA,J2).NE.RR(NA,J3)) GO TO 296
SIGNAL=1
GO TO 228
296 J3=J3+1
IF (J3.LE.LIRR(NA)) GO TO 225
J2=J2+1
IF (J2.LE.LIRR(NAA)) GO TO 224
IF (SIGNAL.EQ.1) GO TO 221
C*****
C*** GUARDAR ACTIVIDADES PARALELAS A LA ACTIVIDAD CRITIC
C*** QUE SE ESTA EVALUANDO.
C*****
IF (HDLGT(NAA).NE.0.0) GO TO 226
TDC=TS(NAA)-TO(NAA)-TC(NAA)
IF (TDC.LE.0.0) GO TO 221
226 SIGNAL=0
IF (LIAC.EQ.0) GO TO 800
DO 300 I4=1,LIAC
IF (AC(I4).NE.NAA) GO TO 300
SIGNAL=1
300 CONTINUE
800 IF (SIGNAL.EQ.1) GO TO 221
LIAC=LIAC+1
AC(LIAC)=NAA
221 CONTINUE
218 CONTINUE
C*****
C*** ELIMINAR IGUALES DE MAYOR COSTO
C*****
L3=LIAC-1
DO 290 I1=1,L3
IF (AC(I1).EQ.0) GO TO 290
L4=LIRR(AC(I1))

```

```

II2=I1+1
DO 248 I2=II2,L1AC
  IF (AC(I1).EQ.0) GO TO 248
  L5=LIRP(AC(I2))
  IF (L4.NE.L5) GO TO 248
  NEI=0
  DO 249 J2=1,L5
    IF (RR(AC(I1),J2).NE.RR(AC(I2),J2)) GO TO 249
    NEI=NEI+1
249    CONTINUE
    IF (NEI.NE.L4) GO TO 248
    IF (PEND(AC(I1)).LT.PEND(AC(I2))) GO TO 288
    AC(I1)=0
    GO TO 248
288    AC(I2)=0
248    CONTINUE
290    CONTINUE

```

C*****

```

C***      ANALISIS PARA OBTENER LA COMBINACION MAS
C***      ECONOMICA DE LAS ACTIVIDADES PARALELAS A
C***      LA ACTIVIDAD ANALIZADA EN LA RUTA CRITICA.
C*****

```

```

DO 325 I1=1,L1AC
  IF (AC(I1).EQ.0) GO TO 325
  LIAAC=1
  AAC(LIAAC)=R(NRC,I1)
  LIRYC=0
  L9=LIRR(NA)
DO 311 J1=1,L9
  LIRYC=LIRYC+1
  RYC(LIRYC)=RR(NA,J1)
311    CONTINUE
  LIAAC=LIAAC+1
  AAC(LIAAC)=AC(I1)
  L1=AC(I1)
  L9=LIRR(L1)
DO 312 J1=1,L9
  LIRYC=LIRYC+1
  RYC(LIRYC)=RR(L1,J1)
312    CONTINUE
DO 310 I2=1,L1AC
  SIGNAL=0
  IF (AC(I2).EQ.0.OR.I2.EQ.I1) GO TO 310
  L4=LIRR(AC(I2))
DO 399 J2=1,L4
  DO 300 J3=1,LIRYC
    IF (RYC(J3).NE.RR(AC(I2),J2)) GO TO 308
    SIGNAL=1
308    CONTINUE
399    CONTINUE
  IF (SIGNAL.EQ.1) GO TO 310
  LIAAC=LIAAC+1
  AAC(LIAAC)=AC(I2)
  L1=AC(I2)
  L9=LIRR(L1)
DO 300 J1=1,L9
  LIRYC=LIRYC+1
  RYC(LIRYC)=RR(L1,J1)

```



```

380          CONTINUE
310          CONTINUE
          IF (NR.NE.LIRYC) GO TO 325
          CAAC=0
          DO 326 I2=1,LIAAC
            IF (HOLGT(AAC(I2)).NE.0) GO TO 326
            CAAC=CAAC+PEND(AAC(I2))
326          CONTINUE
          IF (LIAMC.EQ.0) GO TO 329
          IF (CAAC.GE.CAMC) GO TO 325
329          LIAMC=LIAAC
          CAMC=CAAC
          DO 389 I2=1,LIAMC
            AMC(I2)=AAC(I2)
389          CONTINUE
325          CONTINUE

```

C*****

C*****

C*** SELECCION DE LA ACTIVIDAD DE MENOR COSTO DE LA RUTA
C*** CRITICA Y COMPRESION DE LA MISMA.

C*****

C*****

