

ESTIMACION DE LOS EFECTOS DE LAS DIFERENTES PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS A NIVEL DE CUENCA

Por:
Sandra Cristina Hermel in Pernalete

Tesis para Optar al Grado de Magister Scientiae en la
Opción de Planificación de Recursos Hidráulicas

**CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO
INTEGRAL DE AGUAS Y TIERRAS, CIDIAT
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
MERIDA - 1987**

www.bdigital.ula.ve

www.bdigital.ula.ve

www.bdigital.ula.ve

DEDICATORIA

A mis seres queridos

www.bdigital.ula.ve

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi agradecimiento a las siguientes personas e instituciones:

A la Universidad de Los Andes y a la Fundación "Gran Mariscal de Ayacucho", por el apoyo económico otorgado para llevar a cabo mis estudios de Postgrado.

Al Ingeniero M.Sc. Tomás Bandes, por todo el apoyo brindado. Al Dr. Roger Amisial, asesor principal de la tesis, por su constante orientación en el desarrollo de la misma.

Al Dr. Hervé J. Jégat y al Ingeniero M.Sc. Roberto Duque por su colaboración.

A la Ingeniero Jeanini Guillén de Yépez, Jefe de Planta del INOS, al Ingeniero Víctor Araque y Geógrafo Jesús Petit funcionarios del MARNR, zona 16, y al personal de CADAFE que labora en "Planta Páez", por toda la información suministrada.

A todo el personal docente, administrativo y obrero del Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras (CIDIAT), por la colaboración brindada. Al personal de Laboratorio, de Computación y Proyectos por toda la ayuda en el transcurso del proyecto.

A mis compañeros y amigos que me brindaron su ayuda desinteresada y sincera.

A Josefina Chacón, por su esmero en el mecanografiado de esta tesis.

www.bdigital.ula.ve

INDICE

	Página
AGRADECIMIENTO.....	v
LISTA DE TABLAS.....	ix
LISTA DE SIMBOLOS.....	xi
RESUMEN.....	xv
Capítulo	
I. INTRODUCCION.....	1
Planteamiento de la problemática.....	1
Revisión bibliográfica.....	3
Objetivos e importancia del estudio.....	6
Objetivo general.....	6
Objetivos específicos.....	7
Importancia del estudio.....	7
Metodología del estudio.....	7
II. DESCRIPCION DE LAS AREAS DE ESTUDIO.....	11
Cuenca del río Mucujún.....	11
Ubicación y descripción.....	11
Relieve	12
Clima.....	12
Geología y geomorfología.....	12
Suelos.....	13
Uso actual de los suelos.....	14
Uso potencial	14
Conflictos de uso del suelo.....	14
Cuenca del río Aracay.....	16
Ubicación y descripción.....	16
Relieve	16
Clima.....	16
Geología y geomorfología.....	17
Suelos	17
Uso actual de los suelos.....	17

INDICE (Continuación)

	Página
III. DESCRIPCION DEL MODELO SWRRB	19
Descripción del modelo.....	21
Hidrología	21
Volumen de escorrentía superficial	22
Tasa de flujo pico.....	24
Tránsito del flujo.....	31
Producción de sedimentos	35
Canales y vertientes	39
IV. APLICACION DEL MODELO.....	41
V. ANALISIS DE RESULTADOS	51
Implementación del modelo.....	51
Cuenca del río Mucujún.....	53
Cuenca del río Aracay.....	58
Análisis de sensibilidad.	61
Generación de trazas.....	63
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
Conclusiones.....	65
Recomendaciones	66
BIBLIOGRAFIA	69
APENDICES	
1. CALCULOS DE LAS CUENCAS	71
2. DESCRIPCION DEL MODELO.....	91
3. TABLAS PARA EL ANALISIS DE SENSIBILIDAD.....	267

.LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
1	Tipos de uso actual de la cuenca del río Mucujún.....	13
2	Capacidades agrológicas de los suelos de la cuenca del río Mucujún.....	14
3	Principales unidades de uso de la tierra observadas en la cuenca del río Aracay.....	17
4	Máximos valores de precipitación registrados en la estación Hacienda El Carmen para las duraciones de 0.5 y 6 horas....	41
5	Valores obtenidos de los parámetros de la distribución para las duraciones consideradas.....	42
6	Intensidades de precipitación para diferentes períodos de retorno.....	43
7	Probabilidades mensuales de tener un día húmedo después de un día seco (H/S) y de tener un día húmedo después de un día húmedo.....	43
8	Media desviación standard y coeficiente de simetría de los registros diarios de precipitación para el período 1978-83..	44
9	Promedios máximos y mínimos mensuales de temperatura del aire para la estación Hacienda El Carmen.....	44
10	Pendiente promedio del cauce para cada subcuenca.....	45
11	Longitud del cauce desde el punto más alejado hasta la salida de la subcuenca.....	45
12	Tiempo de viaje de la salida de las subcuencas hasta la salida de la cuenca.....	46
13	Valores de longitud de pendiente para cada subcuenca....	47
14	Valores promedios de las pendientes de las subcuencas...	49
15	Producción de sedimento anual, para los tres archivos correspondientes al período 1978-1982.....	53

LISTA DE TABLAS (Continuación)

Tabla		Página
16	Producción de sedimentos mensuales para el período 1978-1982.....	54
17	Estimación aproximada de costos mensuales ocasionados a la planta de tratamiento del INOS por aditivos químicos..	55
18	Producción de sedimentos para el período 1978-1982, considerando las diferentes prácticas de conservación....	55
19	Producción de biomasa y producción de cultivos y producción de sedimentos para diferentes períodos de siembra.....	56
20	Producción de sedimentos en ton/ha para las dos condiciones de propuestas.....	57
21	Producción de sedimentos en ton/ha para las diferentes prácticas de conservación.....	59
22	Tendencias de producción de sedimentos para la cuenca del río Mucujún y Aracay al presentar condiciones diferentes.....	62

LISTA DE SIMBOLOS

Símbolo	Descripción
A	Area de drenaje en km^2
C	Factor de cobertura y manejo
CD_p	Concentración de sedimentos después de la deposición.
C_I	Concentración de sedimentos de los aportes en t/m^3
C_I	Concentración de sedimentos en el flujo de salida de las subcuencas.
C_{DG}	Concentración de sedimentos después de la deposición y la degradación
C_o	Concentración de sedimentos en ton/m^3
CN_I	Número de curva para la condición de humedad antecedente
CN_{II}	Número de curva para la condición de humedad antecedente
CS	Es la concentración en lagunas y/o reservorios t días antes que el valor de CS_2 sea calculado
CS_1 y CS_2	Son las concentraciones en lagunas y/o reservorios al comienzo y al final en ton/m^3
CS_e	Es la concentración de equilibrio en lagunas y/o reservorios
C_u	Es el límite superior de concentración de sedimentos en el flujo
D_{50}	Es el diámetro medio de las partículas del aporte de sedimentos en μm
D_I	Es el intervalo entre líneas de contorno
EP	Es la cantidad total de puntos extremos
ET_i	Es la evapotranspiración diaria en mm
F	Es la frecuencia de ocurrencia de un evento determinado
F_I	Es el tiempo de viaje desde la salida de la subcuenca hasta la salida de la cuenca
K y K_S	Es la constante de declinación
K	Es el factor de erodabilidad
Kd	Es la constante de deposición
K_e	Es la constante de degradación
L	Es la longitud desde el punto más distante hasta la salida de la subcuenca en km

LISTA DE SIMBOLOS (Continuación)

Símbolo	Descripción
LB	Es la longitud total de las curvas base
LC	Es la longitud total de las curvas de nivel
Lc	Es la longitud promedio del canal para la subcuenca en km-25
L _{ca}	Es la distancia a través del canal hasta el centro de la subcuenca.
L _{gd}	Es la longitud total de las líneas de la malla dentro de la subcuenca en la dirección d en mm.
L _s	Es el factor de longitud de pendiente y gradiente de pendiente
M	Es el número de estratos del suelo
n	Es la rugosidad "n" de Manning
N _d	Es el número de curvas de nivel que atraviesan las líneas de la malla en la dirección d
O _i	Es la percolación diaria en mm.
P	Es el factor de práctica de cultivo
q	Es la tasa de flujo en m ³ /s
Q	Es la escorrentía individual para cada subcuenca
q _c	Es la tasa promedio de flujo en m ³ /s
Q _J	Es el volumen de los aportes en m ³
Q _i	Es el valor de escorrentía
q _p	Es la tasa de flujo pico para la subcuenca
q _p	Es la tasa de flujo pico
Q ₀	Es el flujo que sale de las lagunas y/o reservorios en m ³ /s
QR _i	Es el flujo de retorno diario en mm
q _s	Es la tasa promedio de flujo superior
r	Es la tasa de precipitación en el tiempo t en mm/h
R _i	Es el valor diario de precipitación en mm
R _j	Es el valor de precipitación para cada evento en mm, el sub-índice j se refiere al mes
r _p	Es la tasa pico de precipitación en mm/h
R _{tc}	Es la cantidad de precipitación en mm durante un evento de duración igual a t _c

LISTA DE SIMBOLOS (Continuación)

Símbolo	Descripción
Rz	Es la profundidad de la zona radicular
R.5,j	Es el valor medio máximo para .5 h en mm
R.5,F,J	Es el valor máximo para .5h para una frecuencia F en mm
R24	Es la cantidad de precipitación en mm durante 24 h.
S	Es el parámetro de retención o infiltración
S	Es la pendiente del terreno
S	Es la pendiente promedio de la subcuenca
Sd	Es la pendiente en la dirección d de la malla
SL	Es la pendiente en la dirección L de la malla
Smx	Es el máximo valor del parámetro de infiltración
Sw	Es la pendiente en otra dirección de la malla
Sw	Es el contenido de agua en el suelo a 15 atmósferas
Swi	Es el contenido de agua en el estrato
t	Es el tiempo en días
tb	Es el tiempo a la salida de la subcuenca en horas
tb ₀	Es la base del hidrograma a la salida de la cuenca
t _c	Es el tiempo de concentración
t _{cc}	Es el tiempo de concentración del flujo en el cauce en h
t _{cs}	Es el tiempo de concentración del flujo superficial en h
TT	Es el tiempo de viaje desde la salida de la subcuenca hasta la salida de la cuenca en h.
TT _q	Es el tiempo de viaje para qp en h
TT.1qp	Es el tiempo de viaje para 0.1 q en h
UL	Es el límite superior del almacenamiento en el suelo
UL _i	Es el límite de almacenamiento de agua en el estrato
V	Es el volumen de escorrentía superior
Vc	Es la velocidad promedio en el canal en m/s
V _{M1} y V _{M2}	Son los volúmenes de almacenamiento en lagunas y reservorios al comienzo y al final del día en m ³
V _S	Es la velocidad del flujo superior en m/s

LISTA DE SIMBOLOS (Continuación)

Símbolo	Descripción
Y	Es la producción de sedimentos de la subcuenca en el tiempo t
W_i	Es el factor de ponderación
Z_i	Es la profundidad en el fondo del estrato i
ρ	Es el coeficiente de escorrentía que expresa las características de infiltración.
α	Es el parámetro adimensional que expresa la proporción de lluvia total que ocurre durante el t_c
$\alpha, 5, 0, J$	Es el valor pico de la distribución Gamma
U	Es el parámetro de forma de la distribución Gamma
λ	Es la longitud de pendiente en m
Ω	Es la pendiente promedio del canal en m/m
$\Psi_1 \quad \Psi_2$	Son los parámetros determinados para cada subcuenca usando los valores de TT y q calculados para una profundidad máxima y para 0.1 de la profundidad máxima.

RESUMEN

En este estudio se presenta el desarrollo de una metodología a nivel de planificación que permita evaluar los efectos de las diferentes prácticas de conservación en la producción de sedimentos, usando para ello un programa de simulación y aplicándolo a dos cuencas de la región.

Inicialmente se presenta una introducción al tema, destacando su importancia, una revisión bibliográfica y los objetivos para llevar a cabo el trabajo.

En segundo término se presenta una descripción de las áreas en estudio, haciendo resaltar las características más importantes de ambas cuencas, que servirán como base para el uso del modelo.

En tercer lugar se presenta una descripción del modelo de simulación a ser usado y de los procesos más importantes que incluye. Luego se presenta la aplicación del modelo a las dos cuencas y los cálculos realizados para obtener algunas variables de entrada.

En quinto término se presenta un análisis de los resultados obtenidos en la implementación del modelo y en la aplicación a las dos cuencas, así como también un análisis de sensibilidad de las variables que intervienen en el cálculo de la producción de sedimentos.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado.

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO I

INTRODUCCION

Planteamiento de la Problemática

La erosión de los suelos, causada por el agua, viento o intervención del hombre, es un problema que afecta una gran parte de los suelos del mundo desde hace mucho tiempo. Sin embargo, puede afirmarse que a partir de la década de los sesenta las investigaciones sobre erosión se han extendido por el mundo entero.

Particularmente, el estudio de la erosión causada por el agua, ha merecido una atención especial en aquellos países en los cuales el complejo suelo-agua-clima, es adecuado para la agricultura. Ello debido a que el suelo que se pierde por esta causa es el más fértil. El suelo que queda es menos productivo, y puede llegar a convertirse en estéril, si no se toman las medidas para mejorarlo.

Además de disminuir su productividad de manera muy lenta, otro problema grave, producto de la erosión, lo constituye el hecho de que el material del suelo arrastrado es depositado en otro lugar, ya sea en las tierras cercanas o aguas abajo, a grandes distancias de donde se produce la erosión. Esta deposición de material provoca la sedimentación de los cauces y los embalses. El primero reduce la capacidad del curso de agua, contribuyendo al desbordamiento del mismo y provocando inundaciones. El segundo, reduce la capacidad de almacenamiento de agua en los embalses, disminuyendo su vida útil, originando gastos adicionales por mantenimiento de los equipos.

Es por ello que actualmente existe particular interés en localizar exactamente las áreas afectadas y estudiar los diferentes tratamientos y proyectos de conservación de suelo y agua para cada caso específico, con el fin de controlar el problema y evitar daños futuros.

En Venezuela, los problemas de esta naturaleza existen también desde épocas muy remotas y en la actualidad se observan apreciables extensiones de tierras erodadas o potencialmente afectadas. Muchos de los ríos presentan problemas relacionados con la producción de sedimentos en las cuencas a las que pertenecen.

Gran parte del daño causado puede ser corregido variando el aprovechamiento de la tierra, mejorando la fertilidad del suelo, intensificando el uso de la vegetación protectora del suelo o modificando las prácticas o manejo del suelo.

En la actualidad se cuenta con ecuaciones empíricas, como la ecuación universal de pérdida de suelo, USLE, y con modelos basados en dicha ecuación para determinar la producción de sedimentos en una cuenca; sin embargo, existen muy pocos métodos para cuantificar los efectos de las prácticas de conservación en dicha cuenca.

El presente estudio busca estimar de manera cuantitativa los efectos de las diferentes prácticas de conservación, tomando para ello dos cuencas de los Andes Venezolanos que presentan problemas de erosión. Ellas son: la cuenca del río Aracay y la del río Mucujún. La primera produce una cantidad de sedimentos considerables, que van a ser arrastrados hacia el embalse "Santo Domingo", originando una serie de consecuencias perjudiciales en el funcionamiento del complejo hidroeléctrico que allí funciona.

La cuenca del río Mucujún presenta problemas de erosión en sus laderas, en zonas dedicadas a la agricultura, lo que disminuye lentamente la productividad del suelo y deteriora la calidad de agua del río Mucujún, originando efectos negativos ya que sobre este río existe una captación del acueducto de la ciudad de Mérida.

Revisión Bibliográfica

El agua de lluvia que precipita en una tormenta dada puede ser útil o dañina. Si bien es cierto que es necesaria para el crecimiento de la vegetación, también puede ser la principal fuente de energía para provocar la erosión de los suelos, especialmente en áreas húmedas (Khanbilvardi, y Rogowski, 1984).

Los terrenos con escasa cubierta vegetal protectora están siempre expuestos a sufrir erosión laminar en menor o mayor grado, según sean sus condiciones de pendiente, las características intrínsecas del suelo en cuanto a resistencia a la acción de las aguas y la distribución y volumen de las lluvias (Peña, 1980).

Según Payen (1980), dependiendo de su naturaleza y su modo de ejecución, las prácticas culturales pueden, mediante sus efectos mecánicos y sobre la física del suelo, contribuir a degradar o mejorar su estructura, favoreciendo o disminuyendo la erosión.

La cuenca del río Mucujún presenta serias limitaciones con respecto a sus suelos, debido a las fuertes pendientes en sus laderas y alta pedregosidad. Sin embargo, estos suelos se están usando para prácticas agrícolas y para uso pecuario, con el consiguiente perjuicio y la generación de problemas de erosión. Dichos problemas rompen el equilibrio vegetación-suelo-agua, con consecuencias negativas para el río Mucujún y, por ende, para la ciudad de Mérida que aprovecha su agua.

Las pocas posibilidades agrícolas pueden asociarse con cultivos como flores y hortalizas, los cuales requieren manejo intensivo, con des-piedre previo, y con altas aplicaciones de pesticidas. Esta situación debe ser estudiada con cuidado debido al efecto contaminante que se tendría sobre el curso de agua, (CIDIAT, 1977).

Por otra parte, de los estudios realizados en la cuenca del río Mucujún, se ha observado que ésta presenta una serie de problemas que

hacen que se le considere en situación crítica. Ello requiere de una regulación de la actividad agropecuaria existente, así como el establecimiento de un control sobre la actividad urbanística. También, se hace necesario en esta cuenca dar asesoramiento técnico a los agricultores sobre las prácticas a usar, así como sobre el uso de pesticidas (CIDIAT, 1977).

Según Nicol, Heady y Madsen (1974), citados por Dickey, Smelton, Jasa y Peterson (1984), el agua induce a la erosión de los suelos en tierras cultivadas, al ser removidas las partículas del suelo por el impacto de la lluvia y el subsecuente transporte a lo largo de la pendiente por el flujo superficial. Para controlarlo, una de los más efectivos métodos es el uso de las prácticas de conservación.

El fenómeno de la sedimentación se presenta cuando el material transportado aguas abajo por el río, grava, arena, limo, así como el material transportado en suspensión, como arcillas, tiende a depositarse al entrar en un estuario debido a una reducción de la velocidad de la corriente que lo transporta.

En el caso particular de la subcuenca del río Aracay, el aporte de sedimentos al embalse "Santo Domingo" es de un volumen apreciable. Así mismo se ha manifestado el efecto negativo del sedimento fino en el funcionamiento y durabilidad de los equipos mecánicos generadores de la electricidad, (MARNR, 1980). Debido a esta sedimentación en el embalse, y como consecuencia de los planteamientos sobre la prolongación de la vida útil, se hizo necesario definir las medidas y obras que deben acometerse para la conservación del embalse y la oportunidad cuando deben hacerse las inversiones correspondientes.

Las medidas que tienden a conservar el suelo en el sitio y a reducir la erosión y producción de sedimentos conllevan a una disminución o mantenimiento de la tasa de envejecimiento actual del embalse (CADAPE, 1975).