```

          IF (LIACRC.EQ.0) GO TO 400
          IF (CAMC.GE.CACRC) GO TO 208
400          LIACRC=LIAMC
          CACRC=CAMC
          DO 278 I2=1,LIACRC
            ACRC(I2)=AMC(I2)
278          CONTINUE
208          CONTINUE
          IF (NEDC.NE.0) GO TO 385
          CALL IMPMAT (NUMAC,SC,TU,TN,TP,TS,CN,CL,PEND,EI,AI,ET,AT,HOLGT,
IPOKEX,HOLGL,HOLGI,POKCO,US,NRC,R,LI,ACUMCN)
          NEDC=1
          DMC(NEDC,1)=0
          DMC(NEDC,2)=0
          DMC(NEDC,3)=TMAY
          DMC(NEDC,4)=ACUMCN+(LMC(NEDC,3)*CXDIA)+DMC(NEDC,1)
385          IF (LIACRC.EQ.0) GO TO 599
          IF (CXDIA.GE.CACRC) GO TO 405
          IF (SWOPT.NE.0) GO TO 403
          WRITE (6,545)
545          FORMAT ('1',///,20X,' COSTO OPTIMO ')
          CALL IMPTIE (TS,TU,TC,CC,NUMAC)
          CALL GRAGAN (EI,ET,NUMAC,TMAY,R,NRC,LI)
          SWOPT=1
403          DO 1009 I=1,LIACRC
            L3=ACRC(I)
            IF (HOLGT(L3).NE.0) GO TO 1009
            TC(L3)=TC(L3)+1
1009          CONTINUE
          NEDC=NEDC+1
          DMC(NEDC,1)=CC
          DMC(NEDC,2)=CACRC
          DMC(NEDC,3)=TMAY-1
          DMC(NEDC,4)=ACUMCN+(DMC(NEDC,3)*CXDIA)+DMC(NEDC,1)+DMC(NEDC,2)
          CC=CC+CACRC
          CALL GRAGAN (ET,TC,NUMAC,ET,TMAY,SC,AT,AI,HOLGT,HOLGL,HOLGI,TC,

```

```
*PUKEX)
  IF (TMAY.GT.TLMAY) GO TO 210
999 WRITE(6,588)
588 FORMAT('1',///,15X,' LA RESULTADOS A TIEMPO OPTIMISTA')
  CALL IMPTIE (TS,TO,TC,CC,NUMAC)
  CALL IMPCOS (DMC,NEUC)
  RETURN
  END
```

```
      SUBROUTINE RUTAS (SC,LI,NK,NR2,NA,R,NUMAC)
      DIMENSION SC(50,50),L1(50),R(50,50)
C*****
C*****
C***      DETERMINACION DE TODAS LAS RUTAS DEL PROYECTO.
C*****
C*****
      SWPOST=0
      DO 10 LI=1,NUMAC
          IF (SC(NA,LI).NE.1) GO TO 10
          IF (SWPOST.EQ.1) GO TO 11
              LI(NR2)=LI(NR2)+1
              II=L1(NR2)
              R(NR2,II)=LI
              SWPOST=1
              GO TO 10
      11  II=L1(NR2)-1
          NK=NK+1
          L1(NR)=L1(NR2)
          L3=L1(NK)
          DO 12 II=1,II
              R(NR,II)=R(NR2,II)
      12  CONTINUE
          R(NR,L3)=L1
      10  CONTINUE
          RETURN
      END
```

```

SUBROUTINE PERT (ET,TS,NUMAC,EI,TMAY,SC,AT,AI,HULGT,HOLGL,HOLGI,
*TC,POREX)
DIMENSION ET(50),TS(50),EI(50),SC(50,50),AT(50),AI(50),
*HULGT(50),HOLGL(50),HOLGI(50),TC(50),POREX(50)

```