Debido a la importancia de las consecuencias dañinas que causan los problemas de la erosión, las técnicas de estimación de pérdida de suelo han sido desarrolladas a medida que los problemas se van agravando. Las primeras estimaciones fueron básicamente cualitativas y sólo se ilustraba la forma como algunas prácticas culturales diferían en el control de pérdida de suelo.

Inicialmente, las ecuaciones fueron desarrolladas para describir la pérdida del suelo usando variables independientes simples. Estas ecuaciones eran aplicables sólo a condiciones y situaciones específicas donde otros factores contribuyentes eran mantenidos constantes. A partir de ellas, fueron desarrolladas múltiples ecuaciones con nuevas variables para describir los otros factores contribuyentes. Estos estudios llevaron a formular la ecuación universal de pérdida de suelo, USLE, la cual es la más usada hasta el momento para predecir las pérdidas de suelo debidas a la erosión superficial (Mitchell y Bubenzer, 1980).

Foster (1980) cita tres grandes limitaciones de la ecuación universal de pérdida de suelo que restringe su uso para ciertas situaciones:

- no puede usarse para estimar pérdida de suelo para un evento de terminado.
- no es una ecuación de erosión y por consiguiente no estima deposición.
- no estima la erosión en canales y cauces y cárcavas.

La predicción de la producción de sedimentos, al comienzo, se hizo a través de métodos empíricos que fueron desarrollados con relación a las concentraciones de sedimentos en el flujo o relacionando la producción de sedimentos con parámetros hidrológicos.

Según Mitchell y Bubenzer (1980), las tres categorías de procedimiento para estimar la producción de sedimentos son:

- Ecuaciones de predicción
- Cálculo de la erosión bruta o total y asignación del coeficiente de entrega en los cauces.
- Medición del sedimento en suspensión y de fondo o el depositado en el reservorio.

Una ventaja de los métodos de producción de sedimentos es que permiten evaluar el efecto que los cambios en el uso de la tierra tengan sobre los sedimentos producidos.

Existen modelos de simulación para predecir la producción de sedimentos basados en la ecuación universal de pérdida de suelo modificada, MUSLE, presentada por Williams y Berndt (1977). Esta modificación consiste en sustituir el factor de erosibilidad de la lluvia de la USLE por un factor de escorrentía. Entre, los modelos de simulación se tiene el CREAMS, usado en parcelas, el EPIC, usado en áreas no mayores de 1 hectárea, el SWRRB, el cual es una modificación del CREAMS, y puede ser usado a nivel de cuenca.

Los modelos de simulación son una herramienta que puede ser usada para señalar los impactos hidrológicos y ambientales de las actividades del hombre y pueden ser usados para analizar o pronosticar los efectos de posibles medidas proyectadas para aliviar estos impactos. Idealmente, estos modelos deben ser simples y exactos pudiendo simular paralelamente la escorrentía, la erosión y el proceso de transporte de una cuenca (Wilson, Barfield, Ward y Mogre, 1984).

Objetivos e Importancia del Estudio

Objetivo General

Desarrollar una metodología, a nivel de planificación, que permita evaluar diferentes tipos de alternativas para la reducción de la producción de sedimentos. Adicionalmente, debe permitir cuantificar los efectos de

las diferentes alternativas, desde el punto de vista económico, en las cuencas de los ríos Aracay y Mucujún.

Objetivos Específicos

- Implementar el modelo de simulación de producción de sedimentos SWRRB.
- Aplicar el modelo SWRRB a las condiciones actuales de las cuencas y considerando diferentes prácticas de manejo y conservación.
- Estimar los efectos económicos a partir de los resultados obtenidos para las dos subcuencas.

Importancia del estudio

En Venezuela, al igual que en otros países, existe una gran preocupación por el hecho de que cada vez son más grandes los deterioros causados por la erosión en las cuencas hidrográficas.

Hasta el momento existe muy poca experiencia en la cuantificación de los efectos de las diferentes prácticas conservacionistas, sobre la producción de sedimentos. La necesidad de proteger y recuperar los suelos de las cuencas afectadas, plantea que, desde el punto de vista de la planificación hidráulica, se desarrolle una metodología que permita cuantificar estos efectos para así poder comparar entre sí las mejores alternativas de solución al problema de control de sedimentos.

Metodología del Estudio

El procedimiento seguido para el logro de los objetivos es el siguiente:

1. Recopilación de la información básica:

- Material cartográfico de las dos cuencas
- Revisión de la literatura existente sobre estudios de suelo, programas conservacionistas, evaluación de la problemática de las cuencas Aracay y Mucujún.
- Procesamiento de la información concerniente al uso actual de las cuencas, uso potencial, tipo de suelo, ubicación de las estaciones meteorológicas.
- Preparación de los registros de precipitación diaria para cada subcuenca, desacumulación de los datos.
- Preparación de los archivos de datos a ser usados por el modelo para las dos cuencas.

2. Viajes de campo con fines de conocer las características de la cuenca del río Aracay y del río Mucujún.

3. Implementación del modelo

- Montaje del programa SWRRB
- Prueba del modelo usando los datos originales
- Seguimiento manual del programa usando los datos de la cuenca del río Mucujún.

4. Corridas del modelo usando los datos recopilados de las dos cuencas.

- Análisis de sensibilidad de las variables que intervienen directamente en la ecuación MUSLE.

5. Corridas del modelo variando las prácticas conservacionistas en las dos cuencas

6. Estimación de los efectos que ocasionan las prácticas conservacionistas en la producción de sedimentos.

7. A partir de los resultados obtenidos en la cuenca del río Mucujún estimar los beneficios a obtener si se modifican las condiciones actuales.

8. Estimación de los efectos que ocasionan los sedimentos sobre un embalse, con fines de hidroelectricidad, usando los resultados obtenidos para la cuenca del río Aracay.

www.bdigital.ula.ve

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO II

DESCRIPCION DE LAS AREAS DE ESTUDIO

Las áreas en estudio comprenden la cuenca del río Mucujún y la cuenca del río Aracay, las dos situadas en los Andes Venezolanos.

En este capítulo se presenta la caracterización general de ambas cuencas.

Cuenca del Río Mucujún

Ubicación y Descripción

La cuenca del río Mucujún forma parte de la cuenca del río Chama. Se encuentra ubicada al noreste de la ciudad de Mérida, ocupando una superficie aproximada de $187,5 \text{ km}^2$, limita por el norte con los páramos de la Culata, Agua Blanca y Tucaní; por el sur con la ciudad de Mérida y Páramo El Escorial; por el este con el Páramo El Escorial y por el oeste con la Sierra de la Culata, (CIDIAT, 1985).

El área en estudio, está comprendida dentro de las siguientes coordenadas: $8^{\circ}35'02''$ y $8^{\circ}48'11''$ de latitud norte y en los $71^{\circ}00'00''$ y $71^{\circ}08'00''$ de longitud oeste.

En cuanto a la configuración topográfica la cuenca está constituida por un área predominantemente montañosa, con limitaciones de accesibilidad, ya que sus únicos accesos son: la carretera Mérida - La Culata y la carretera hacia el Vallecito.

Relieve

La pendiente del terreno tiene un papel importante, ya sea por las limitaciones que impone al uso de la tierra, como por su influencia en los procesos pedogenéticos, llegando en algunos casos a ser determinante en las características de algunos suelos resultantes (Morrenas).

El paisaje dominante es de vertiente muy abrupta, con escarpas pronunciadas y pendiente muy variable, orientada en sentido SE-SW.

Clima

El clima de la cuenca del Mucujún, influye tanto en la constitución de las especies vegetales, como en la formación de los suelos, también va a ser factor determinante en la definición de restricciones o posibilidades de uso según las características de cada lugar.

El área en estudio cuenta con tres estaciones meteorológicas que son: hacienda El Carmen, Valle Grande y Páramo La Culata.

Geología y Geomorfología

Los andes venezolanos están considerados dentro del tipo de cadenas montañosas plegadas Cordilleras que se caracterizan por una larga evolución.

El valle del río Mucujún corresponde a una fosa tectónica; los ríos y quebradas han seguido las líneas débiles de la estructura geológica (fallas) para profundizar sus valles.

En la parte inferior de la cuenca se ubica la mayoría de los depósitos aluviales, en la vertiente derecha se encuentran amplios conos de deyección y en la vertiente izquierda se encuentra la terraza del vallecito aguas arriba de la desembocadura. Gran parte de los depósitos laterales en la parte superior de la cuenca son morrenas de tipo glaciar (CIDIAT, 1985).

Suelos

Los suelos de la cuenca presentan una gran variabilidad, debido a las condiciones litológicas, climáticas, de vegetación y topográficas diferentes.

En la parte superior de la cuenca hay grandes extensiones con afloramiento rocoso. El desarrollo de los suelos es muy poco. A medida que disminuye la altitud y la pendiente se hace menos fuerte, los suelos alcanzan un mejor desarrollo, puede decirse que han sido desarrollados sobre materiales residuales. En esta parte de la cuenca también es posible encontrar suelos formados sobre morrenas material transportado los cuales presentan las características de ser poco desarrollados, con textura arenosa y una capa superficial de color oscuro como producto de la acumulación de materia orgánica; la vegetación que se desarrolla es típica de páramo.

Los suelos de la parte media inferior se desarrollan sobre diferentes tipos de depósito conos, terrazas o combinación de ellos; en estos suelos cuando la erosión laminar es muy fuerte se produce el lavado de la capa superficial, dejando al descubierto piedras y guijarros (CIDIAT, 1985).

Los suelos de la cuenca del Mucujún presentan, en general, una fertilidad natural, a pesar de poseer poca profundidad, una alta pedregosidad de las tierras aptas para usar en agricultura.

Uso Actual de los Suelos

Del área de la cuenca del Mucujún se pueden distinguir 5 grandes grupos de uso actual, los cuales se ilustran en la Tabla 1.

Tabla 1. Tipos de uso actual de la cuenca del Río Mucujún

Tipo de uso	ha.	Descripción
Cultivos	631.2	Papa, repollo, zanahoria remolacha.
Pastos	2.654	95% pastos naturales
Bosques	4.002.9	Bosque virgen, primario, secundario y plantaciones.
Tierras improductivas	11.232.6	A causa del relieve accidentado, afloramientos rocosos, bajas temperaturas.
Asentamientos	157.1	

FUENTE: CIDIAT, 1985.

Uso Potencial

De acuerdo al mapa de uso potencial fueron propuestas cinco clases de capacidades de uso las cuales se ilustran en la Figura 1 (Capacidades de uso) y se resumen en la Tabla 2.

Conflictos de uso del suelo

Se observa que existen áreas con capacidad para el uso intensivo de cultivos anuales, usándose para pastos naturales. Así como también

áreas con capacidad para uso conservacionista de protección de cuencas hidrográficas, usándose con cultivos anuales (CIDIAT, 1985).

Tabla 2. Capacidades agrológicas de los suelos de la cuenca del Río Mucujún.

Clase	ha.	Vocación de uso
III	834.75	Suelos aptos para cultivo agrícola con fuertes limitaciones y bajo prácticas intensivas de conservación.
IV	1.039.38	Uso agrícola ocasional, severas limitaciones y prácticas muy intensivas de conservación.
V	761.88	Suelos aptos para pastos y bosques limitaciones severas en uso y manejo.
VI	1.135.0	Suelos aptos para pastos y bosques limitaciones severas en uso y manejo apta para cultivos especiales con prácticas muy intensivas de conservación.
VII	1.941.25	Suelos aptos para bosque, limitaciones muy severas en la explotación.
VIII	13.737.74	Suelos aptos para vegetación protectora permanente. Gran valor escénico en el páramo y zona nival.

FUENTE: CIDIAT, 1985.

Cuenca del Río Aracay

Ubicación y descripción

La cuenca del río Aracay está enmarcada dentro de la cuenca del río Santo Domingo. Abarca una superficie aproximada de 79,86 km² distribuidas de forma alargada con orientación NE-SW, constituyendo un valle intramontano bordado por colinas, terrazas y montañas.

El acceso principal es la carretera trasandina Mérida-Barinas. Existe entre otras la vía que va hacia las Piedras que recorre gran parte de la cuenca estudiada. También, existen caminos adyacentes que permiten el acceso a la zona.

Relieve

El paisaje es típico de región montañosa, muy accidentado con zonas de relieve, más suave en el fondo de los valles donde se presentan terrazas y otros depósitos fluvioglaciales (MARNR, 1980).

La pendiente general está alrededor del 40% aumentando hacia la parte superior y disminuyendo un poco hacia la parte inferior.

Clima

Existe una alta precipitación con excedente de humedad en el suelo la mayoría de los meses.

Para el estudio se consideraron los datos de precipitación y temperatura de las estaciones Mesa del Aracay, las Piedras, La Culata, Ver Apéndice 1.

La orografía y la altitud influyen en el régimen de lluvia y también afecta la temperatura.

Geología y Geomorfología

La cuenca está constituida en forma general por rocas metamórficas; éstas son rocas muy foliadas y fracturadas. Adicionalmente se presentan formaciones más recientes de morrenas y depósitos fluvio-glaciales del cuaternario y recientes, los cuales están muy meteorizados.

Las vertientes son largas y caen a menudo abruptamente sobre los fondos estrechos de los valles; las gargantas muy profundas, algunas de ellas orientan el desplazamiento de los cursos de aguas los cuales se disponen en una red hidrográfica de dibujo subparalelo.

Esta cuenca presenta rasgos topográficos absolutamente pronunciados, donde las áreas planas se restringen sólo a unos pocos y estrechos depósitos aluviales de fondo de valle (CIDIAT, 1982).

Suelos

A lo largo de la margen izquierda del río Aracay se presentan suelos fuertemente ácidos con buena permeabilidad y de muy baja fertilidad, presentando una alta pedregosidad.

En los sectores a la margen derecha del río, el paisaje corresponde a montañas de vertientes cóncavas-convexas erosionadas, con ondulaciones y pendientes del 30 al 50%. Son suelos fuertemente ácidos, de muy baja fertilidad, que presentan limitaciones para su uso por: inestabilidad, fuertes pendientes, baja fertilidad, acidez y clima de páramo en la parte superior (CIDIAT, 1982).

Uso actual de los suelos

El uso actual de la tierra está íntimamente relacionado con factores como: clima, suelo, pedregosidad y ambientes deposicionales.

El hombre no sólo ha ocupado y utilizado las terrazas que allí existen, ya sea para agricultura o para la construcción de infraestructura, sino que ha ido invadiendo las vertientes, concentrándose en ellas una actividad agrícola que ocasiona grandes problemas erosivos ya que estimula la formación de cárcavas y deslizamientos.

En cuanto a la vegetación natural, es preocupante ver como ha desaparecido, quedando sólo en la parte alta de la vertiente izquierda.

En la Tabla 3, se presentan las principales unidades de uso de la tierra.

Tabla 3. Principales unidades de uso de la tierra observadas en la cuenca del río Aracay.

Unidades de Uso	Superficie ha.
Areas urbanas	8.2
Areas agrícolas	667.94
Areas pecuarias	342.87
Areas boscosas	1.011,50
Matorral	3.529.37
Páramo	1.762,50
Afloramiento rocoso	703.76
Areas críticas de erosión	62,61

FUENTE: CIDIAT, 1982.

CAPITULO III

DESCRIPCION DEL MODELO SWRRB

El modelo SWRRB ha sido desarrollado para la simulación de los procesos hidrológicos y de los procesos relacionados, en cuencas rurales. El objetivo del desarrollo del modelo fue poder predecir los efectos de las diferentes prácticas de manejo, en la producción de agua y sedimentos con una precisión razonable para cuencas sin datos.

Para satisfacer el objetivo, el modelo debe:

- Tener bases físicas y usar variables reales —la calibración no es posible en cuencas sin datos—.

- Ser capaz de calcular los efectos de cambios en las prácticas de manejo.

- Llevar a cabo los cálculos de una manera eficiente como para permitir simular una variedad de estrategias de manejo sin un costo excesivo.

- Ser capaz de operar en cuencas subdivididas en cuanto a suelo, uso de la tierra y otras características haciendo las subdivisiones necesarias.

Los principales procesos incluidos en el modelo son: escorrentía superficial, percolación, flujo de retorno, evapotranspiración, almacenamiento en lagunas y embalses, sedimentación.

El modelo SWRRB está basado en el modelo CREAMS, el cual reúne las partes químicas del agua y del suelo, escorrentía y erosión, causada por los sistemas de manejo agrícola, aplicándolo a áreas pequeñas. No incluye el cálculo de producción de agua y no es aplicable a cuencas complejas, es debido a esto que fue modificado dando como resultado el modelo SWRRB.

Los principales cambios realizados en el modelo de simulación de precipitación diaria fueron:

- La adición de un componente de flujo de retorno.
- La expansión del modelo para permitir el cálculo simultáneo en varias subcuencas para predecir la producción de agua de la cuenca.
- Un componente de almacenamiento en reservorios para ser usado en la determinación de los efectos de lagunas pequeñas y otros tipos de reservorio en la producción de agua.
- El mejoramiento del método para predecir la escorrentía pico.
- La adición de un modelo de simulación del estado atmosférico (Lluvia, radiación solar y temperatura), para proveer largos períodos de simulación con variables más representativas tanto temporales como espaciales.

La incorporación de un componente de tránsito de flujo.

Paralelamente a la determinación de la producción de agua el modelo simula también la producción de sedimento en cuencas rurales, usando para ello la ecuación modificada de pérdida de suelo y un modelo de tránsito de sedimentos.

Debido a la posibilidad de subdividir el área en subcuencas y que cada una de ellas puede usar diferentes datos de lluvia, el modelo no está limitado por área de drenaje. En la dirección vertical el modelo es capaz de trabajar con cualquier modificación en las propiedades del suelo. La profundidad del suelo es dividida en un máximo de 10 estratos.

El modelo consta de dos mil doscientos veinte instrucciones FORTRAN en treinta y una subrutinas.

Descripción del modelo

A continuación se describen las componentes principales del modelo y las relaciones matemáticas usadas para simular los procesos y se presenta el flujograma de funcionamiento del modelo. La descripción de las subrutinas y el flujograma del programa se presentan en el Apéndice 2.

Hidrología

El modelo hidrológico se basa en la ecuación de balance de agua.

$$ST_t = SW + \sum_{i=1}^t (R_i - Q_i - ET_i - O_i - QR_i) \quad (3.1)$$

donde:

ST_t es el balance de agua

SW es el contenido de agua en el suelo a 15 atmósferas

t es el tiempo en días

R_i es el valor diario de precipitación en mm

Q_i es el valor diario de escorrentía en mm

ET_i es la evapotranspiración diaria en mm

O_i es la percolación diaria en mm

QR_i es el flujo de retorno diario en mm

Aunque el modelo mantiene un balance de agua continuo, la cuenca es subdividida para reflejar la diferencia en evapotranspiración para varios cultivos y suelos. De esta forma la escorrentía se calcula en forma separada para cada subcuenca y transitada para obtener la escorrentía total para la cuenca. Esto incrementa la exactitud y da una mejor descripción física del balance de agua.

Volumen de escorrentía superficial

La escorrentía superficial se predice para cada día de lluvia usando la ecuación del número de curva del servicio de conservación de suelos.

$$Q = \frac{(R - 0.2 \times S)^2}{(R + 0.8 \times S)} \quad (3.2)$$

donde:

S es el parámetro de retención o infiltración

Este parámetro de retención se relaciona con el contenido de agua en el suelo mediante la ecuación:

$$S = S_{mx} \left(\frac{UL - SW}{UL} \right) \quad (3.3)$$

donde:

UL es el límite superior de almacenamiento de agua en el suelo, igual a la (posibilidad menos el contenido de agua a 15 atmósferas en la zona radicular).

S_{mx} es el máximo valor de S

El máximo valor de S, S_{mx}, es estimado con la condición de humedad usando la siguiente ecuación del SCS en palabra.

$$S_{mx} = 254 \left(\frac{100}{CN_I} - 1 \right) \quad (3.4)$$

donde:

CN_I es el número de curva para la condición de humedad antecedente I la constante 254 da como resultado S_{mx} en mm.

Para propósitos de cálculo CN_I se relaciona con CN_{II} mediante el polinomio:

$$CN_I = 16.91 + 1.348(CN_{II}) - 0.01379(CN_{II})^2 + 0.0001177(CN_{II})^3 \quad (3.5)$$

Si el agua en el suelo está distribuida uniformemente en el perfil del suelo, la ecuación (3.3) da un buen estimativo del parámetro de retención, así como para la escorrentía. Sin embargo, si el contenido de agua en el suelo es mayor cerca de la superficie la ecuación (3.3) tiende a dar como resultado un valor menor para la escorrentía. Recíprocamente la escorrentía será sobrecalculada si el contenido de agua en el suelo es mayor en la zona radicular baja.

Para estimar la distribución de agua en el suelo ha sido desarrollada una técnica de ponderación. La ponderación del espesor del parámetro de retención es calculado con la ecuación:

$$S = S_{mx} \left(1 - \sum_{i=1}^M W_i \frac{SW_i}{UL_i} \right) \quad (3.6)$$

donde:

W_i es el factor de ponderación

SW_i es el contenido de agua en el estrato i

UL_i es el límite superior de almacenamiento de agua en el estrato i

M es el número de estratos del suelo

El factor de ponderación decrece con la profundidad de acuerdo con la ecuación:

$$W_i = 1.016 \left(\exp\left(-4.16 \frac{Z_i - 1}{RZ}\right) - \exp\left(4.16 \frac{Z_i}{RZ}\right) \right) \quad (3.7)$$

donde:

Z_i es la profundidad en el fondo del estrato i

RZ es la profundidad de la zona radicular

La ecuación (3.7) asegura que $\sum_{i=1}^M W_i = 1$

Tasa de flujo pico

La predicción de la tasa de flujo pico está basada en una modificación de la fórmula racional:

$$q_p = (\rho)(r)(A)/3.6 \quad (3.8)$$

donde:

q_p es la tasa de flujo pico en m^3/s

ρ es el coeficiente de escorrentía que expresa las características de infiltración.

r es la intensidad de precipitación de la lluvia en mm/h para el tiempo de concentración de la cuenca.

A es el área de drenaje en km^2

El coeficiente de escorrentía de la cuenca puede ser calculado a partir de una tormenta si la cantidad de lluvia y escorrentía es conocida.

$$\rho = \frac{Q}{R} \quad (3.9)$$

Como R es dato de entrada y Q es calculado por el modelo, ρ puede ser calculado directamente.

La intensidad de la lluvia puede ser expresada con la relación:

$$r = \frac{R_{tc}}{t_c} \quad (3.10)$$

donde:

R_{tc} es la cantidad de precipitación en mm durante un evento de duración igual al tiempo de concentración.

t_c es el tiempo de concentración en horas

El valor de R_{tc} puede ser estimado desarrollando una relación con la precipitación total. Generalmente R_{tc} y la intensidad máxima para 24 horas son proporcionales para varias frecuencias. De esta manera:

$$R_{tc} = \alpha R_{24} \quad (3.11)$$

donde:

R_{24} es la cantidad de precipitación en mm durante 24 horas.

α es un parámetro adimensional que expresa la proporción de lluvia total que ocurre durante el tiempo de concentración.

La ecuación del flujo pico se obtiene sustituyendo las ecuaciones (3.9), (3.10) y (3.11) en la ecuación (3.8).

$$q_p = \frac{(\alpha)(Q)(A)}{3.6 (t_c)} \quad (3.12)$$

El tiempo de concentración puede ser estimado sumando el tiempo del flujo superficial y el tiempo de flujo en el cauce.

$$t_c = t_{cc} + t_{cs} \quad (3.13)$$

donde:

t_{cc} es el tiempo de concentración de flujo en cauce en horas

t_{cs} es el tiempo de concentración del flujo superficial en horas.

El t_{cc} puede ser calculado usando la ecuación:

$$t_{cc} = \frac{L_c}{V_c} \quad (3.14)$$

donde:

L_c es la longitud promedio del canal para la subcuenca en km.

V_c es la velocidad promedio en el canal en m/s.

La longitud promedio del cauce puede ser estimada usando la ecuación:

$$L_c = \sqrt{(L)(L_{ca})} \quad (3.15)$$

donde:

L es la longitud desde el punto más distante hasta la salida de la subcuenca en km.

L_{ca} es la distancia a través del canal hasta el centro de la subcuenca en km.

La velocidad promedio puede ser estimada usando la ecuación de MANNING considerando un canal trapezoidal con pendiente 2:1 de sus taludes y 10:1 de ancho de fondo y profundidad. Haciendo las sustituciones necesarias de estas consideraciones da la siguiente ecuación:

$$t_{cc} = \frac{\sqrt{L \times L_{ca}} \times (n)^{.75}}{0.489 \times (q_c)^{.25} (\Omega)^{.375}} \quad (3.16)$$

donde:

n es la rugosidad n de MANNING

q_c es la tasa promedio de flujo en m^3/s .

Ω es la pendiente promedio del canal en m/m

Considerando

$$L_{ca} = 0.5L \quad (3.17)$$

y que la tasa promedio de flujo es aproximadamente 6.35 mm/h, siendo una función de la raíz cuadrada de la producción del área drenada. La ecuación final para el tiempo de concentración en el cauce sería:

$$t_{cc} = \frac{1.1 \times L \times (n)^{.75}}{(A)^{.125} (\Omega)^{.375}} \quad (3.18)$$

Un enfoque similar es usado para estimar t_{cs}

$$t_{cs} = \frac{\lambda}{V_s} \quad (3.19)$$

donde:

λ es la longitud de pendiente en m

V_s es la velocidad del flujo superficial en m/s.

Considerando una faja de un metro de ancho en sentido de la pendiente y aplicando la ecuación de MANNING:

$$V_s = \frac{(q_s)^{.4} (S)^{.3}}{n^{.6}} \quad (3.20)$$

donde:

S es la pendiente del terreno en m/m

q_s es la tasa promedio de flujo superficial

Asumiendo que la tasa promedio de flujo pico es aproximadamente 6.35 mm/h y haciendo las sustituciones en las ecuaciones (3.19) y (3.20) para convertir de m³/s a mm/h y de segundos a horas se obtiene la ecuación para estimar t_{CS} como sigue:

$$t_{CS} = \frac{(\lambda \times n)^{\cdot 6}}{28 (S)^{\cdot 3}} \quad (3.21)$$

Aunque algunas de las consideraciones usadas en el desarrollo de las ecuaciones (3.18) y (3.21) pueden parecer liberales, la ecuación (3.13) generalmente da resultados satisfactorios para cuencas con áreas mayores de 250 km², en vista de que las ecuaciones (3.18) y (3.21) están basadas en consideraciones hidráulicas, son más confiables que las ecuaciones netamente empíricas.

Para la evaluación del parámetro α de la ecuación 3.12, las variaciones en el patrón de lluvias deben ser consideradas, ya que algunas tormentas tienen duración corta y la mayoría o toda la lluvia ocurre durante el período t_c , lo que hace que α se aproxime al límite superior. Otras tormentas tienen una intensidad uniforme que causa que α se aproxime al mínimo valor.

Todos los otros casos tienen valores más altos de α cuando la tormenta es uniforme, debido a que r_{tC} es mayor que r_{24} para todos los casos exceptuando cuando la tormenta es uniforme.

Sustituyendo el producto de intensidad por tiempo en la ecuación (3.11), se encuentra una expresión para el valor mínimo de α .

$$C_{mm} = \frac{t_c}{24} \quad (3.22)$$

De esta forma el rango de α sería:



$$\frac{t_c}{24} < \alpha < 1.0$$

El pico de la distribución de α cambia para cada mes debido a las diferencias de intensidad para cada estación.

La frecuencia de las intensidades máximas de 0.5 horas de duración, se estima usando la ecuación:

$$F = \frac{1}{2\tau} \quad (3.23)$$

donde:

F es la frecuencia de ocurrencia de un evento determinado de un total de τ eventos.

El número total de eventos es el producto del número de años de registro por el número promedio de eventos de precipitación en el mes. Para estimar el valor medio de α correspondiente a una duración de 0.5 horas ($\alpha.5$), es necesario estimar el valor de precipitación para la misma duración ($R.5$); este valor puede calcularse fácilmente si se asume que la máxima cantidad de precipitación en 0.5 horas se distribuye en forma exponencial, de esta forma la expresión para el valor medio de 0.5 horas es:

$$\bar{R}_{.5,j} = \frac{R_{.5,F,J}}{-\ln F_J} \quad (3.24)$$

donde:

$\bar{R}_{.5,j}$ es el valor medio máximo para .5 horas en mm

$R_{.5,F,J}$ es el valor máximo para .5 horas, para una frecuencia F en mm, el subíndice J se refiere al mes.

El valor medio de $\alpha.5$ se calcula entonces con la ecuación.

$$\alpha.5, J = \frac{\bar{R}.5, J}{\bar{R}_J} \quad (3.25)$$

donde:

\bar{R}_J es el valor medio de precipitación para cada evento en mm, el sub índice J se refiere al mes.

Los valores diarios de $\alpha.5$ son generados a partir de dos parámetros de la distribución Gamma. La base de esta distribución se establece examinando los límites superior e inferior de $\alpha.5$. El valor mínimo se determina con la ecuación (3.22); ésta da un valor de .5/24 ó 0.0208. El límite superior se establece considerando un evento de precipitación largo, lo que es bastante diferente a que toda la precipitación ocurra en .5 horas, por lo tanto se considera un valor alto de r_p ; 250 mm/h es generalmente cercano al límite superior de intensidad de precipitación .

La relación entre la tasa máxima de flujo pico (250 mm/h) y el límite superior de $\alpha.5$ puede obtenerse asumiendo que la tasa de precipitación sigue una distribución exponencial.

$$r = r_p e^{-t/k} \quad (3.26)$$

donde:

r es la tasa de precipitación en el tiempo t en mm/h

r_p es la tasa pico de precipitación en mm/h

k es la constante de declinación

La ecuación (3.26) no considera la secuencia de las tasas de precipitación.

Para calcular el valor de r_p se integra la ecuación (3.26)

$$R = r_p \times k \quad (3.27)$$

como:

$$R_t = R (1 - \exp(-t/k)) \quad (3.28)$$

Sustituyendo las ecuaciones (3.25) y (3.27) en la ecuación (3.28):

$$r_p = -2R \ln (1 - \alpha.5) \quad (3.29)$$

Finalmente la expresión para el límite superior de α se obtiene asumiendo r_p igual a 250 mm/h.

$$\alpha.5U = 1 - \exp(-125/R) \quad (3.30)$$

El valor pico de la distribución Gamma de $\alpha.5$ puede ser calculado mediante diferenciación de la función Gamma y haciendo el resultado igual a cero:

$$\alpha.5_{P,J} = \frac{\alpha.5_{J} (U - 1)}{U} \quad (3.31)$$

donde:

$\alpha.5_{P,J}$ es el valor pico de la distribución Gamma

U es el parámetro de forma de la distribución Gamma (un valor de 10 es generalmente satisfactorio).

Tránsito del Flujo

El modelo usa un método simple de tránsito de flujo para estimar mejor el flujo diario a la salida de la cuenca. Sin un tránsito dicho flujo se tendría que estimar sumando los valores a la salida de cada subcuenca.

Para subcuencas con tiempos de viaje largos hasta la salida de la cuenca, el flujo se retrasa y la tasa de flujo pico es atenuada considerablemente. Por ello, el tránsito del flujo es requerido para simular de manera más realista el flujo en cuencas grandes y complejas.

Los hidrogramas deben ser calculados a la salida de las subcuencas con el fin de proveer los datos para el modelo de tránsito. Puesto que la tasa de flujo pico y el volumen de escorrentía puede ser calculado para cada subcuenca usando las ecuaciones (3.12) y (3.2) sólo es necesario la forma del hidrograma.

El modelo SWRRB supone un hidrograma triangular y calcula la base del hidrograma usando la ecuación:

$$tb_i = \frac{2Q_i}{q_{pi}} \quad (3.32)$$

donde:

tb_i es el tiempo base del hidrograma triangular y el subíndice i se refiere a las subcuencas.

Para transitar el hidrograma aguas abajo, un método de tránsito que considere la variación en el tiempo de viaje con la profundidad del flujo se hace necesario. Puesto que el modelo SWRRB es principalmente un simulador de producción de agua y sedimento, un alto grado de exactitud en la predicción de los hidrogramas no es tan necesario como para otras aplicaciones como sería para la planificación del control del flujo y el pronóstico del mismo.

El modelo SWRRB debe operar lo más eficientemente posible por ser usado en la planificación del recurso agua, lo que requiere muchas simulaciones con las diferentes estrategias de manejo.

Por esto un metodo corto de tránsito de flujo, basado en el tiempo de viaje para la tasa de flujo pico y para la tasa mínima de flujo (aproximadamente 0.1 del flujo pico) es desarrollado. La única información que necesita es el ancho superior, el ancho de fondo, la profundidad, pendiente, longitud y la rugosidad n de Manning del cauce. Estos valores van a representar la condición promedio del canal desde la salida de la subcuenca hasta la salida de la cuenca.

Con esta información el modelo calcula la tasa de flujo y la velocidad usando la ecuación de Manning considerando el cauce lleno. Este cálculo se repite para una profundidad de 0.1 de la profundidad máxima.

El tiempo de viaje se relaciona con el flujo usando la ecuación no lineal:

$$TT = \Psi_1 * q^{\Psi_2} \quad (3.33)$$

donde:

TT es el tiempo de viaje desde la salida de la subcuenca hasta la salida de la cuenca en horas

q es la tasa de flujo en m^3/s

$\Psi_1 \Psi_2$ son parámetros determinados para cada subcuenca usando los valores de TT y q calculados para una profundidad máxima y para 0.1 de la profundidad máxima.

Con la ecuación (3.33) se calcula el tiempo de viaje para el flujo pico y para 0.1 del flujo pico. El hidrograma triangular para la subcuenca es retardado al comenzar a ascender y al llegar al punto más alto en el tiempo pico, en una magnitud igual al tiempo de viaje de la tasa de flujo pico.

La base del hidrograma es expandida por la diferencia entre el tiempo de viaje de $0.1 q_p$ y el tiempo de viaje para q_p usando la ecuación:

$$t_{bo} = t_b + TT_{.1q_p} - TT_{q_p} \quad (3.34)$$

donde:

t_{bo} es la base del hidrograma a la salida de la cuenca en horas

t_b es el tiempo base a la salida de la subcuenca en horas

$TT_{.1q_p}$ es el tiempo de viaje para $0.1 q_p$ en horas

TT_{q_p} es el tiempo de viaje para q_p en horas

La tasa pico a la salida de la cuenca es calculada usando la ecuación del hidrograma triangular.

$$q_{p_o} = \frac{2Q}{t_{b_o}} \quad (3.35)$$

donde:

q_{p_o} es la tasa de flujo pico en m^3/s

Q es la escurrentía individual para una subcuenca a la salida de la cuenca en m^3 .

Los hidrogramas de las subcuencas son sumados para estimar el hidrograma a la salida de la cuenca.

La tasa de flujo pico mensual se determina para ser usada en el desarrollo de la distribución de frecuencia de flujo pico. Esta distribución es útil para comparar resultados similares con nuevas medidas en la cuenca o para cuencas similares. La distribución de frecuencia del volumen de escurrentía a nivel diario y mensual es usada también para chequear los resultados del modelo.

El propósito principal de estimar el volumen de escorrentía es determinar la producción de agua por la cuenca. Otro propósito importante es que el volumen de escorrentía y el flujo pico son usados para calcular la producción de sedimentos.

Producción de Sedimentos

Producción por subcuenca

La producción de sedimentos es calculada para cada subcuenca usando la ecuación modificada de pérdida de suelo (MUSLE).

$$Y = 11.8 (V \times q_p)^{.56} \times K \times C \times P \times LS \quad (3.36)$$

donde:

Y es la producción de sedimentos de la subcuenca en el tiempo t en toneladas.

V es el volumen de escorrentía superficial en m³

q_p es la tasa de flujo pico para la subcuenca en m³/s.

K es el factor de erodabilidad del suelo

C es el factor de cobertura y manejo

P es el factor de práctica de cultivo

LS es el factor de longitud de pendiente y gradiente de pendiente

La pendiente promedio del terreno para la subcuenca puede ser estimada mediante el método de la malla-contorno usando las ecuaciones:

$$S_d = (N_d \times D_I) / L_G d \quad (3.37)$$

$$S = \sqrt{S_L^2 + S_W^2} \quad (3.38)$$

donde:

- Sd es la pendiente en una dirección de la malla
- Nd es el número total de curvas de nivel que atraviesa las líneas de la malla en la dirección d
- DI es el intervalo entre líneas de contorno.
- LGd es la longitud total de las líneas de la malla dentro de la subcuenca en la dirección d en mm
- S es la pendiente promedio de la subcuenca en mm
- SL es la pendiente en una dirección de la malla
- SW es la pendiente en otra dirección de la malla

La longitud promedio de pendiente se calcula para cada subcuenca por el método de los puntos extremos de contorno usando la ecuación:

$$\lambda = \frac{LC \times LB}{2 \times EP \sqrt{LC^2 - LB^2}} \quad (3.39)$$

donde:

- LC es la longitud total de las curvas de nivel
- LB es la longitud total de las curvas bases
- EP es la cantidad total de puntos extremos

Para la utilización de esta fórmula se consideraron tres curvas de nivel para cada subcuenca, siendo éstas ubicadas a 25, 50, 75 del desnivel total de la subcuenca.

El factor LS es calculado por la ecuación:

$$LS = \left(\frac{\lambda}{22.1} \right)^E (65.48S^2 + 4.565S + 0.065) \quad (3.40)$$

Donde el exponente ϵ varía con la pendiente y es calculado por el programa con la ecuación:

$$\epsilon = 0.6 (1 - \exp(-35.835S)) \quad (3.41)$$

Los demás factores de la ecuación modificada de pérdida de suelo son determinados a partir de las tablas que se presentan en el Apéndice 1.

Tránsito de sedimentos en lagunas y embalses

La producción de sedimentos que afecta las lagunas y embalses es calculada usando la ecuación MUSLE descrita anteriormente. La salida o cantidad de sedimentos proveniente de lagunas y/o reservorios es calculada con la ecuación:

$$Y = C_0 \times Q_0 \quad Q_0 > 0 \quad (3.42)$$

$$Y = 0 \quad Q_0 = 0$$

donde:

Y es la cantidad de sedimentos provenientes de lagunas y reservorios en el tiempo t en toneladas

C_0 es la concentración de sedimentos en ton/m^3

Q_0 es el flujo que sale de las lagunas y/o reservorios en m^3/s

La concentración en el flujo es una función de la concentración en lagunas y/o reservorios al comienzo y al final del día.

$$C_0 = (CS_1 + CS_2)/2 \quad (3.43)$$

donde:

CS_1 y CS_2 son las concentraciones en lagunas y/o reservorios al comienzo y al final del día en ton/m^3

La concentración inicial en lagunas y/o reservorios es un dato de entrada del modelo.