```

C*****

```

```

C*****

```

```

C***      P E R T

```

```

C*****

```

```

C*****

```

```

      DO 1 I=1,NUMAC
          ET(I)=0
          AT(I)=0
          EI(I)=0
          AI(I)=0
      1  CONTINUE

```

```

C*****

```

```

C***      CALCULA TIEMPOS MAS TEMPRANOS

```

```

C*****

```

```

      I=1
109  ET(I)=EI(I)+TS(I)-TC(I)
      DO 110 J=1,NUMAC
          IF(SC(I,J).NE.1) GO TO 110
          IF(EI(J).GE.ET(I)) GO TO 110
          EI(J)=ET(I)
110  CONTINUE
      I=I+1
      IF (I.GT.NUMAC) GO TO 111
      GO TO 109
111  TMAY=ET(I)
      DO 112 I=1,NUMAC
          IF (TMAY.GE.ET(I)) GO TO 112
          TMAY=ET(I)
112  CONTINUE

```

```

C*****

```

```

C***      CALCULA TIEMPOS MAS TARDIOS

```

```

C*****

```

```

      DO 114 I=1,NUMAC
          J=1
113  IF (SC(I,J).EQ.1) GO TO 114
          J=J+1
          IF (J.GT.NUMAC) GO TO 116
          GO TO 113
116  AT(I)=TMAY
114  CONTINUE
      N1=NUMAC+1
      DO 116 I1=1,NUMAC
          I=N1-I1
          AI(I)=AT(I)-TS(I)+TC(I)
          DO 117 J=1,NUMAC
              IF (SC(I,J).NE.-1) GO TO 117
              IF (AT(J).GE.AI(I)) GO TO 120
              IF(AT(J).EQ.0) GO TO 120
              GO TO 117
120  AT(J)=AI(I)
117  CONTINUE
118  CONTINUE

```

```

C*****

```

```

C***      CORRREGIA AI

```

```
C*****
  DO 82 I=1,NUMAC
    AI(I)=0
    DO 81 J=1,NUMAC
      IF (SC(I,J).NE.-1) GO TO 81
      AI(I)=AT(J)
      GO TO 82
    81    CONTINUE
  82    CONTINUE
C*****
C***      CALCULO DE LAS HOLGURAS Y PORCENTAJE DE EXPANSION.
C*****
  DO 170 I=1,NUMAC
    HOLGT(I)=AT(I)-EI(I)-TS(I)+TC(I)
    HOLGL(I)=ET(I)-EI(I)-TS(I)+TC(I)
    HOLGI(I)=ET(I)-AI(I)-TS(I)+TC(I)
    IF (TS(I).EQ.0) GO TO 175
    POREX(I)=HOLGT(I)/TS(I)
    GO TO 170
  175 POREX(I)=0
  170 CONTINUE
    RETURN
  END
```

SUBROUTINE IMPTIE (TS,TO,TC,CC,NUMAC)
 DIMENSION TS(50),TO(50),TC(50)

C*****

C*****

C** SUBROUTINA PARA IMPRESION DE TIEMPOS.

C*****

C*****

WRITE (6,501) CC

501 FORMAT(//,5X,'EL COSTO DE COMPRESION ES :',F10.2)

WRITE (6,502)

502 FORMAT(//,1X,'ACT',7X,'TIE.EST.',7X,'TIE.OPT.',4X,'DIAS CC
 DO 1 I=1,NUMAC

WRITE (6,503) I,TS(I),TO(I),TC(I)

503 FORMAT(/,I3,5X,F10.2,5X,F10.2,5X,F10.2)

1 CONTINUE

RETURN

END

```
SUBROUTINE IMPCOS (DMC,NEDC)
```

```
C*****
```

```
C*****
```

```
C**      SUBROUTINA PATA IMPRESION DE LA MATRIZ DE COSTOS.
```

```
C*****
```

```
C*****
```

```
  DIMENSION DMC(99,4)
```

```
  WRITE (6,501)
```

```
501 FORMAT('1',//,' LA MATRIZ DE COSTOS ES :',//,1X,'ACT',5X,  
1'COST.ACUM.',5X,'COSTO DE COMP.',5X,' CIAS ',5X,'COSTO TOTA  
DO 1 I=1,NEDC
```

```
  WRITE (6,502) 1,DMC(I,1),DMC(I,2),DMC(I,3),DMC(I,4)
```

```
502 FORMAT(/,1X,I3,5X,F10.2,9X,F10.2,5X,F10.2,5X,F10.2)
```

```
1 CONTINUE
```

```
  RETURN
```

```
  END
```

SUBROUTINE IMPMAT (NUMAC, SC, TO, TN, TP, TS, CN, CL, PEND, EI, AI, ET, AT, 1HOLGT, POREX, HOLGL, HOLGI, PORCU, DS, NRC, R, LI, ACUMCN)

C*****

C*****

C** SUBROUTINA PARA IMPRIMIR LA MATRIZ DE INFORMACION.

C*****

C*****

DATA BLANCO, COMA, AST/1H, 1H, 1H*/
DIMENSION SC(50,50), TO(50), TN(50), TP(50), TS(50), CN(50), CL(50),
1PEND(50), EI(50), AI(50), ET(50), AT(50), HOLGT(50), POREX(50),
2HOLGL(50), HOLGI(50), PORCU(50), DS(50), R(50,50), SEC(4), LI(50),
3SIGNO(4)

WRITE (6,501)

501 FORMAT('1',16X,'DESCRIPCION DE LA TABLA DE INFORMACION',//,
15X,'COLUMNA',11X,'DESCRIPCION',//,8X,'1.-',5X,'ACTIVIDADES',
2'DEL PROYECTO',//,8X,'2.-',5X,'SECUENCIA',//,8X,'3.-',5X,
3'TIEMPO OPTIMISTA',//,8X,'4.-',5X,'TIEMPO MEDIO',//,8X,'5.-',
45X,'TIEMPO PESIMISTA',//,8X,'6.-',5X,'TIEMPO ESTANDARD',//,
58X,'7.-',5X,'COSTO NORMAL',//,8X,'8.-',5X,'COSTO LIMITE',
6//,8X,'9.-',5X,'PENDIENTE',//,8X,'10.-',5X,'TIEMPO MAS T',
7'EMPRAND DE INICIO',//,8X,'11.-',5X,'TIEMPO MAS TARDIO DE INI',
8'CIO',//,8X,'12.-',5X,'TIEMPO MAS TEMPRAND DE TERMINACION',//,
98X,'13.-',5X,'TIEMPO MAS TARDIO DE TERMINACION',//,8X,'14.-',
15X,'HOLGURA TOTAL',//,8X,'15.-',5X,'PORCENTAJE DE EXPANSION',
2//,8X,'16.-',5X,'LAS ACTIVIDADES CON ASTERISCO, PERTENECEN',
3'A LA RUTA CRITICA',//,8X,'17.-',5X,'HOLGURA LIBRE',//,8X,
4'18.-',5X,'HOLGURA INDEPENDIENTE',//,8X,'19.-',5X,
5'PORCENTAJE DE COMPRESION',//,8X,'20.-',5X,'DESVIACION',
6'ESTANDARD')

WRITE (6,502)

502 FORMAT('1',21X,' TI E M P O S ',3X,'- - - C O S T O S - -
WRITE (6,503)

503 FORMAT(//,' 1 2 3 4 5 6 7 ',
1' 8 9',//,' ACT -SECUENCIAS- D M P T
2' \$N \$L M')

DO 1 I=1,NUMAC
DO 7 J=1,4
SEC(J)=0
SIGNO(J)=BLANCO
7 CONTINUE
NIND=0
DO 8 J=1,NUMAC
IF (SC(I,J).NE.1) GO TO 8
NIND=NIND+1
SEC(NIND)=J
SIGNO(NIND)=COMA
6 CONTINUE

WRITE (6,504) I,SEC(1),SIGNO(1),SEC(2),SIGNO(2),SEC(3),SIGNO(3),
1SEC(4),SIGNO(4),TO(1),TN(1),TP(1),TS(1),CN(1),CL(1),PEND(1)

504 FORMAT(1X,I2,1X,4(F3.0,A1),1X,F4.0,1X,F4.0,1X,F4.0,1X,F4.0,3X,
1F7.1,1X,F7.1,4X,F7.1)

1 CONTINUE

WRITE (6,520) ACUMCN

520 FORMAT(/,21X,'EL COSTO NORMAL ES: ',F8.1)

WRITE (6,512)

512 FORMAT('1', 'ACT - - L E C T U R A S - -',4X,'- H T -',5X,'
24X,'HI',3X,'COMP.')