La concentración de los aportes puede ser calculada cuando Y y Q han sido simulados, pero la concentración final en lagunas y/o reservorios no es conocida, puede ser calculada por la ecuación:

$$VM_2 CS_2 = VM CS_1 + QIc_I - QO_{CO} \quad (3.44)$$

donde:

VM_1 y VM_2 son los volúmenes de almacenamiento en L/E al comienzo y al final del día en m^3

QI es el volumen de los aportes en m^3

c_I es la concentración de los aportes en t/m^3

Combinando la ecuación (3.43) y la ecuación (3.44) y reestructurándola, la expresión para la concentración final sería:

$$CS = \frac{VM_1 CS_1 + QIc_I - \frac{QO}{2} CS_1}{VM_2 + QO/2} \quad (3.45)$$

Entre tormentas la concentración final en lagunas y/o reservorios decrece hasta la concentración de equilibrio de acuerdo con la ecuación:

$$CS = (CS_2 - C_{Se}) \exp(-K_S \times t \times D_{50}) + C_{Se} \quad (3.46)$$

donde:

CS es la concentración en lagunas y/o reservorios t días antes que el valor de CS_2 sea calculado

- K_S es una constante de declinación
- D_{50} es el diámetro medio de las partículas del aporte de sedimentos en μm
- C_{Se} es la concentración de equilibrio en lagunas y/o reservorios
- K_S es evaluado asumiendo que el 99% de las partículas de $1 \mu\text{m}$ han sido removidas en 25 días (K_S igual a 0.184)

Canales y vertientes

El modelo de tránsito en canales y en las vertientes está compuesto por dos componentes que operan en forma simultánea: deposición y degradación. La ecuación de deposición es:

$$C_{DP} = C_I \exp(-K_d \times F_I \times \sqrt{D_{50}}) \quad (3.47)$$

donde:

- C_{DP} es la concentración de sedimentos después de la deposición entre la salida de la subcuenca y la salida de la cuenca.
- C_I es la concentración de sedimentos en el flujo de salida de la subcuenca
- K_d es la constante de deposición (aproximadamente igual a 0.01).
- F_I es el tiempo de viaje desde la salida de la subcuenca hasta la salida de la cuenca
- D_{50} es el diámetro medio de las partículas de sedimento de la subcuenca en μm

La ecuación de degradación es:

$$C_{DG} = (C_U - C_I) (1 - \exp(-K_e \times F_T \times q_p / \sqrt{D_{50}})) \quad (3.48)$$

donde:

C_{DG} es la concentración de sedimento después de la deposición de sedimentos y la degradación en canales y vertientes.

C_U es el límite superior de concentración de sedimento en el flujo (aproximadamente $.25 \text{ Ton/m}^3$)

K_e es la constante de degradación (aproximadamente 2.788×10^{-4})

q_p es la tasa de flujo pico de la subcuenca expresada en mm/h

La concentración a la salida de la cuenca se obtiene sumando los resultados de las ecuaciones (3.47) y (3.48).

$$C_o = C_{DP} + C_{DG} \quad (3.49)$$

La producción de sedimentos de la cuenca es el producto de la concentración de sedimentos, C_o , y el volumen de flujo a la salida Q .

Las funciones de tránsito de sedimentos (ecuaciones 3.47 y 3.48) proveen un mecanismo simple para transportar sedimentos de una manera realista. La deposición es mayor cuando la concentración de sedimento de diámetro grande es alta y permanece en el flujo por largos períodos de tiempo. Por el contrario, la degradación puede ser insignificante para estas condiciones.

La degradación comienza a ser dominante cuando agua relativamente limpia fluye en grandes cantidades por períodos de tiempo largos.

CAPITULO IV

APLICACION DEL MODELO

Para la aplicación del modelo se debe tener en cuenta las siguientes opciones:

- La precipitación y la temperatura pueden ser leídas o generadas in dependientemente.

- Se debe especificar si se quieren los resultados de forma diaria, mensual o anual.

- La cuenca puede ser dividida en cinco subcuencas como máximo, basándose en: suelos, uso de la tierra, topografía, vegetación, precipitación, temperatura.

- Puede usarse un máximo de diez estratos en el perfil del suelo.

- El estado inicial de agua en el suelo puede ser leído o estimado.

- Las lagunas y los reservorios son simulados.

- Las fechas de siembra y cosecha son especificadas por el usuario.

El modelo requiere de información detallada y precisa, la descripción de los datos, incluyendo la definición de variables, formato y rango típico se muestra en el Apéndice 2.

A continuación se ilustra el procedimiento seguido para obtener los datos que no se encuentran tabulados. Para esta ilustración se tomó el caso de la cuenca del río Mucujún subdividida en cinco subcuencas. Los cálculos para la misma cuenca subdividida en tres y ocho subcuencas, así como los cálculos para la cuenca del río Aracay y los mapas se presentan en el Apéndice 1.

Luego de ubicar las estaciones meteorológicas influyentes en el área, se procedió a calcular las intensidades máximas para 0.5 y 6 horas de duración, para encontrar el valor correspondiente a un período de retorno

de diez años. Para ello, se consideraron los datos de la estación Hacienda El Carmen, por ser ésta la más completa de las tres estaciones ubicadas dentro del área de estudio.

Los máximos valores registrados para el período de tiempo considerado se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Máximos valores de precipitación registrados en la estación Hacienda El Carmen para las duraciones de 0.5 y 6 horas.

Año	Duración (horas)	
	0.5	6
1978	35,3	87,3
1979	29,5	61,4
1980	28,2	57,2
1981	38,2	61,3
1982	25,1	65,5
1983	28	66,1

Con estos valores se realizó un análisis de frecuencia extrema tipo I para determinar la intensidad correspondiente al período de retorno considerado.

Las ecuaciones usadas para ello fueron:

$$P(X \leq x) = \{ -e^{-\alpha(x - \beta)} \} \quad (4.1)$$

$$\alpha = \frac{1.281}{Sx} \quad (4.2)$$

$$\beta = \bar{X} - 0.4506 S_x \quad (4.3)$$

$$\frac{1}{T_r} = 1 - e^{-e^{-\alpha(x - \beta)}} \quad (4.4)$$

donde:

$P(X \leq x)$ es la distribución de probabilidad acumulada

α es un parámetro de la distribución

S_x es la desviación típica de los datos

β es un parámetro de la distribución

\bar{X} es el valor medio de los datos

T_r es el período de retorno

Los resultados obtenidos se presentan en las tablas 5 y 6.

Tabla 5. Valores obtenidos de los parámetros de la distribución para las duraciones consideradas

Parámetros	Duración (horas)	
	0.5	6
\bar{X}	30.72	66.47
S_x	4.54	9.78
α	0.282	0.131
β	28.68	62.069

Tabla 6. Intensidades máximas de precipitación en mm para diferentes períodos de retorno

Períodos de retorno	Duración (horas)	
	0.5	6
5	33.99	73.52
10	36.66	79.25
25	40.022	86.49

Para la determinación de los parámetros de generación, a partir de los datos de precipitación diaria obtenida para el período de 6 años en la estación Hacienda El Carmen, se calcularon las probabilidades mensuales de tener un día húmedo después de un día seco, sumando los días de lluvia después de un día seco para cada mes de cada año y dividiéndolo entre el número total de días para el mes considerado, tomando todo el período de registro. De una forma similar se calculó la probabilidad de tener un día húmedo después de un día húmedo, pero para este caso se sumaron los días de lluvia después de un día de lluvia para cada mes de cada año y dividiéndolo entre el número total de días para el mes. Estos resultados se presentan en la Tabla 7. También fueron calculados a partir de los registros diarios de precipitación la media, desviación estándar y coeficiente de variación, los cuales se presentan en la Tabla 8.

Tabla 7. Probabilidades mensuales de tener un día húmedo después de un día seco (H/S) y a tener un día húmedo después de un día húmedo (H/H)

Probabilidad	M E S E S											
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
H/S	0.9677	0.13609	0.11290	0.8889	0.1344	0.1444	0.23118	0.18280	0.18333	0.15054	0.13889	0.12903
H/H	0.14516	0.28402	0.29570	0.71111	0.63441	0.54444	0.34409	0.46774	0.51667	0.51613	0.41667	0.30645

Tabla 8. Media desviación estándar y coeficiente de variación de los registros diarios de precipitación para el período de 1978-1983.

Estadísticos	M E S E S											
	Ene	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
\bar{X}	1.956	3.350	3.847	11.144	9.413	4.702	2.812	4.531	7.201	7.165	5.895	3.743
ox	6.534	8.425	7.697	11.637	13.941	7.463	6.56	7.839	11.131	10.98	10.503	8.863
C	5.192	4.23	3.039	1.193	2.767	2.361	5.834	3.095	2.128	2.148	2.61	3.759

Los datos de temperatura requeridos por el modelo fueron determinados usando los registros de temperaturas máximas y mínimas para el mismo período y de la misma estación. Los valores promedio se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9. Promedios máximos y mínimos mensuales del aire para la estación Hacienda El Carmen.

Promedios	M E S E S											
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Máx	22.48	22.93	23.0	22.0	22.23	22.77	23.48	23.4	20.96	22.08	22.16	21.73
Mín	7.0	7.2	7.47	7.45	9.90	9.83	9.44	9.76	8.12	9.32	8.8	7.5

La pendiente general del cauce se determinó haciendo un perfil del río, las pendientes del cauce para cada subcuenca se determinaron considerando el punto extremo del cauce en la subcuenca y el punto a la salida de la misma, estos resultados se presentan en la Tabla 10.

La longitud del cauce desde el punto más alejado hasta la salida de la subcuenca, se determinó tomando el punto más alejado del cauce para cada subcuenca hasta la salida de la subcuenca. Los valores se presentan en la Tabla 11.

Tabla 10. Pendiente promedio del cauce para cada subcuenca.

Subcuenca	Distancia (m)	Desnivel (m)	P (%)
1	8.175	900	11
2	2.975	375	13
3	3.425	350	10
4	8.200	675	8.2
5	4.725	300	6.4

Tabla 11. Longitud del cauce desde el punto más alejado hasta la salida de la subcuenca

Subcuenca	Longitud (km)
1	8
2	3.5
3	3.5
4	8
5	4.5

Fue necesario calcular el tiempo de viaje de la salida de las subcuencas hasta la salida de la cuenca, para ello se usó la fórmula del tiempo de concentración:

$$T_c = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{.385} \quad (4.5)$$

donde:

T_c es el tiempo de viaje de la salida de las subcuencas hasta la salida de la cuenca.

L es la longitud desde la salida de la subcuenca hasta la salida de la cuenca en m.

H es el desnivel entre la salida de la subcuenca y la salida de la cuenca en m.

Estos resultados se presentan en la Tabla 12:

Tabla 12. Tiempo de viaje de la salida de las subcuencas hasta la salida de la cuenca.

Subcuenca	Longitud m	Desnivel m	T _c min.	T _c h
1	19.500	1.775	91.865	1.64
2	16.000	1.325	87.85	1.46
3	12.750	975	76.06	1.27
4	4.900	300	39.66	0.66

Para la determinación del subfactor longitud de pendiente de la ecuación modificada de pérdida de suelo se usó la ecuación:

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.1} \right)^m \quad (4.6)$$

donde:

λ es la longitud estimada de la pendiente uniforme en metros

m es un exponente influenciado por la interrelación entre la longitud y el grado o inclinación de la pendiente. m es igual a 0.5 si la pendiente es mayor o igual a 5%, 0.4 para pendientes entre 3.5% y 4.5%; 0.3 para pendientes menores de 1%. Para pendientes mayores del 10% m es igual a 0.6

Para el cálculo de λ se usó el método de los puntos extremos de contorno propuesto por Williams y Berndt (1977).

$$\lambda = \frac{LC \times LB}{2 \times EP \sqrt{LC^2 - LB^2}} \quad (4.7)$$

donde:

LC es la longitud del contorno o curva de nivel

LB es la longitud de la línea de contorno base

EP es el número de puntos extremos de contorno.

Para la aplicación de la ecuación (4.7) se consideraron sólo tres curvas de nivel, ubicadas éstas a 25, 50 y 75 por ciento del desnivel total de la subcuenca, y se sumaron los valores correspondientes a LC, LB, EP, de cada curva de nivel considerada, para así tener un valor total de estas variables y aplicar la ecuación (4.7).

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 13:

Tabla 13. Valores de longitud de pendiente para cada subcuenca

Subcuenca	Longitud de cont. total	Longitud de la línea base T.	Número de punt Ext.	λ	L
1	33.7	23.55	142	116	2.704
2	25.6	15.4	145	66.48	1.936
3	30.4	22.0	168	94.88	2.397
4	44.55	34.1	240	110.4	2.625
5	39.15	25.8	158	108.6	2.599

Para la determinación del subfactor gradiente o inclinación de la pendiente se utilizó el método de la malla propuesta por Williams y Berndt (1977).

Usando las ecuación:

$$S_d = N_d \times H/D_d \quad (4.8)$$

$$S = \sqrt{S_L^2 + S_w^2}$$

donde:

S_d es la pendiente en cualquier dirección

N_d es el número total de curvas de nivel que atraviesan todas las líneas en una dirección

H es el desnivel entre curvas

D_d es la longitud total de las líneas en una dirección

S es el promedio de la pendiente de la subcuenca

S_L es la pendiente calculada con la ecuación 4.8 en una dirección de la malla

S_w es la pendiente en la otra dirección de la malla calculada con la misma ecuación

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 14.

Para la determinación del factor de erodabilidad del suelo, K , se tomó como referencia el estudio de suelos realizado por Jaimes (1982) para la cuenca del río Mucujún.

Los valores de K se obtuvieron del Nomograma que se presenta en el Apéndice 1.

Tabla 14. Valores promedios de las pendientes de las subcuencas

Subcuenca	S (m/m)
1	0.23
2	0.25
3	0.30
4	0.29
5	0.30

El mismo estudio de suelos fue usado para la determinación de estratos de suelo y sus características para cada subcuenca.

CAPITULO V

ANALISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se presenta un análisis de los resultados obtenidos en la implementación del modelo y en la aplicabilidad del mismo sobre las cuencas en estudio.

Implementación del modelo

El modelo presenta una seria limitación en cuanto a los datos que requiere como entrada, debido a que en el país no se encuentran registros de algunos de ellos, por lo que se hace necesario recurrir a tablas hechas para otros países o considerar valores para condiciones similares.

Requiere información muy detallada de las características de los suelos para cada estrato, información ésta difícil de conseguir a nivel de cuenca porque se requieren bastantes mediciones en el campo para obtener valores representativos de las subcuencas o cuencas; en vista de esta dificultad para encontrar la información, se usan valores estimados. Las características de los suelos para un punto determinado de la subcuenca se generaliza para la subcuenca. Esto conlleva a suponer las características de los suelos constantes para toda el área de la subcuenca, cuando en realidad pueden variar.

El funcionamiento del modelo es bastante complejo ya que abarca muchas variables las cuales no intervienen en los cálculos fundamentales del modelo, tal es el caso por ejemplo del cálculo de la temperatura en el fondo de los estratos y el cálculo de las unidades de calor requeridas para el período de siembra. También existen variables requeridas como dato de entrada que son muy difíciles de determinar y que tienen poco peso o ninguno sobre los resultados; este es el caso del tiempo de viaje del flujo de retorno y la concentración de sedimentos en dicho flujo.

Sólo considera un cultivo para cada subcuenca y un solo período de siembra durante el año. Esto que no permite representar las condiciones reales, ya que en una misma subcuenca pueden existir y de hecho, para los casos en estudio, existen diferentes cultivos o diferentes usos de la tierra. Además, el modelo considera que toda el área está bajo cultivo, esto afecta la determinación de los factores C y P ya que se deben ponderar con respecto a las áreas que realmente están dedicadas a cultivos o poseen una cobertura en particular, y se debe considerar que la práctica es constante para todo el período de siembra y el período de simulación y que el tipo de cobertura no varía en todo el período de simulación. Esta situación conlleva a una subestimación o a una sobreestimación de la producción de sedimentos.

Fue necesario hacer un cambio en el modelo, para el cálculo de la cantidad o del tipo de cobertura, ya que originalmente el modelo trabajaba con una función de crecimiento de la biomasa, función ésta que estaba directamente relacionada con la cantidad de materia residual que cubre el terreno antes de la siembra, el modelo trabajaba con un valor constante y se calculaba un nuevo valor de C que variaba cada día, llegándose a obtener valores muy altos que correspondían a condiciones bastante diferentes a las de la zona. Debido a esto, tanto la función de crecimiento del cultivo como las constantes corresponden a condiciones específicas de lugares en Estados Unidos.

Antes de hacer la referida modificación, se probó con datos de materia residual para condiciones tropicales, presentado por Cortés y Malagón (1983); sin embargo, estos valores corresponden a zonas de vida muy definidas, por lo tanto si se consideran estos valores constantes para toda el área, no se representarían las condiciones reales, porque se estaría suponiendo que sobre toda el área existe una cantidad de materia residual constante. Esto a su vez afecta considerablemente el resultado de la producción de sedimento, aumentándola hasta valores muy altos, debido a que bajo este supuesto el valor de C resultaría alto, correspondiendo a poca cobertura sobre el terreno, no siendo representativo de las características de la zona.

Se optó por tomar un valor promedio ponderado de C para cada subcuenca y para todo el período, considerando los diferentes usos de la tierra y el porcentaje de área, como valor representativo de las condiciones reales en el área,

El tiempo requerido para una corrida del modelo en la computadora HP-1000 del CIDIAT es variable, oscila entre 3 a 10 minutos, dependiendo del período de registro o del período a simular y del número de subcuencas, (5 como máximo), si se aumenta el número de subcuencas el tiempo de ejecución aumenta considerablemente, aproximadamente 30 a 50 minutos por corrida.

Se hizo un cambio de dimensionamiento de las variables para poder trabajar con más de cinco subcuencas. El nuevo dimensionamiento fue para 8 subcuencas porque fue imposible hacerlo para un número mayor, por limitación de la capacidad de memoria del computador. Se observó que al correr el modelo, con el nuevo dimensionamiento, con un archivo de cinco o tres subcuencas el tiempo era aproximadamente el mismo que si se tratara de ocho subcuencas, esto es debido a que el tiempo de corrida depende de la memoria reservada, aún cuando la memoria requerida sea menor que la memoria reservada.

Cuenca del río Mucujún

Con la información correspondiente a la cuenca del río Mucujún se prepararon tres archivos de datos, el primero de ellos considerando toda el área de la cuenca, dividida en cinco subcuencas; el segundo archivo considera toda el área dividida en ocho subcuencas; el tercero considera sólo el área intervenida, que corresponde aproximadamente a un 19% del área total, esta área intervenida cubre la parte central de la cuenca, a lo largo del cauce y la intervención incluye cultivos, zonas de pastoreo y viviendas. Para los tres archivos se considera el mismo período de registro, 1978-1982.