```

SUBROUTINE GRAGAN (EI,ET,NUMAC,TMAY,R,NRC,L1)
C*****
C*****
C***      SUBROUTINA PARA IMPRIMIR LA GRAFICA DE GANTT
C*****
C*****
      DATA BLANCO,AST,CE,GUION/1H ,1H*,1HC,1H-/
      DIMENSION EI(50),ET(50),R(50,50),LI(50),RENG(75)
      NTMAY=TMAY
      LI=LI(NRC)
      DO 1 I=1,75
        RENG(I)=GUION
      1  CONTINUE
      WRITE (6,501) (RENG(J),J=1,75)
501  FORMAT('1',//,20X,'LA GRAFICA DE GANTT A COSTO OPTIMO'
      1'          A C T I V I D A D E S',//,
      2' DIAS          1          2          3          4
      3'          6          7          7',/,
      4'          1234567890123456789012345678901234567890123456
      5'1234567890123456789012345',/,7X,75A1)
      DO 2 I=1,75
        RENG(I)=BLANCO
      2  CONTINUE
      DO 3 I=1,NTMAY
        DO 4 J=1,NUMAC
          IF (EI(J).LT.1.AND.1.LE.ET(J)) GO TO 5
          RENG(J)=BLANCO
          GO TO 4
      5  SIGNAL=0
          DO 6 K=1,L1
            IF (J.NE.R(NRC,K)) GO TO 6
            SIGNAL=1
          CONTINUE
      6  IF (SIGNAL.EQ.1) GO TO 7
          RENG(J)=AST
          GO TO 4
      7  RENG(J)=CE
      4  CONTINUE
      WRITE (6,502) I,(RENG(J),J=1,NUMAC)
502  FORMAT(2X,I3,' 1',75A1)
      3  CONTINUE
      RETURN
      END

```

RESULTADOS.

1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.00	0.0	0.0								
	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	-1.00	0.0	-1.00	-1.00	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	
0.0	0.0	0.0								
	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	-1.00	0.0	-1.00	-1.00	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	
0.0	0.0	0.0								
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	-1.00	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1.00	0.0	0.0								
	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	-1.00	0.0	-1.00	-1.00	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	
0.0	0.0	0.0								
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	
0.0	0.0	0.0								
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	
0.0	0.0	0.0								
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	-1.00	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	
0.0	0.0	0.0								
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	
0.0	1.00	0.0								
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	-1.00	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
0.0	1.00	0.0								
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.00	0.0	1.00								
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	-1.00	0.0								

LA RUTA CRITICA ES :

K(3, 1) = 1.

R(3, 2) = 2.

R(3, 3) = 3.

R(3, 4) = 14.

DESV. STD

0.5000

0.0

0.0

0.6667

$R(3, 5) = 15.$	1.0000
$R(3, 6) = 21.$	0.5000
$R(3, 7) = 22.$	- 1.5000
$R(3, 8) = 23.$	0.0

DESV. STD. DEL PROYECTO ES: 2.0480

DESCRIPCION DE LA TABLA DE INFORMACION

UMNA	DESCRIPCION
1.-	ACTIVIDADES DEL PROYECTO
2.-	SECUENCIA
3.-	TIEMPO OPTIMISTA
4.-	TIEMPO MEDIO
5.-	TIEMPO PESIMISTA
6.-	TIEMPO ESTANDARD
7.-	COSTO NORMAL
8.-	COSTO LIMITE
9.-	PENDIENTE
10.-	TIEMPO MAS TEMPRANO DE INICIO
11.-	TIEMPO MAS TARDIO DE INICIO
12.-	TIEMPO MAS TEMPRANO DE TERMINACION
13.-	TIEMPO MAS TARDIO DE TERMINACION
14.-	HOLGURA TOTAL
15.-	PORCENTAJE DE EXPANSION
16.-	LAS ACTIVIDADES CON ASTERISCO, PERTENECEN A LA RUTA CRITICA
17.-	HOLGURA LIBRE
18.-	HOLGURA INDEPENDIENTE
19.-	PERCENTAJE DE COMPRESION
20.-	DESVIACION ESTANDARD

T I E M P O S

- - - C O S T O S - - -

1	2			3	4	5	6	7	8	9	
ACT - SECUENCIA				O	M	P	T	SN	SL	M	
1	2.,	0.	0.	0.	1.	3.	4.	3.	600.0	800.0	100.0
2	3.,	0.	0.	0.	1.	1.	1.	1.	100.0	100.0	0.0
3	10.,	13.,	14.,	16.,	0.	0.	0.	0.	0.0	0.0	0.0
4	6.,	0.	0.	0.	1.	3.	4.	3.	6500.0	6500.0	250.0
5	7.,	0.	0.	0.	1.	3.	4.	3.	4000.0	4000.0	300.0
6	10.,	13.,	14.,	16.,	1.	1.	1.	1.	100.0	100.0	0.0
7	8.,	9.,	0.	0.	1.	1.	1.	1.	100.0	100.0	0.0
8	10.,	13.,	14.,	16.,	0.	0.	0.	0.	0.0	0.0	0.0
9	10.,	13.,	14.,	16.,	0.	0.	0.	0.	0.0	0.0	0.0
10	11.,	0.	0.	0.	1.	3.	4.	3.	18000.0	19000.0	200.0
11	12.,	0.	0.	0.	4.	6.	9.	6.	8900.0	9300.0	200.0
12	21.,	0.	0.	0.	1.	2.	3.	2.	4100.0	4400.0	300.0
13	15.,	19.,	0.	0.	2.	2.	2.	2.	200.0	200.0	0.0
14	15.,	19.,	0.	0.	5.	6.	9.	6.	3400.0	3600.0	400.0
15	21.,	0.	0.	0.	4.	6.	10.	6.	600.0	800.0	100.0
16	17.,	0.	0.	0.	5.	7.	8.	7.	2100.0	2800.0	300.0
17	18.,	0.	0.	0.	2.	2.	3.	2.	560.0	960.0	0.0
18	0.	0.	0.	0.	10.	12.	15.	12.	3100.0	3520.0	180.0
19	20.,	0.	0.	0.	2.	3.	4.	3.	1500.0	2200.0	300.0
20	22.,	0.	0.	0.	3.	4.	5.	4.	2800.0	3200.0	400.0
21	22.,	0.	0.	0.	2.	4.	5.	4.	1400.0	2800.0	700.0
22	23.,	0.	0.	0.	2.	5.	11.	6.	6200.0	6500.0	50.0
23	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.0	0.0	0.0

EL COSTO NORMAL ES: 65120.0

ACT -- L E C T U R A S -- - H T - HL HI COMP.

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	EI	AI	ET	AT	U.T.	Z	C	D	D	Z	DS
1	0.0	0.0	3.0	3.0	0.	0.0	*	0.	0.0	0.67	0.50
2	3.0	3.0	4.0	4.0	0.	0.0	*	0.	0.0	0.0	0.0
3	4.0	4.0	4.0	4.0	0.	0.0	*	0.	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	3.0	3.0	0.	0.0		0.	0.0	0.67	0.50
5	0.0	0.0	3.0	3.0	0.	0.0		0.	0.0	0.67	0.50
6	3.0	3.0	4.0	4.0	0.	0.0		0.	0.0	0.0	0.0