El valor correspondiente al tipo de cobertura C se ponderó con respecto al área cubierta con los diferentes tipos de cobertura; es por ello

que como más del 50% del área corresponde a bosque y matorral los valores obtenidos de C fueron bajos. Debido a que en la zona no se sigue una práctica de cultivo uniforme para toda el área cultivable. Ya que existen algunos sectores, que si usan alguna de ellas, mientras que en otros sectores no se utiliza ninguna práctica, se optó por considerar como condición inicial, que en el área de la cuenca no se utiliza ninguna práctica de cultivo ($P = 1$).

A continuación se presenta un resumen anual de los resultados obtenidos en la producción de sedimentos, para el período de registro y para los tres archivos.

Tabla 15. Producción de sedimento anual, para los tres archivos, correspondientes al período 1978-1982.

Archivo Nº de Subcuenca	Producción de sedimento en Ton/ha.				
	1978	A 1979	N 1980	O 1981	S 1982
5	17.05	36.4	11.2	22.56	14.92
8	23.35	45.11	15.32	31.07	19.76
3	2.72	6.02	1.85	3.32	2.25

La diferencia entre los resultados obtenidos entre el archivo de 5 y el de 8 subcuencas es debida a que al dividir la cuenca en ocho subcuencas, los tramos a ser transitados son más cortos, lo que permite que los resultados sean más precisos; sin embargo, se consideraron los resultados del archivo de 5 subcuencas como aceptables ya que el tiempo requerido para la ejecución del archivo de ocho subcuencas resulta un factor limitante para poder realizar las diferentes pruebas. Es de hacer notar que sólo es posible considerarlos como aceptables, puesto que no existen mediciones de sedimentos para ese período. Sólo se tienen algunas mediciones puntuales para 1965 citadas por González Villa (1984).

Es posible observar por los resultados obtenidos que la producción de sedimentos correspondientes a la zona intervenida, archivo 3, es aproximadamente el 16% de la producción total de la cuenca. Estos resultados pueden estar influenciados por la pendiente, ya que la zona intervenida es la de menor pendiente en la cuenca.

También se observa que la producción de sedimento es mayor para los meses de abril y mayo, octubre y noviembre, lo que corresponde a los períodos de lluvia; para los años 1981 y 1982 es cuando ocurre la máxima producción de sedimentos de lluvia, tal como se presentan en la Tabla 16.

A partir de esos valores es posible obtener un estimado de los costos que ocasionan los sedimentos en la planta de tratamiento del INOS, en base a información obtenida de ese instituto en lo relacionado a aditivos químicos y costos de remoción de material en el sitio donde está ubicada la toma, estos resultados se presentan en la Tabla 17.

Tabla 16. Producción de sedimentos mensuales para el período 1978-1982

Meses	Producción de sedimentos Ton/há				
	A Ñ O				
	1978	1979	1980	1981	1982
Enero	0.0	0.0	0.02	0.02	0.33
Febrero	0.0	0.47	0.14	0.66	0.49
Marzo	0.11	2.90	0.23	2.10	1.79
Abril	7.82	4.42	3.4	4.74	6.19
Mayo	1.95	13.93	1.33	5.93	1.85
Junio	0.21	6.38	0.91	1.26	0.15
Julio	0.06	1.27	0.07	0.0	0.0
Agosto	0.08	0.35	0.40	0.67	0.21
Septiembre	3.65	1.11	1.17	2.35	0.89
Octubre	2.57	2.74	2.37	3.79	1.76
Noviembre	0.52	2.06	1.15	0.75	1.19
Diciembre	0.09	0.77	0.01	0.26	0.09

Tabla 17. Estimación aproximada de costos mensuales ocasionados a la planta de tratamiento del INOS por aditivos químicos.

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Costo Bs x 10 ³	174.660	192.433	174.592	222.011	218.559	159.553	152.40	191.421	230.106	281.076	226.92	159.86

Como se observa los costos para abril y mayo, septiembre, octubre y noviembre son los más altos, coincidiendo con los meses de período de lluvia. Estos costos fueron calculados solamente en función de la cantidad de aditivos químicos y de los costos de estos aditivos. Esto es debido a que en la planta de tratamiento se trabaja en función del grado de turbidez y el color y no se tienen registros de concentraciones de sedimentos mínimas o máximas. La información correspondiente se presenta en el Apéndice 3.

Para observar los efectos de las diferentes prácticas de conservación se tomaron valores correspondientes a las condiciones de cada subcuenca de las diferentes prácticas de conservación. Como en realidad toda el área de la cuenca no puede ser sujeta a estas prácticas, se consideró trabajar con el archivo correspondiente a la zona intervenida, suponiendo toda el área cultivada. Los resultados se presentan en la Tabla 18.

Tabla 18. Producción de sedimentos para el período 1978-1982, considerando las diferentes prácticas de conservación

Práctica	Producción de sedimentos Ton/ha				
	AÑOS				
	1978	1979	1980	1981	1982
Cultivo en curva de nivel	1.72	3.88	1.16	2.09	1.42
Cultivo de fajas	1.31	2.99	0.88	1.59	1.08
Terráceo en curva de nivel	0.35	0.95	0.25	0.44	0.29
Terraceo en fajas	0.89	2.10	0.61	1.09	0.73

Al comparar estos resultados con los correspondientes al archivo 3, presentados en la Tabla 15, se observa que la utilización de alguna práctica específica disminuye la producción de sedimentos en la cuenca, siendo las prácticas de terráceo las más eficaces dado que ayuda a disminuir considerablemente la pérdida del suelo y por consiguiente disminuye la producción de sedimentos de la cuenca.

Se pudo observar además que las diferentes prácticas de conservación no influyen en la producción de biomasa total, ni en la producción total de cultivo, siendo estas últimas variables de salida del modelo; esto es debido a que el proceso de degradación del suelo es muy lento, y los efectos son sentidos a muy largo plazo, además de que no sólo influye en la producción, la práctica de conservación, sino también el contenido de materia orgánica, minerales en el suelo, y este proceso de fijación no está considerado por el modelo.

Sin embargo, se encontró que lo que sí influye sobre los resultados de biomasa y producción de cultivo es el período de siembra. Se hicieron algunas pruebas para períodos de cultivos diferentes con las distintas prácticas de conservación y de los resultados se desprende que una variación del período de siembra no influye en la producción de sedimento, pero sí en la producción de biomasa y de la producción del cultivo.

Tabla 19. Producción de biomasa, producción de cultivo y producción de sedimentos para diferentes períodos de siembra.

Práctica Período	Curva de nivel			Cultivo en faja		
	todo el año	4 - 8	8 - 12	todo el año	4 - 8	8 - 12
Producción de biomasa kg/ha	9409.68	2110.89	1451.31	9409.68	2110.89	1451.31
Producción del cultivo BU/AC	49.87	11.19	7.68	49.87	11.19	7.68
Producción de Sedimento Ton/ha.	2.06	2.06	2.06	1.57	1.57	1.57

Debido a que el modelo sólo considera un período de cultivo para todo el período de simulación y ya que en la zona existen variados cultivos en diferentes épocas del año, no es posible hacer una estimación económica sobre la producción del cultivo (s) como se había pensado realizar, puesto que de hacerla no correspondería a los efectos de las diferentes prácticas de conservación sino a los diferentes períodos de cultivo.

Cuenca del río Aracay

Para la cuenca del río Aracay se consideraron dos archivos, el primero de ellos considerando la existencia de un embalse (o dique de retención), el segundo sin considerarlo.

Para la determinación de los factores C y P se procedió de la misma forma que para la cuenca del río Mucujún.

Los valores obtenidos de sedimentos para los dos archivos se presentan en la Tabla 20.

Tabla 20. Producción de sedimentos en Ton/ha para las dos condiciones de propuestas.

Archivos Nº	Producción de sedimentos Ton/ha				
	A Ñ O S				
	1978	1979	1980	1981	1982
1	40.91	44.05	40.52	35.19	31.71
2	43.77	46.24	42.81	37.82	34.53

Se observa que para ambos casos los valores son más bajos que los que se usaron como referencia (Rivas, 1985); esto puede ser debido a que Rivas considera sólo las características hidráulicas del cauce, sin tomar en cuenta las características del área.

Es de hacer notar que los datos correspondientes a las características del embalse, requeridos como datos de entrada por el modelo, no son exactos ya que el modelo considera un embalse y no un dique de retención de sedimentos; sin embargo, se trató de dar la información más aproximada, cumpliendo con los requerimientos del modelo.

De los resultados se observa que el embalse retiene aproximadamente el 70% de los sedimentos que entran, los sedimentos restantes serán arrastrados por el río hasta el embalse Santo Domingo, el cual ha presentado antes de la construcción del dique de retención serios problemas mecánicos debido al desgaste producido en las agujas, así como también la necesidad de realizar purgas consecutivas, algunas de ellas por períodos largos, como es el caso de la realizada en 1981 que duró 45 días. Esto trae como consecuencia una pérdida y una paralización de la planta.

El problema de los sedimentos, desde el punto de vista del aprovechamiento hidroeléctrico, es una función de producción inmediata, a corto plazo, ya que existen estructuras específicas construidas y sólo depende de cómo se opere el sistema, o sea, el procedimiento de operación.

Como consecuencia de las variaciones de los parámetros de producción de sedimentos de la cuenca, su manejo a través del embalse y sus efectos en la generación de energía han permitido estimar los efectos perjudiciales o pérdidas, entre las cuales se tienen:

1. Envejecimiento del embalse o pérdida de volumen del almacenaje.

- Pérdidas de producción por el bote de agua por el aliviadero y el uso de agua para la purga de sedimentos a través de las compuertas de fondo.

- Costo de mantenimiento debido a posibles acciones de los sedimentos que entran al túnel.

Resulta imposible realizar una evaluación económica exacta de los costos que ocasionan los sedimentos en la producción de energía ya que no fue posible encontrar una información detallada al respecto; sólo se consiguió información concerniente al cambio de agujas realizado, así como también los costos de generación en los cuales ya han sido incluidos los costos de mantenimiento de los equipos. Ver Apéndice 3.

Con la finalidad de conocer los posibles efectos que ocasionaría el uso de prácticas de conservación, y tomando en cuenta la no existencia del dique durante el período de registro, se realizaron pruebas para las diferentes prácticas, considerando que toda el área podrá estar sometida a ellas. Los resultados se presentan en la Tabla 21.

Tabla 21. Producción de sedimentos en Ton/ha para las diferentes prácticas de conservación.

Práctica	Producción de sedimentos en Ton/ha				
	AÑOS				
	1978	1979	1980	1981	1982
Cultivo en curva de nivel	39.23	40.64	38.7	33.61	30.85
Cultivo en faja	30.16	31.17	29.81	25.88	23.76
Terraceo en curva de nivel	7.98	8.38	7.87	6.86	6.29
Terraceo en faja	20.17	20.91	19.91	17.81	15.88

Al comparar estos resultados con los de la Tabla 20, se observa que si se usaran prácticas de conservación, la producción de sedimentos se vería disminuida, y que los sistemas de terráceo son los más eficaces para zonas de pendientes altas debido a que disminuye la pérdida de suelo.

Análisis de sensibilidad

Se realizó un análisis de sensibilidad de las variables más importantes que intervienen en el cálculo de la producción de sedimentos; para ello se usó el archivo correspondiente a la cuenca del río Mucujún, para la zona intervenida, archivo 3. El análisis se hizo variando en forma creciente y decreciente los valores de las variables, tratando de cubrir todo el rango. Las tablas con los resultados se presentan en el Apéndice 3.

Del análisis hecho para el valor de C , de la ecuación MUSLE, se desprende que el porcentaje de variación en la producción de sedimento es directamente proporcional con la variación del factor C , observándose la alta influencia del grado de cobertura en la producción de sedimentos.

Para el factor de erodabilidad del suelo, K , se observa que el porcentaje de variación en la producción de sedimentos es directamente proporcional con el porcentaje de variación del factor.

Del análisis de sensibilidad del factor gradiente de pendiente, S , se observa que un pequeño cambio en el factor afecta considerablemente la producción de sedimentos, ya sea aumentándola o disminuyéndola según sea el caso, esto es debido a que a mayor pendiente, existe mayor posibilidad de arrastre de partículas a lo largo de la pendiente.

Del análisis del factor longitud de pendiente, λ , se observa que el porcentaje de variación en la producción de sedimentos es aproximadamente la mitad del porcentaje de variación del factor.

Para el factor de práctica de cultivo, P, ocurre lo mismo que con los factores C y K, el porcentaje de variación en la producción de sedimentos es proporcional con el porcentaje de variación del factor.

La sensibilidad del factor CN es bastante alta, esto es debido a que en este factor están relacionados tanto el tipo de suelo, sus características, la condición de humedad antecedente, como el tipo de cobertura.

La sensibilidad del parámetro de rugosidad de la vertiente es mínima, ya que el porcentaje de variación en la producción de sedimentos es muy leve comparada con el porcentaje de variación del parámetro.

También se hizo una evaluación en la producción de sedimento en el caso de variar 2 parámetros a la vez.

- En el caso de aumentar el factor de cobertura, C, y disminuir el factor de práctica de cultivo se observa que los sedimentos disminuyen; esto muestra que aunque el grado de cobertura sea poco, si existe alguna práctica de cultivo o de conservación, los sedimentos tienden a disminuir.

- En el caso de aumentar el factor de cobertura, C, y aumentar el factor de erodabilidad del suelo, K, se observa que la producción de sedimentos aumenta, esto ya que si el grado de erodabilidad del suelo es alto y existe poca cobertura, la pérdida de suelo es mayor.

- En el caso de aumentar el factor de erodabilidad y disminuir el factor de práctica, se observa que la producción de sedimentos tiende a disminuir; esto muestra que si el grado de erodabilidad es alto pero existe una buena cobertura (condición inicial), y además, se sigue una práctica de cultivo, la producción de sedimentos disminuye.

Generación de trazas

Aunque esta parte no estaba incluida en los objetivos, se quiso probar el funcionamiento de la subrutina de generación, específicamente la generación de precipitación, para observar el comportamiento de la producción de sedimentos. Para ello se generaron diferentes trazas variando las semillas originales del modelo que intervienen en la generación de precipitación y tomando períodos de generación diferentes, desde 5 años hasta 30 años, para comprobar si se mantenían las estadísticas de la serie histórica, dadas como datos de entrada al modelo.

Se observó que el grado de variación entre las estadísticas calculadas y los del registro oscilaban entre 0 - 17% por lo que se consideró como aceptable y se procedió a la generación de trazas de 20 años para condiciones diferentes, o sea, manteniendo la misma situación, siguiendo prácticas de cultivo específicas, para las dos subcuencas, con el fin de tener una tendencia aproximada en la producción de sedimentos bajo ciertas circunstancias.

Los resultados obtenidos se presentan en la Tablas 22.

Tabla 22. Tendencias de producción de sedimentos para la cuenca del río Mucujún y Aracay al presentar condiciones diferentes.

Condición	Producción de sedimentos Ton/ha	
	Río Mucujún	Río Aracay
Manteniendo la situación actual	14.55	51.19
Cultivo en curva de nivel	13.00	19.43
Cultivo en fajas	13.11	22.40
Terraceo en curva de nivel	3.15	13.20
Terraceo en faja	7.49	18.61

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Al no poderse representar las condiciones reales de la cuenca en lo que se refiere a uso de la tierra los valores obtenidos de producción de sedimentos en los resultados pueden ser subestimados o sobreestimados.

El uso del modelo está limitado sólo a cuencas con suficiente información.

El área de la cuenca puede llegar a ser un factor limitante debido a la gran cantidad de mediciones que hay que hacer para la obtención de algunos parámetros.

La generación de precipitación y la consiguiente generación de variables de salida, flujo superficial, flujo subsuperficial, producción de sedimentos y otros, permite conocer el posible comportamiento de una cuenca ante condiciones específicas.

El modelo es muy general en lo que se refiere a uso de la tierra; los resultados obtenidos no pueden considerarse como exactos.

Los resultados del modelo pueden usarse a nivel de planificación como valores estimados.

El modelo no puede usarse para estimar los efectos de las prácticas conservacionistas sobre la productividad de la tierra.

No es posible hacer una evaluación económica con respecto a la productividad del suelo y las prácticas conservacionistas.

Al no poderse representar las características reales del dique o embalse, se corre el riesgo de subestimar o sobreestimar los resultados.

El problema de los sedimentos desde el punto de vista del aprovechamiento hidroeléctrico es un problema que se empieza a sentir a corto plazo y que aumenta con el tiempo si no se toman medidas para controlarlo.

El uso de prácticas conservacionistas es una necesidad en las cuencas agrícolas, siendo más notable su efecto en el control de pérdida de suelo en las cuencas altas, debido a las elevadas pendientes.

Recomendaciones

Se debe trabajar con mucho cuidado al considerar valores obtenidos para algunos parámetros en otros países.

Se debe trabajar en cuencas con mediciones de sedimentos suficientes, para poder verificar los resultados del modelo con los datos medidos.

Debe usarse el modelo en otras cuencas de montaña y con características diferentes, para comprobar su efectividad.

No es recomendable usar el modelo si lo que se desea son resultados precisos.

Simplificar los requerimientos de entrada de datos en lo que se refiere a características de suelo; se debe trabajar con un máximo de dos estratos.

El uso de más de cinco subcuencas sólo es recomendable para computadoras con mayor capacidad de memoria que la HP-1000 disponible en el CIDIAT.

Se deben de calcular con la mayor exactitud posible aquellos parámetros que presentan un alto grado de sensibilidad, para obtener los resultados más precisos.

www.bdigital.ula.ve

www.bdigital.ula.ve

BIBLIOGRAFIA

- CADAFE. 1975. Sedimentos en el embalse, Complejo Hidroeléctrico General José Antonio Páez. Caracas-Venezuela.
- Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras (CIDIAT). 1977. La cuenca del río Mucujún, ecosistema en decadencia, anotaciones para su desarrollo inmediato. 1º curso de adiestramiento para el personal del MARNR. CIDIAT-Mérida-Venezuela.
- Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras (CIDIAT) 1977. Estudio generalizado de la cuenca del río Mucujún. 1º curso de adiestramiento para el personal del MARNR. CIDIAT-Mérida-Venezuela.
- Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras (CIDIAT) 1982. Estudio preliminar de suelos de la subcuenca del Aracay. CIDIAT - Mérida-Venezuela.
- Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras (CIDIAT) 1985. Plan de manejo de los recursos naturales renovables de la subcuenca del río Mucujún. CIDIAT-Mérida-Venezuela.
- Cortés, L. A, y Malagón, D. 1983. Los levantamientos de suelos y sus aplicaciones multidisciplinarias. CIDIAT-Mérida-Venezuela.
- Dickey, E. C, Shelton, D. P, Jasa, Paul J, Peterson T, J. 1984. Tillage, residue and erosion on moderately sloping soil. Transaction of the ASAE. 1093-1099.
- Foster. 1980. Modelling of erosion process contribution, From Agricultural Research service USDA, in cooperation with de Purdue Agricultural Experiment station. Purdue Journal. Paper N° 7776.
- González Villa. F. 1984. Estudio de las obras de captación en ríos y su aplicación a tres sitios para el abastecimiento de agua del eje metropolitano Mérida-Ejido. Tesis para optar al grado de Magister Scientiae en Obras Hidráulicas. CIDIAT-Mérida-Venezuela.
- Jaimes, E. 1982. Dinámica de vertiente y su relación con la evolución de los suelos en la cuenca del río Mucujún. Tesis para optar al grado de Magister Scientiae en Suelos y Riego. CIDIAT-Mérida-Venezuela.