7	3.0	3.0	4.0	4.0	0.	0.0		0.	0.0	0.0	0.0
8	4.0	4.0	4.0	4.0	0.	0.0		0.	0.0	0.0	0.0
9	4.0	4.0	4.0	4.0	0.	0.0		0.	0.0	0.0	0.0
10	4.0	4.0	7.0	8.0	1.	0.33		0.	0.0	0.67	0.50
11	7.0	8.0	13.0	14.0	1.	0.17		0.	-1.00	0.33	0.83
12	13.0	14.0	15.0	16.0	1.	0.50		0.	-1.00	0.50	0.33
13	4.0	4.0	6.0	10.0	4.	2.00		0.	0.0	0.0	0.0
14	4.0	4.0	10.0	10.0	0.	0.0	*	0.	0.0	0.17	0.67
15	10.0	10.0	16.0	16.0	0.	0.0	*	0.	0.0	0.33	1.00
16	4.0	4.0	11.0	12.0	1.	0.14		0.	0.0	0.29	0.50
17	11.0	12.0	13.0	14.0	1.	0.50		0.	-1.00	0.0	0.17
18	13.0	14.0	25.0	26.0	1.	0.08		0.	-1.00	0.17	0.83
19	10.0	10.0	13.0	16.0	3.	1.00		0.	0.0	0.33	0.33
20	13.0	16.0	17.0	20.0	3.	0.75		0.	-3.00	0.25	0.33
21	16.0	16.0	20.0	20.0	0.	0.0	*	0.	0.0	0.50	0.50
22	20.0	20.0	26.0	26.0	0.	0.0	*	0.	0.0	0.67	1.50
23	26.0	26.0	26.0	26.0	0.	0.0	*	0.	0.0	0.0	0.0

COSTO OPTIMO

EL COSTO DE COMPRESION ES : 1360.00

ACT	TIE.EST.	TIE.OPT.	DIAS COMP.
1	3.00	1.00	0.0
2	1.00	1.00	0.0
3	0.0	0.0	0.0
4	3.00	1.00	0.0
5	3.00	1.00	0.0
6	1.00	1.00	0.0
7	1.00	1.00	0.0
8	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0
10	3.00	1.00	0.0
11	6.00	4.00	0.0
12	2.00	1.00	0.0
13	2.00	2.00	0.0
14	6.00	5.00	0.0
15	6.00	4.00	1.00
16	7.00	5.00	2.00
17	2.00	2.00	0.0
18	12.00	10.00	2.00
19	3.00	2.00	0.0
20	4.00	3.00	0.0
21	4.00	2.00	0.0
22	6.00	2.00	4.00
23	0.0	0.0	0.0

LA RESULTADOS A TIEMPO OPTIMISTA

EL COSTO DE COMPRESION ES : 2660.00

ACT	TIE.EST.	TIE.OPT.	DIAS COMP.
1	3.00	1.00	2.00
2	1.00	1.00	0.0
3	0.0	0.0	0.0
4	3.00	1.00	2.00
5	3.00	1.00	2.00
6	1.00	1.00	0.0
7	1.00	1.00	0.0
8	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0
10	3.00	1.00	0.0
11	6.00	4.00	0.0
12	2.00	1.00	0.0
13	2.00	2.00	0.0
14	6.00	5.00	0.0
15	6.00	4.00	1.00
16	7.00	5.00	2.00
17	2.00	2.00	0.0
18	12.00	10.00	2.00
19	3.00	2.00	0.0
20	4.00	3.00	0.0
21	4.00	2.00	0.0
22	6.00	2.00	4.00
23	0.0	0.0	0.0

LA MATRIZ DE COSTOS ES :

ACT	COST.ACUM.	COSTO DE COMP.	DIAS	COSTO TGTAL
1	0.0	0.0	26.00	78120.00
2	0.0	50.00	25.00	77670.00
3	50.00	230.00	24.00	77400.00
4	280.00	230.00	23.00	77130.00
5	510.00	400.00	22.00	77030.00
6	910.00	450.00	21.00	76980.00
7	1360.00	650.00	20.00	77130.00
8	2010.00	650.00	19.00	77280.00

BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA

- AGUSTIN MONTAÑO, INICIACION AL METODO DEL CAMINO - CRITICO.
TRILLAS.
- JAMES M. ANTILL Y RONALD W. WOODHEAD, METODO DE LA RUTA CRITICA Y SUS APLICACIONES A LA CONSTRUCCION.
LIMUSA.
- LUIS YU CHUEN-TAO, APLICACIONES PRACTICAS DEL PERT Y CPM.
DEUSTO.
- CATALYTIC CONSTRUCTION COMPANY, METODO DEL CAMINO CRITICO.