- Khanbilvardi, R. M y Rogowski, A. S., 1984. Mathematical model of erosion and deposition on a watershed - transactions of the ASAE.
- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables.(MARNR) 1980. Proyecto de presa de retención de sedimentos en el río Aracay. Caracas, Venezuela.
- Mitchell, J. K y Bubenzer, G.D. 1980. Soil loss estimation en: Soil erosion Kiekby M. J. y Morgan R.D. (editores) Page Bros (Norwich) (td. Norwich).
- Payen, Jean. 1980. Defensa y recuperación de suelos. Prácticas agroecológicas. CIDIAT-Mérida-Venezuela.
- Peña, G. 1980. Apuntes de conservación de suelos. Libro texto. Escuela de Ingeniería Forestal. ULA. Mérida - Venezuela.
- Rivas, J. G. 1985. Cuantificación y caracterización de los sedimentos atrapados en el embalse Aracay, mediante modelos matemáticos y mediciones en el campo. Tesis para optar al grado de Magister Scientiae en Obras Hidráulicas. CIDIAT-Mérida-Venezuela.
- Williams, J. R y Berndt H. D. 1977. Sediment yield computed with universal Equation J. Hydraulics Div. Am. Soil Civil Engrs 98(HY12). 2087-2098.
- Wilson, B.N, Barfield B. J., Ward. A.D. Mogre I.D. 1984. A hidrology and sedimentology watershed model. Part I: Operational Format and Hydrologic Component. Transactions of the ASAE. 1370-1337.

www.bdigital.ula.ve

A P E N D I C E 1

CALCULOS DE LAS CUENCAS

www.bdigital.ula.ve

Para los diferentes archivos de la cuenca del río Mucujún, se usaron los mismos valores de máxima precipitación registrados en la Hacienda El Carmen, las intensidades de precipitación para diferentes períodos de retorno, las probabilidades mensuales de tener un día de lluvia después de un día seco y de tener un día de lluvia después de un día de lluvia, la media, desviación y coeficiente de asimetría, del registro de precipitación y los promedios máximos y mínimos mensuales de temperatura que se presentan en el texto, los demás datos se presentan a continuación:

Tabla 1.1. Pendiente promedio del cauce para cada subcuenca del archivo correspondiente a ocho subcuencas.

Subcuenca	Dist. (m)	Desnivel (m)	P (%)
1	4300	600	14
2	3125	200	6.4
3	3613	450	13
4	2556	275	11
5	2582	275	11
6	3250	250	7.7
7	4225	300	7.1
8	3856	250	6.5

Tabla 1.2. Pendiente promedio del cauce para cada subcuena del archivo correspondiente a 3 subcuencas.

Subcuena	Distancia	Desnivel	P %
1	7500	725	9.6
2	7500	525	7
3	3750	250	6.7

Tabla 1.3. Longitud del cauce desde el punto más alejado hasta la salida de la subcuena correspondiente al archivo de ocho subcuencas.

Subcuena	Longitud (km)
1	5.5
2	3.8
3	3
4	2.8
5	2.5
6	3.3
7	4.5
8	2

Tabla 1.4. Longitud del cauce desde el punto más alejado hasta la salida de la subcuenca correspondiente al archivo de tres subcuencas.

Sub-cuenca	Longitud (km)
1	7.5
2	7.5
3	3.75

Tabla 1.5. Tiempo de viaje de la salida de las subcuencas hasta la salida de la cuenca, correspondiente al archivo de ocho subcuencas.

Sub - cuenca	Long. (m)	Desnivel (m)	Tc hr
1	23250	2000	1.92
2	19750	1800	1.66
3	16500	1350	1.51
4	13500	1075	1.30
5	11000	800	1.15
6	8000	575	0.91
7	4000	275	0.54

Tabla 1.6. Tiempo de viaje de la salida de las subcuencas hasta la salida de la cuenca, correspondiente al archivo de tres subcuencas.

Súbcuenca	Longitud (m)	Desnivel (m)	Tc hr
1	4400	775	0.41
2	1500	275	0.174

Tabla 1.7. Valores de longitud de pendiente para cada subcuenca correspondiente al archivo de ocho subcuencas.

Sub - Cuenca	Long. de Cont. Tot	Long lí- nea base	Número Pto. Ext.	λ	L
1	20.5	13.9	87	108	2.6
2	26.25	17.55	123	99	2.47
3	26.1	16.4	133	79.3	2.15
4	23.45	17.6	122	109	2.61
5	22.75	16.1	132	86.32	2.26
6	29.3	21.3	166	93.4	2.37
7	19.7	15	89	117	2.72
8	33.35	25.5	150	90.11	2.32

Tabla 1.8. Valores de longitud de pendiente para cada subcuenca correspondiente al archivo de tres subcuencas.

Sub - cuenca	Long. de cont. Tot.	Long lí - nea base	Número de Ptos. Ext.	λ	L
1	8.5	6.6	5.4	77	2.45
2	10.5	7.75	60	96	2.41
3	15.7	12	114	77	2.11

Tabla 1.9. Valores promedios de las pendientes de las subcuencas correspondiente al archivo de ocho subcuencas.

Subcuenca	S (m/m)
1	0.23
2	0.23
3	0.29
4	0.32
5	0.32
6	0.32
7	0.29
8	0.29

Tabla 1.10. Valores promedios de las pendientes de las subcuencas correspondientes al archivo de tres subcuencas.

Subcuenca	S (m/m)
1	0.11
2	0.12
3	0.13

Para los archivos de la cuenca del río Aracay se hicieron los siguientes cálculos:

Tabla 1.11. Intensidades máximas de precipitación para 0.5 h y 6 h de duración.

Año	Duración (horas)	
	0.5	6
1978	22.7	108.4
1979	15.9	40.8
1980	21.9	50.3
1981	15.1	38.6
1982	16.2	46.6
1983	24.3	118.9

Tabla 1.12. Valores obtenidos de los parámetros de distribución para las duraciones consideradas.

Parámetro	Duración (Horas)	
	0.5	6
\bar{X}	19.35	67.21
Sx	3.70	33.15
λ	0.346	0.0386
β	17.69	52.35

Tabla 1.13. Probabilidades mensuales de tener un día húmedo después de un día seco (h/s) y de tener un día húmedo después de un día húmedo (h/h).

Probabilidad.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
H/S	0.06452	0.08876	0.07527	0.12778	0.12903	0.08889	0.13973	0.10753	0.86667	0.18280	0.18889	0.11290
H/H	0.02151	0.12426	0.15054	0.51111	0.65591	0.7556	0.61290	0.66129	0.57222	0.39247	0.17778	0.11290

Tabla 1.14. Media, desviación standard y coeficiente de asimetría de los registros diarios de precipitación para el período 1978-1983.

Estadísticos	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
\bar{x}	1.7556	5.0444	8.5864	11.6205	9.3464	11.9679	9.1596	8.3252	7.3203	5.6784	5.442	6.5289
σ_x	1.6955	8.2852	9.9824	16.549	10.4089	13.2018	10.1393	8.0226	8.9901	6.9013	8.1777	9.6224
C S	1.4052	2.3967	1.7975	3.5313	1.9272	1.7074	2.4235	1.2466	2.2554	2.1956	3.2192	3.2206

Tabla 1.15. Promedios máximos y mínimos mensuales de temperatura para la estación Las Piedras.

Promedio	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Máx.	25.52	25.62	25.5	24.73	24.53	24.25	24.08	23.76	24.08	24.45	24.52	24.83
Mín.	5.38	5.95	8.6	10.47	10.6	9.92	9.32	9.18	10.12	11.48	9.64	7.63

Tabla 1.16. Pendiente promedio del cauce
para cada subcuenca.

Subcuenca	P (%)
1	13.617
2	2.381
3	5.714

Tabla 1.17. Longitud del cauce desde el punto
más alejado hasta la salida de la
subcuenca.

Subcuenca	Longitud (km)
1	11.8
2	5.275
3	1.725

Tabla 1.18. Tiempo de viaje de la salida de las
subcuencas hasta la salida de la cuenca

Subcuenca	Longitud (m)	Desnivel (m)	Tc min	Tc hr
1	7000	600	45.87	0.77
2	1725	275	12.285	0.21

Tabla 1.19. Valores de longitud de pendientes para cada subcuenca

Sub - cuenca	Longitud de Cont Tot	Longitud lí- nea base	Número de Ptos. Ext.	λ	L
1	45.838	33.175	193	124.55	2.82
2	34.08	24.307	138	125.67	2.84
3	9.827	7.017	43	116.55	2.71

Tabla 1.20. Valores promedios de las pendientes de las subcuencas.

Subcuenca	S (m/m)
1	0.188
2	0.264
3	0.339

Tabla 4a. Valor del coeficiente "C" para diferentes tipos de vegetación perenne (USDA, 1978)

Tipo	% Cobertura (1)	% de cobertura en contacto con la superficie del suelo					
Sin protección apreciable.	0	0,45	0,20	0,10	0,042	0,013	0,003
Hierbas altas, gramíneas	25	0,36	0,17	0,09	0,038	0,013	0,003
	50	0,26	0,13	0,07	0,035	0,012	0,003
	75	0,17	0,10	0,06	0,032	0,011	0,003
Matorrales arbustos (< 2 m)	50	0,34	0,16	0,08	0,038	0,012	0,003
Arboles (> 4 m)	75	0,36	0,17	0,09	0,039	0,012	0,003
Bosque no intervenido	> 75			0,009	0,005	0,003	0,000

(1) Se refiere a la relación Proyección vertical de follaje sobre superficie total del terreno.

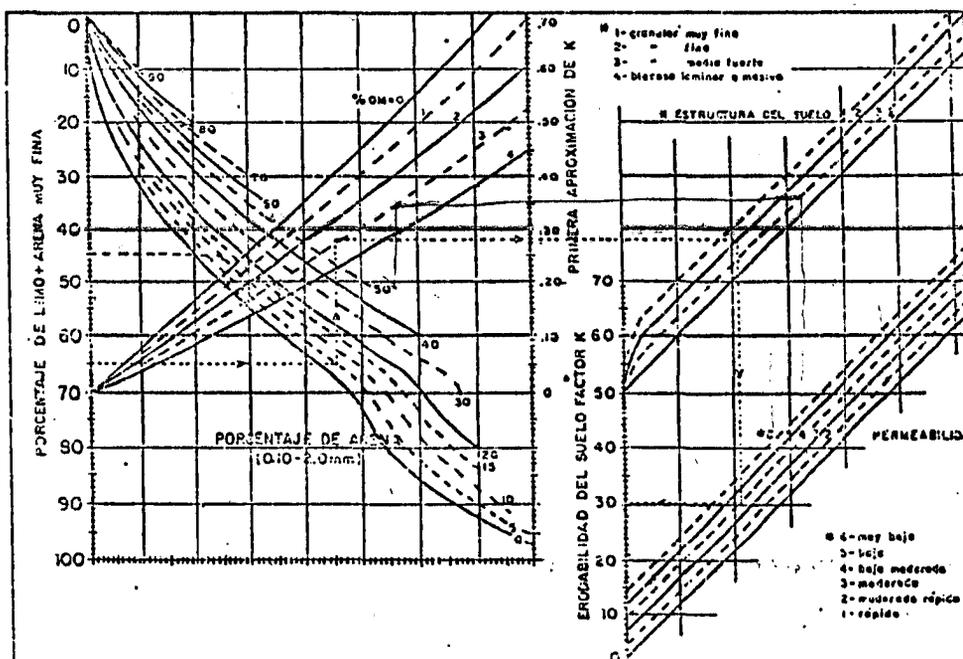
Valores de "C" para algunos cultivos y formaciones vegetales

Cultivo	VALOR DE "C"
Bosque y praderas	0,01
Rotación de cultivos con forrajes	0,2
Rotación de cultivos con cereales	0,4
Trigo contínuo	0,7
Frutales	0,9
Barbecho con laboreo	1,0

FUENTE: CTTT de Francia, 1968.

Tabla 5. Valor del coeficiente "P" para diferentes prácticas de conservación (USDA, 1978).

Pendiente %	Cultivos en curvas de nivel	Cultivos en en fajas	T e r r a c e o	
			en curvas de nivel	en fajas
5	0,50	0,38	0,10	0,25
8	0,50	0,38	0,10	0,25
15	0,70	0,52	0,12	0,35
18	0,80	0,60	0,16	0,40
25	0,90	0,68	0,18	0,45
40	1,00	0,90	0,24	0,60



PARA DETERMINAR LA EROSIÓN DEL SUELO

APPENDIX 11

Table 2. Values of Manning's roughness factor "n".

	Value chosen	Range
I. Channel Flow^{1/}		
A. Excavated or dredged		
1. Earth, straight and uniform	0.025	0.016-0.033
2. Earth, winding and sluggish	0.035	0.023-0.05
3. Not maintained, weeds and brush	0.075	0.04-0.14
B. Natural streams		
1. Few trees, stones, or brush	0.05	0.025-0.065
2. Heavy timber and brush	0.10	0.05-0.15
II. Overland Flow^{2/}		
Fallow, no residue	0.01	0.008-0.012
Conventional tillage, no residue	0.09	0.06-0.12
Conventional tillage, residue	0.19	0.16-0.22
Chisel plow, no residue	0.09	0.06-0.12
Chisel plow, residue	0.13	0.10-0.16
Fall disking, residue	0.40	0.30-0.50
No till, no residue	0.07	0.04-0.10
No till (0.5-1 t ha ⁻¹)	0.12	0.07-0.17
No till (2-9 t ha ⁻¹)	0.30	0.17-0.47
Rangeland (20% cover)	0.60	
Short grass prairie	0.15	0.10-0.20
Dense grass	0.24	0.17-0.30
Bermudagrass	0.41	0.30-0.48

^{1/} Taken from Chow (2).

^{2/} Taken from Engman (3).

APPENDIX II

Effective hydraulic conductivity for transmission losses in channel alluvium.

Bed material group	Bed material characteristics	Effective hydraulic conductivity (millimeters/hour)
1 Very high loss rate	Very clean gravel and large sand. $d_{50} > 2$ mm	>127
2 High loss rate	Clean sand and gravel under field conditions. $d_{50} > 2$ mm	51-127
3 Moderately high loss rate	Sand and gravel mixture with less than a few percent silt-clay.	25-76
4 Moderate loss rate	Mixture of sand and gravel with significant amounts of silt-clay.	6.4-25
5 Very low loss rate	Consolidated bed material with high silt-clay content.	0.025-2.5

Taken from: Lane, L. J. 1982. Distributed model for small semiarid watersheds. J. Hydraulics Division, ASCE, Vol. 108, No. HY10, October. pp. 1114-1131.

APPENDIX IV

Mean physical properties of soils

Texture	Volume (in/in)				
	Bulk density gm/cm	Total porosity	Field capacity 1/3 bar	Wilting point 15 bar	AWC
Coarse sand	1.6	0.40	0.11	0.03	0.08
Sand	1.6	0.40	0.16	0.03	0.13
Fine sand	1.5	0.43	0.18	0.03	0.15
V. fine sand	1.5	0.43	0.27	0.03	0.25
L. coarse sand	1.6	0.40	0.16	0.05	0.11
Loamy sand	1.6	0.40	0.19	0.05	0.14
Loamy f. sand	1.6	0.40	0.22	0.05	0.18
L.v.f. sand	1.6	0.40	0.37	0.05	0.32
Coarse s. loam	1.6	0.40	0.19	0.08	0.11
Sandy loam	1.6	0.40	0.22	0.08	0.14
F. sandy loam	1.7	0.36	0.27	0.08	0.19
V.f. sandy loam	1.6	0.40	0.37	0.08	0.29
Loam	1.6	0.40	0.26	0.11	0.15
Silt loam	1.5	0.43	0.32	0.12	0.20
Silt	1.4	0.47	0.27	0.03	0.24
Sandy clay loam	1.6	0.40	0.30	0.18	0.12
Clay loam	1.6	0.40	0.35	0.22	0.13
Silty clay loam	1.4	0.47	0.36	0.20	0.16
Sandy clay	1.6	0.40	0.28	0.20	0.13
Silty clay	1.5	0.48	0.40	0.30	0.14
Clay	1.4	0.47	0.39	0.28	0.11

Taken from: Svetlosanov, V. and W. G. Knisel. 1982. European and United States Case Studies in Application of the CREAMS model. Internatl. Inst. for Applied Systems Analysis. Book No. 3-7045-0056-9. Laxenburg, Austria. p. 126.

G.P. III DIVISION DE GENERACION PLANTA "GRAL. J.A. PAEZ"	COSTOS DE GENERACION Y DE KWH EN BARRA GRAFICO # 4	ESTRUCTURA: 33010-5003	
		FECHA: 27-02-86	PAGINA: 01/01

AÑO	ENERGIA PRODUCTIDA (GWH)	COSTO DE GENERACION (MILL. Bs)	COSTO KWH EN BARRA (CTS)
1.974	385,90	4,14	1,20
1.975	495,60	5,75	1,70
1.976	617,20	11,61	1,90
1.977	717,62	12,78	2,20
1.978	698,32	17,72	3,50
1.979	826,03	15,15	2,55
1.980	760,06	16,13	2,60
1.981	610,28	15,87	4,30
1.982	872,24	16,09	2,60
1.983	956,99	18,63	2,45
1.984	703,77	17,87	4,10
1.985	832,02	25,19	5,00



C.A. DAFE

EMPRESA DE ENERGIA ELÉCTRICA
DEL ESTADO VENEZOLANO

CAMBIOS DE AGUJAS

GRUPO No. 1

17-11-73	ORIGINALES.	3 UNIDADES
30-08-75		3 UNIDADES
15-09-76		3 "
15-03-77		3 "
14-10-77		3 "
27-07-78		3 "
29-09-79		3 " = 26-10-79 ACCIDENTE

21 "

GRUPO No. 2

05-02-74	"	3 UNIDADES
20-07-76		3 UNIDADES
20-08-76		3 "
11-10-76		3 "
10-12-76		3 "
01-09-77		3 "
01-08-78		3 "
01-08-78		3 "
12-04-80		3 "
06-07-82		3 "
30-11-82		3 "
22-11-84		3 "

36



CAMBIOS DE AGUJAS

GRUPO No. 3

04-06-74	3	UNIDADES
31-03-76	3	"
04-05-76	3	"
20-10-76	3	"
07-07-78	3	"
13-03-79	3	"
17-05-79	3	"
26-08-81	3	"
21-08-83	3	"
	<hr/>	
	27	"

GRUPO No. IV

16-09-74	3	UNIDADES
23-09-75	3	"
28-07-76	3	"
30-09-76	3	"
30-05-77	3	"
02-06-77	3	"
13-09-77	3	"
12-09-78	3	"
08-02-79	3	"
09-07-80	3	"
24-08-82	3	"
29-07-84	3	"
25-03-86	3	"
	<hr/>	
		"

A P E N D I C E 2

DESCRIPCION DEL MODELO

www.bdigital.ula.ve

www.bdigital.ula.ve

A P E N D I C E 2

DESCRIPCION DE LAS SUBROUTINAS DEL PROGRAMA

El programa principal y las 28 subrutinas contienen instrucciones FORTRAN.

El programa principal inicializa variables, realiza todas las operaciones de entrada y salida, controla la simulación diaria de cada subcuenca, llamando la subrutina apropiada, acumula los valores mensuales y anuales y calcula los valores promedios para el período de simulación.

A continuación se presenta una descripción breve de las subrutinas:

Subrutina Bloc Data

Inicializa las variables que están en COMMON, contiene además las semillas generadoras, a ser usadas en la generación de precipitación, temperatura, radiación.

Subrutina GCYCLE

Realiza los ciclos de generación de números aleatorios (0 - 100) antes que la simulación comience.

Subrutina CLGEN

Simula radiación solar diaria. Precipitación diaria y/o temperaturas máximas y mínimas, según sea la opción del usuario. Llama las funciones RANDN y DSTN1.

Función RANDN

Provee números aleatorios en el rango de 0 - 1.

Función DSTG

Provee números para una distribución GAMMA al darle dos números aleatorios.

Función DSTN1

Calcula la distancia a la media de una distribución normal con media igual a cero y desviación Standard igual a uno, dándole dos números aleatorios.

Subrutina SNOM

Predice la cantidad de nieve derretida cuando la temperatura promedio excede los 0° centígrados.

Subrutina CRPMOD

Predice el crecimiento potencial de la biomasa de las plantas y raíces y calcula el índice de área foliar.

Llama las subrutinas SWU y TSTR

Subrutina TSTR

Aplica la temperatura crítica a los cultivos, si la temperatura máxima diaria es más de 15°C por debajo de la temperatura promedio anual.

Subrutina EVAP

Calcula la cantidad de evaporación del suelo y la evaporación potencial de las plantas usando el modelo de Ritchie (Ritchie, 1972).

Subrutina ALPH

Calcula el parámetro adimensional α que expresa la fracción de la

precipitación total que ocurre durante el tiempo de concentración de la cuenca.

Subrutina PKQ

Calcula la tasa de flujo pico para cada subcuenca y para la cuenca completa usando la fórmula racional modificada (Williams et. al., 1984).

Subrutina VOLQ

Predice la escorrentía diaria al darle la precipitación diaria y la cantidad de nieve derretida usando la aproximación modificada del SCS de la curva número.

Subrutina HYDGR

Calcula las dos partes del hidrograma triangular para la salida de cada subcuenca.

Subrutina TRANS

Predice las pérdidas en el tránsito en los cauces.

Subrutina YSED

Predice la pérdida de suelo diaria causada por el agua usando la ecuación modificada de pérdida de suelo (Williams y Berndt, 1977).

Subrutina POND

Transita el agua y los sedimentos en las lagunas. También calcula la evaporación y la infiltración en las lagunas.

Subrutina RES

Transita el agua y los sedimentos en los reservorios, calcula también la evaporación y la infiltración en los reservorios.

Subrutina PERC

Calcula la percolación y el flujo lateral subsuperficial para un estrato cuando el contenido de agua en el mismo es superior a la capacidad de campo.

Subrutina PKRN

Calcula la percolación debida a grietas en el terreno.

Subrutina PURK

Es el componente principal en el cálculo de la percolación. Divide cada estrato en 4 mm de espesor y maneja el proceso del tránsito. Llama a PERC y PKRN.

Subrutina SWU

Distribuye la evaporación potencial de las plantas a la zona radicular y calcula la cantidad actual de agua, basándose en la cantidad de agua aprovechable en el suelo.

Subrutina SWBL

Chequea el balance de agua en el suelo al final de la simulación.

Subrutina VBL

Chequea el balance de agua y sedimento para las lagunas y reservorios al final de la simulación.

Subrutina SOLT

Estima el promedio diario de temperatura en el fondo de cada estrato.

Subrutina XMON

Determina el mes, dándole el día del año.

Función AHU

Acumula unidades de calor y radiación para calcular las unidades de calor potenciales para cada cultivo antes de comenzar la simulación diaria.

Función JDT

Calcula el día del año, dándole el mes y el día del mes.

CIBINT

CENTRO INTERAMERICANO DE
DESARROLLO INTEGRAL DE
AGUAS Y TIERRAS

BANCO DE PROGRAMAS

PROGRAMA: SWRRB

CODIGO

LENGUAJE: FORTRAN

PAG. 1

TARJETA	VARIABLE	FORMATO	DESCRIPCION	UNIDADES	OBSERVACIONES
1	TITULO	20A4	Nombre de la cuenca, período de simulación		Se permite usar hasta tres (3) registros
2	NBYR	20I4	Número de años de escorrentía a ser simulados		Pueden ser simulados hasta 100 años
2	IYR		Año de inicio de la simulación		El rango está entre 1 - 2000
2	LU		Número de subcuencas en la cuenca		Como máximo cinco (5)
2	NS		Número de estratos del suelo		Hasta 10 estratos
2	IPD	I4	Código de impresión de resultados		= 0 mensual = 1 diaria = 2 anual
2	NSIM	I4	Código de entrada de los datos de precipitación		= 1 una sola medida = 2 una simulación simple = 3 Medidas múltiples = 4 Simulación múltiple

CIBINT

CENTRO INTERAMERICANO DE
DESARROLLO INTEGRAL DE
AGUAS Y TIERRAS

BANCO DE PROGRAMAS

PROGRAMA: SWRRB

CODIGO:

LENGUAJE

FORTRAN

PAG

2

TARJETA	VARIABLE	FORMATO	DESCRIPCION	UNIDADES	OBSERVACIONES
2	MSIM		Código de entrada de los datos de temperatura		= 1 medidas máximas y mínimas = 2 simulación de temperatura para toda la cuenca = 3 simulación máxima y mínima para cada subcuenca
2	IGN	I4	Número de ciclos de generación antes del inicio de la simulación		El rango está entre 0 - 100
2	IHYD	I4	Código de impresión del hidrograma		= 0 omite el cálculo del hidrograma = 1 calcula e imprime el hidrograma para cada subcuenca
3	DA	10 F8.3	Area de la cuenca	km ²	El rango permitido es: 1 - 5000
3	P2		Factor de corrección de la precipitación		El rango está 0.5 - 1.5

CEBIANT

CENTRO INTERAMERICANO DE
DESARROLLO INTEGRAL DE
AGUAS Y TIERRAS

BANCO DE PROGRAMAS

PROGRAMA: SWRRB

CODIGO:

LENGUAJE:

FORTRAN

PAG.

3

TARJETA	VARIABLE	FORMATO	DESCRIPCION	UNIDADES	OBSERVACIONES
3	TP5		Máxima precipitación de 0.5 horas de duración y frecuencia de 10 años	mm	El rango está entre 5.0 - 150
3	TP6		Máxima precipitación de 6 horas de duración y frecuencia de 10 años	mm	El rango está entre 25 - 200
3	TP24		Número de años de registros máximos de 0.5 horas de duración		El rango está entre 5 - 100
3	BA		Coefficiente de agregación de los sedimentos		El rango está entre 0 - 1.0
3	BD		Coefficiente de desagregación de los sedimentos		El rango está entre 0 - 1.0
3	YLT		Latitud	Grados	entre -90 y 90
3	BRT		Tiempo de retardo de la cuenca	días	entre 0 - 120
3	FFC		Fracción de capacidad de campo al inicio del almacenamiento		entre 0 - 1
4	XIJ	10 F8.3	Coordenadas en la dirección X del centroide de las subcuencas	km	entre 0 - 200
4	YIJ		Coordenadas en la dirección y del centroide de las subcuencas	km	entre 0 - 200

100

TARJETA	VARIABLE	FORMATO	DESCRIPCION	UNIDADES	OBSERVACIONES
5	OBMX	12 F6.3	Promedio máximo mensual de temperatura del aire	°C	entre -10 y 42
6	OBMN	12 F6.3	Promedio mínimo mensual de temperatura del aire	°C	entre -30 y 30
7	VOBMX	12 F6.3	Si MSIM = 3 promedio máximo mensual de la temperatura del aire	°C	entre -10 y 42
8	VOBMN	12 F6.3	Si MSIM = 3 promedio mínimo mensual de la temperatura del aire	°C	entre -30 y 30
9	CVT	12 F6.3	Coefficiente de variación de la temperatura mensual		entre 0 - 1
10	OBSL	12 F6.3	Promedio mensual de radiación diaria	ly	el rango está entre 20 - 750
11	WI	12 F6.3	Precipitación máxima mensual de 0.5 horas de duración	mm	el rango está entre 0 - 125
12	PRW(1)	10 F8.3	Probabilidad mensual de un día húmedo después de un día seco		el rango está entre 0.001 - .95
12	PRW(2)		Probabilidad mensual de un día húmedo después de un día húmedo		el rango está entre 0.01 - .95

CIBINT

INSTITUTO VENEZOLANO DE
REGADRO INTEGRAL DE
AGUAS Y TIERRAS

BANCO DE PROGRAMAS

PROGRAMA: SWRRB

CODIGO

LENGUAJE: FORTRAN

PAG. 5

TARJETA	VARIABLE	FORMATO	DESCRIPCION	UNIDADES	OBSERVACIONES
12	RST(1)		Media mensual de precipitación diaria	mm	El rango está entre 0 - 500
12	RST(2)		Desviación standard de la precipitación diaria	mm	El rango está entre 0.025 - 200
12	RST(3)		Coefficiente de asimetría mensual de la precipitación diaria		El rango está entre 1 - 7
13	FLU	10 F8.3	Fracción de área de la cuenca en cada subcuenca		
14	CN2	10 F8.3	Número de curva según el SCS con condición de humedad II		
15	SALB	10 F8.3	Albedo del suelo		
16	SNO	10 F8.3	Contenido inicial de agua procedente de nieve	mm	
17	TT	10 F8.3	Tiempo de viaje desde la salida de la subcuenca hasta la salida de la cuenca	h	
18	CHL	10 F8.3	Longitud del cauce desde el punto más lejano hasta la salida de la cuenca	km	
19	CHS	10 F8.3	Pendiente promedio del cauce	m/m	

CIDIATINSTITUTO INTERAMERICANO DE
DESENVOLUPAMIENTO INTEGRAL DE
AGUAS Y TIERRAS**BANCO DE PROGRAMAS****PROGRAMA:** SWRRB

CODIGO

LENGUAJE

FORTRAN

Pag.

6

TARJETA	VARIABLE	FORMATO	DESCRIPCION	UNIDADES	OBSERVACIONES
20	CHK	10 F8.3	Conductividad hidráulica efectiva en canales aluviales	m m	
21	CHN	10 F8.3	Valor "n" de Manning para el cauce		
22	OVN	10 F8.3	Valor "n" de Manning para la vertiente		
23	RT	10 F8.3	Tiempo de viaje del flujo de retorno	días	
24	CSS	10 F8.3	Concentración de sedimentos en el flujo de retorno	ppm	El rango está entre 0 - 180
25	EK	10 F8.3	Factor de erodabilidad del suelo usado en la ecuación USLE		
26	ECP	10 F8.3	Factor de práctica de control (P) usado en la ecuación USLE		
27	SL	10 F8.3	Longitud promedio de pendiente de cada subcuenca	m	El rango está entre 10 - 150
28	STP	10 F8.3	Pendiente promedio de la vertiente para cada subcuenca	m/m	El rango está entre 0.0001 - 0.6
29	FP	10 F8.3	Fracción de cada subcuenca que fluye a las lagunas		

CEBIAT

INSTITUTO VENEZOLANO DE
TERRACERAS, AGUAS Y TIERRAS

BANCO DE PROGRAMAS

PROGRAMA: SWRRB

CODIGO:

LENGUAJE: FORTRAN

PAG. 7

TARJETA	VARIABLE	FORMATO	DESCRIPCION	UNIDADES	OBSERVACIONES
30	SAX	10 F8.3	Area superficial total de todas las lagunas en las subcuencas	ha	
31	VM	10 F8.3	Volumen inicial en las lagunas	mm	El rango está entre 0 - 100
32	CS	10 F8.3	Concentración inicial de sedimentos en las lagunas	ppm	El rango está entre 0 - 5000
33	CFP	10 F8.3	Concentración normal de sedimentos en las lagunas	ppm	El rango está entre 0 - 5000
34	HC	10 F8.3	Conductividad hidráulica en el fondo de las lagunas	mm/hr	
35	FR	10 F8.3	Fracción de cada subcuenca que fluye hacia el embalse		
36	SAF	10 F8.3	Area superficial total del aliviadero de emergencia	ha	El rango está entre 0 - 3000
37	VRF	10 F8.3	Volumen necesario para llenar el aliviadero de emergencia	mm	El rango está entre 0 - 300
38	SAS	10 F8.3	Area superficial total del aliviadero principal	ha	El rango está entre 0 - 1000

104

CIDIAT

CENTRO INTERAMERICANO DE
DESARROLLO INTEGRAL DE
AGUAS Y TIERRAS

BANCO DE PROGRAMAS

PROGRAMA:

SWRRB

CODIGO

LENGUAJE

FORTAN

9

TARJETA	VARIABLE	FORMATO	DESCRIPCION	UNIDADES	OBSERVACIONES
47	T4	10 F8.3			
48	SC	10 F8.3	Conductividad saturada	mm/h	
49	CLS	10 F8.3	Contenido de arcilla	%	
50	SIL	10 F8.3	Pasante del tamiz # 200	%	
51	MO	20 I4	Mes de siembra		
51	IDA		Día del mes de siembra		
51	MOH		Mes de cosecha		
51	IDH		Día del mes de cosecha		
52	CVM	10 F8.3	Valor promedio anual del factor C para cada subcuena		
52	BLAJ		Máximo índice de área foliar		El rango está entre 0.5 - 7
53	SUBP	5 x 15F5.1	Precipitación diaria para cada subcuena	mm	El número de registros a usar dependerá del número de años con datos
53	TMX		Temperatura máxima diaria	°C	Ocurre igual que con la precipitación diaria
53	TMN		Temperatura mínima diaria		

1	VARIABLE	TITULO											
	Formato												
	Valor	CUENCA DEL RIO MUCUJUN PERIODO 1978- 1983											
2	VARIABLE	TITULO											
	Formato												
	Valor	CONSIDERANDO SOLAMENTE EL AREA INTERVENIDA											
3	VARIABLE												
	Formato												
	Valor	DIVISION EN TRES SUBCUENCAS											
4	VARIABLE	NBYR	IYR	LU	NS	IPD	NSIM	MSIM	IGN	IHYD			
	Formato												
	Valor	0.5	1978	3	2	0	3	2	0	0			
5	VARIABLE	DA	P2	TP5	TP6	TP24	BA	BD	YLT	BRT			
	Formato												
	Valor	33.93	1.0	36.60	79.25	6.0	.01	.0002785	8.4	1.9			
6	VARIABLE	OBMX											
	Formato												
	Valor	22.48	22.93	23.0	22.0	22.23	22.77	23.48	23.4	20.96	22.08	22.16	21.73
7	VARIABLE	OBMN											
	Formato												
	Valor	6.2	7.2	7.47	7.45	9.90	9.83	9.44	9.76	8.12	9.32	8.8	7.5
8	VARIABLE	CVT											
	Formato												
	Valor	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

TABLA No	CIDINT BANCO DE PROGRAMAS		PROGRAMA: SWRRB										
	CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO INTEGRAL DE AGUAS Y TIERRAS		CODIGO: FECHA:										
9	VARIABLE	OBSL											
	Formato												
	Valor	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
10	VARIABLE	W											
	Formato												
	Valor	22.6	17.7	16.2	28.2	35.3	23.8	28.0	22.0	23.6	21.7	25.1	
11	VARIABLE												
	Formato												
	Valor	.09677	.1416	1.956	6.534	5.1921							
12	VARIABLE	PRW(1)	PRW(2)	RST(1)	RST(2)	RST(3)							
	Formato												
	Valor	.13609	.28402	3.350	8.425	4.2297							
13	VARIABLE	PRW(1)	PRW(2)	RST(1)	RST(2)	RST(3)							
	Formato												
	Valor	.11290	.29570	3.847	7.697	3.0389							
14	VARIABLE	PRW(1)	PRW(2)	RST(1)	RST(2)	RST(3)							
	Formato												
	Valor	.0889	.71111	11.144	11.637	1.1931							
15	VARIABLE	PRW(1)	PRW(2)	RST(1)	RST(2)	RST(3)							
	Formato												
	Valor	.13440	.63441	9.413	13.941	2.7673							
16	VARIABLE	PRW(1)	PRW(2)	RST(1)	RST(2)	RST(3)							
	Formato												
	Valor	.1444	.54444	4.703	7.463	2.3612							

TARJETA Nº	 BANCO DE PROGRAMAS		<small>CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO INTEGRAL DE AGUAS Y TIERRAS</small>			PROGRAMA: SWRRB
				CODIGO:	FECHA:	
17	VARIABLE	PRW(1)	PRW(2)	RST(1)	RST(2)	RST(3)
	Formato					
	Valor	.23118	.34409	2.812	6.560	5.8337
18	VARIABLE	PRW(1)	PRW(2)	RST(1)	RST(2)	RST(3)
	Formato					
	Valor	.18280	.46774	4.531	7.839	3.0949
19	VARIABLE	PRW(1)	PRW(2)	RST(1)	RST(2)	RST(3)
	Formato					
	Valor	.18333	.51667	7.201	11.31	2.1277
20	VARIABLE	PRW(1)	PRW(2)	RST(1)	RST(2)	RST(3)
	Formato					
	Valor	.15954	.51613	7.165	10.982	2.1479
21	VARIABLE	PRW(1)	PRW(2)	RST(1)	RST(2)	RST(3)
	Formato					
	Valor	.12903	.30695	3.743	8.863	3.7596
22	VARIABLE	PRW(1)	PRW(2)	RST(1)	RST(2)	RST(3)
	Formato					
	Valor	.12903	.30695	3.743	8.863	3.7596
23	VARIABLE	FLU				
	Formato					
	Valor	.0.326	.0.416	0.058		
24	VARIABLE	CN2				
	Formato					
	Valor	.75	.75	.72		

80

TARJETA Nº	 CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO INTEGRAL DE AGUAS Y TIERRAS		PROGRAMA: SWRRB
	BANCO DE PROGRAMAS		CODIGO: FECHA:
25	VARIABLE	SALB	
	Formato		
	Valor	0.125	0.125
26	VARIABLE	SNO	
	Formato		
	Valor	0.	0.
27	VARIABLE	TT	
	Formato		
	Valor	0.405	0.174
28	VARIABLE	CHL	
	Formato		
	Valor	7.5	3.75
29	VARIABLE	CHS	
	Formato		
	Valor	0.097	0.067
30	VARIABLE	CHK	
	Formato		
	Valor	10.	10.
31	VARIABLE	CHN	
	Formato		
	Valor	0.05	0.05
32	VARIABLE	OVN	
	Formato		
	Valor	0.05	0.05

TARJETA Nº	 CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO INTEGRAL DE AGUAS Y TIERRAS BANCO DE PROGRAMAS		PROGRAMA:	SWRRB
			CODIGO:	FECHA:
33	VARIABLE	RT1		
	Formato			
	Valor	1.9	1.9	1.9
34	VARIABLE	CSS		
	Formato			
	Valor	0.0	0.0	0.0
35	VARIABLE	EK		
	Formato			
	Valor	0.35	0.35	0.39
36	VARIABLE	ECP		
	Formato			
	Valor	.59	.61	.63
37	VARIABLE	SL		
	Formato			
	Valor	59.7	61.2	63.8
38	VARIABLE	STP		
	Formato			
	Valor	.11	.12	.13
39	VARIABLE	FP		
	Formato			
	Valor	0.0	0.0	0.0
40	VARIABLE	FR		
	Formato			
	Valor	0.0	0.0	0.0

TARJETA Nº	 <small>CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO INTERIOR DE AGUAS Y TIERRAS</small> BANCO DE PROGRAMAS		PROGRAMA: SWRRB
			CODIGO: FECHA: 1
41	VARIABLE	Z	
	Formato		
	Valor	300. 1000.	
42	VARIABLE	T1	
	Formato		
	Valor	1.6 1.6	
43	VARIABLE	T4	
	Formato		
	Valor	0.14 0.14	
44	VARIABLE	SC	
	Formato		
	Valor	25.0 25.	
45	VARIABLE	CLA	
	Formato		
	Valor	18. 16.	
46	VARIABLE	SIL	
	Formato		
	Valor	46. 46.	
47	VARIABLE	Z	
	Formato		
	Valor	50. 1100.	
48	VARIABLE	T1	
	Formato		
	Valor	1.32 1.6	

TARJETA Nº	 <small>CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO INTEGRAL DE AGUAS Y TIERRAS</small>		PROGRAMA: SWRRB	
	BANCO DE PROGRAMAS		CODIGO:	FECHA:
49	VARIABLE	T4		
	Formato			
	Valor	0.21	0.14	
50	VARIABLE	SC		
	Formato			
	Valor	8.	25.	
51	VARIABLE	CLA		
	Formato			
	Valor	35.	18.	
52	VARIABLE	SIL		
	Formato			
	Valor	03.	46.	
53	VARIABLE	Z		
	Formato			
	Valor	43.	1050.	
54	VARIABLE	T1		
	Formato			
	Valor	1.6	1.6	
55	VARIABLE	T4		
	Formato			
	Valor	0.14	0.14	
56	VARIABLE	SC		
	Formato			
	Valor	25.	25.	

TARJETA Nº	 CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO INTEGRAL DE AGUAS Y TIERRAS BANCO DE PROGRAMAS		PROGRAMA: SWRRB
			CODIGO: FECHA:
57	VARIABLE	CLA	
	Formato		
	Valor	18. 18.	
58	VARIABLE	SIL	
	Formato		
	Valor	46. 46.	
59	VARIABLE	MO IDA MOH IDH	
	Formato		
	Valor	12 15 11 30	
60	VARIABLE	CVM BLAT	
	Formato		
	Valor	.006 3.	
61	VARIABLE	MO IDA MOH IDH	
	Formato		
	Valor	12 15 11 30	
62	VARIABLE	CVM BLAT	
	Formato		
	Valor	0.107 3.	
63	VARIABLE	MO IDA MOH IDH	
	Formato		
	Valor	12 15 11 30	
64	VARIABLE	CVM BLAI	
	Formato		
	Valor	.006 3.	

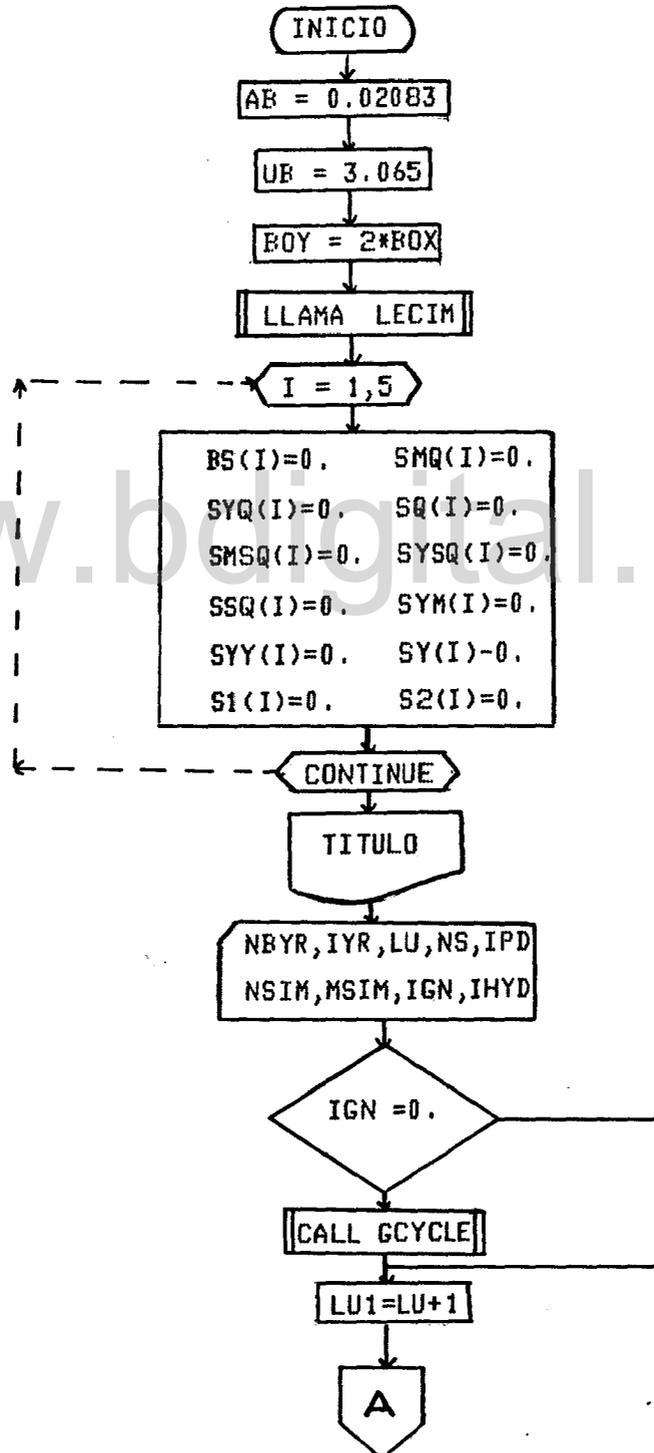
www.bdigital.ula.ve

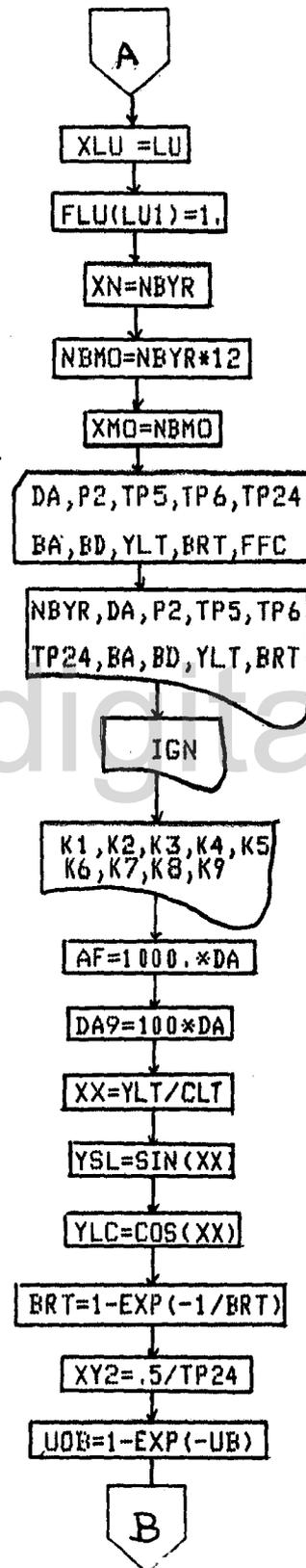
FLUJOGRAMA DEL PROG PRINCIPAL

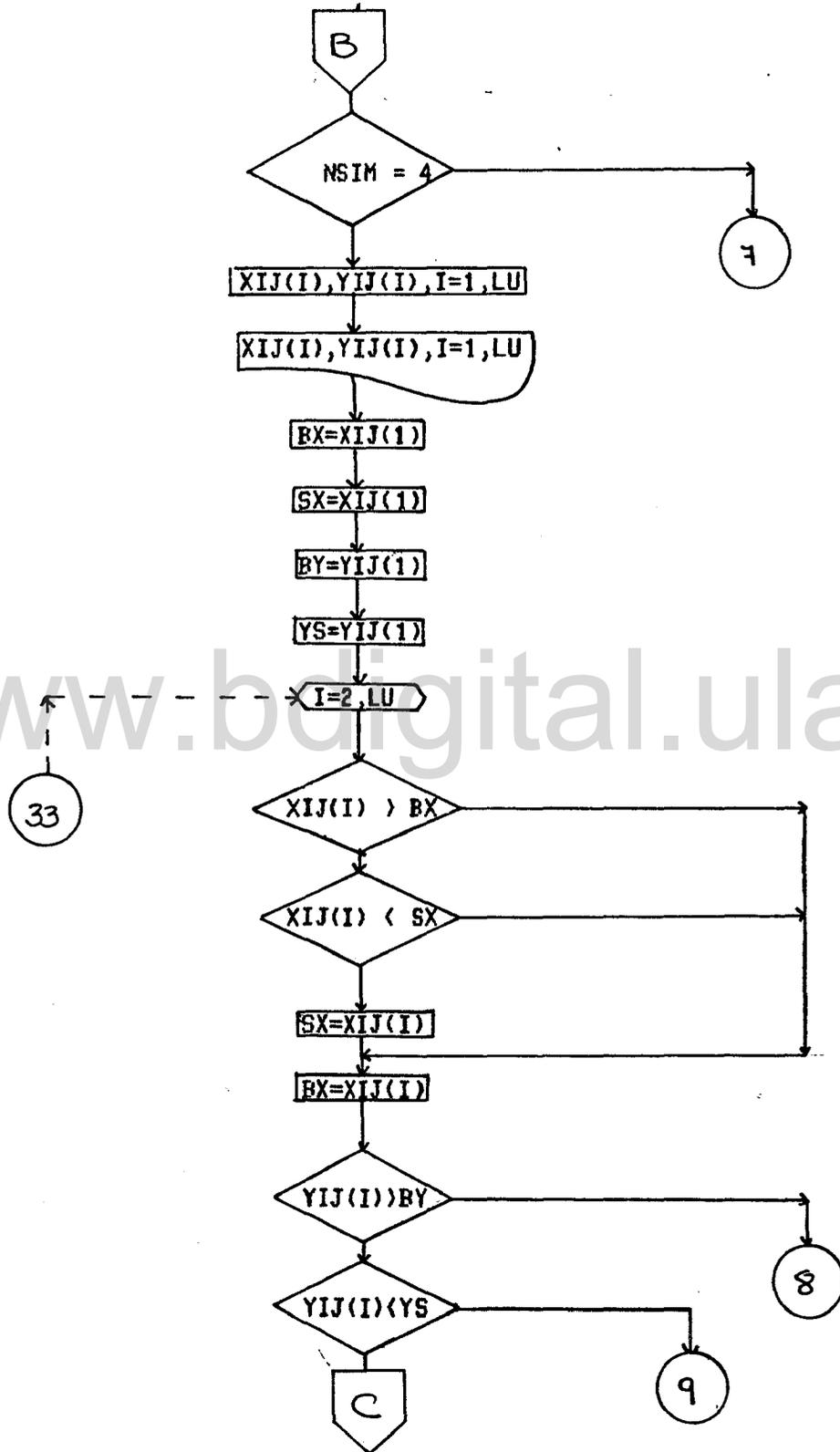
www.bdigital.ula.ve

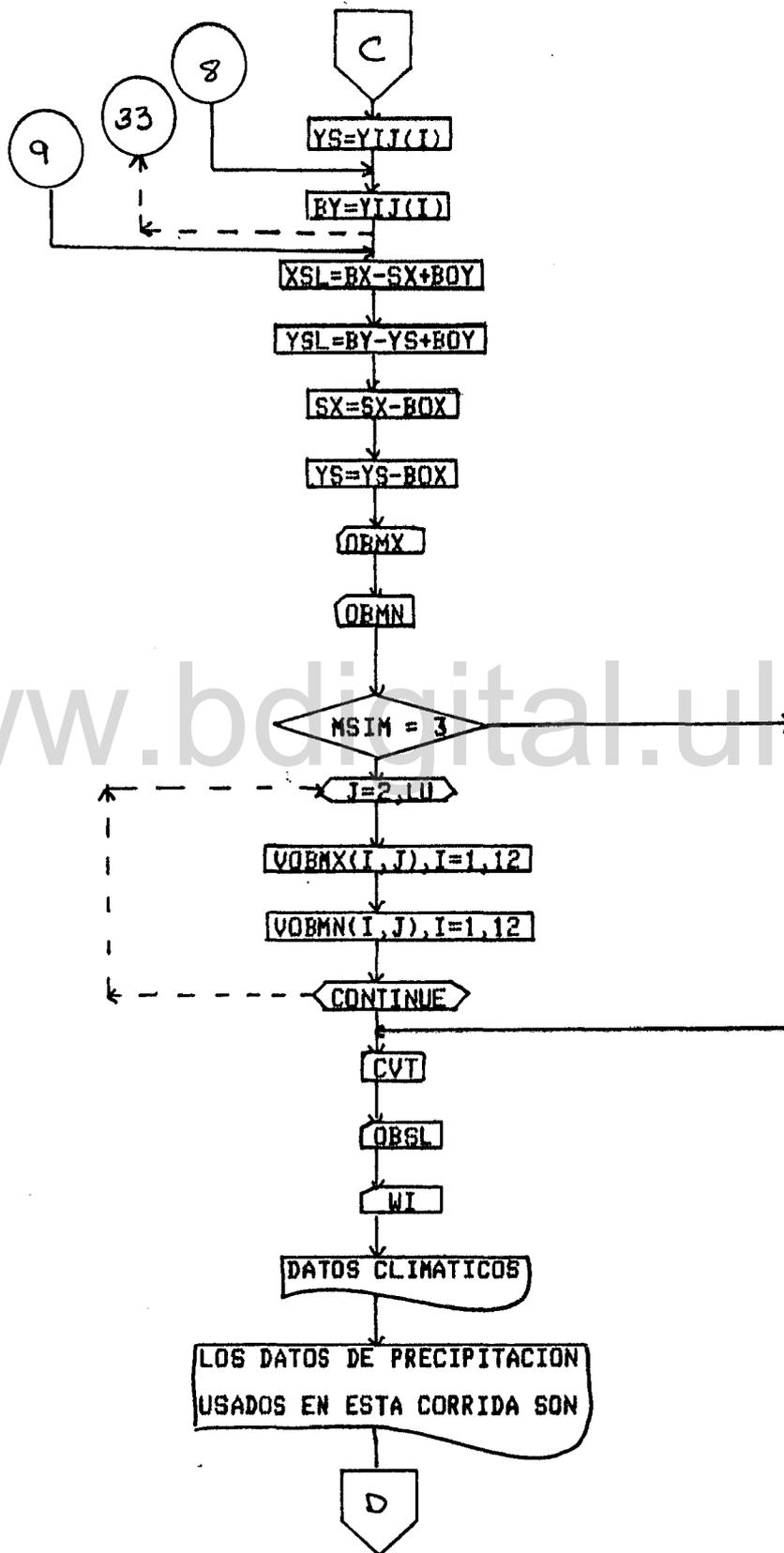
www.bdigital.ula.ve

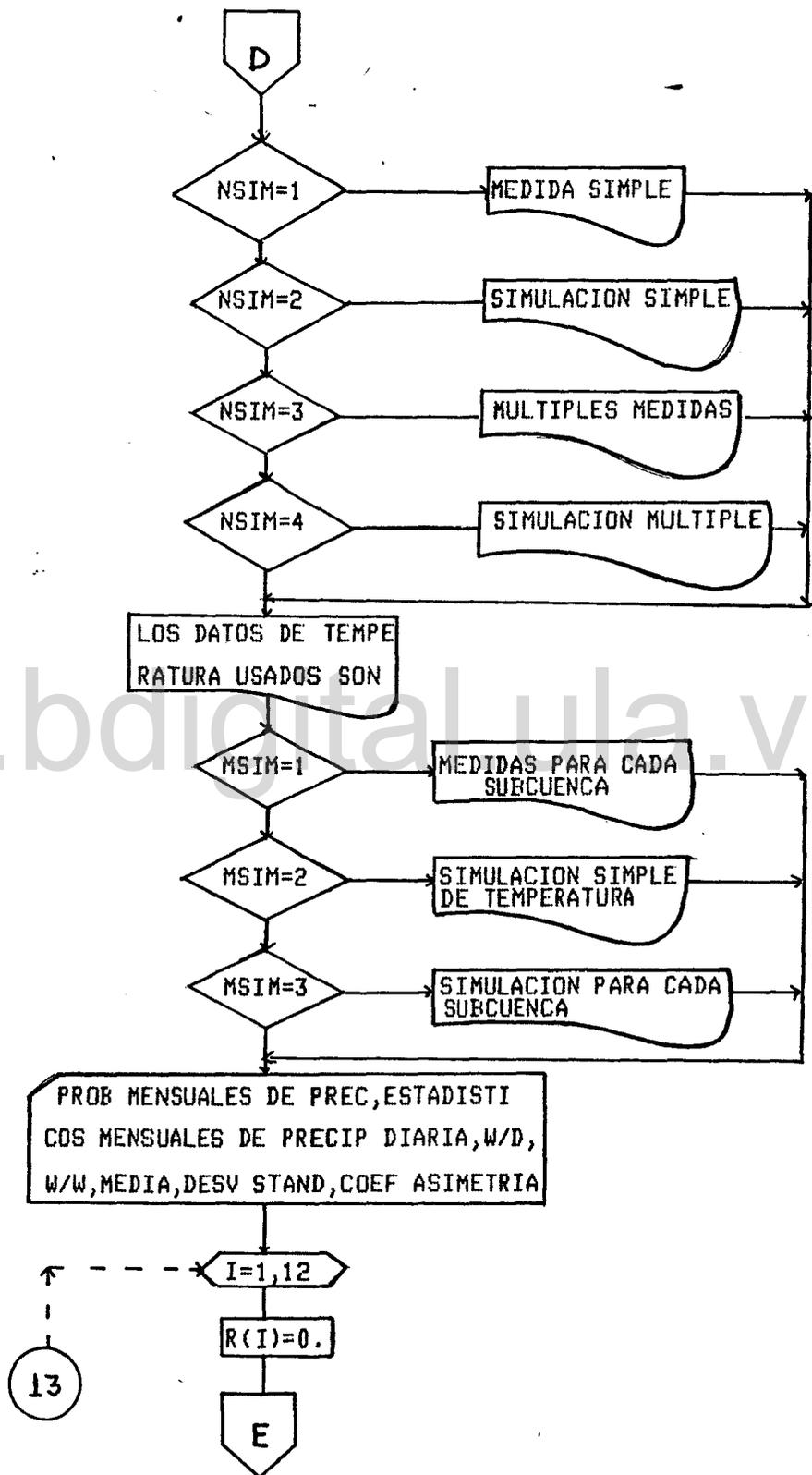
PROGRAMA SWRRB

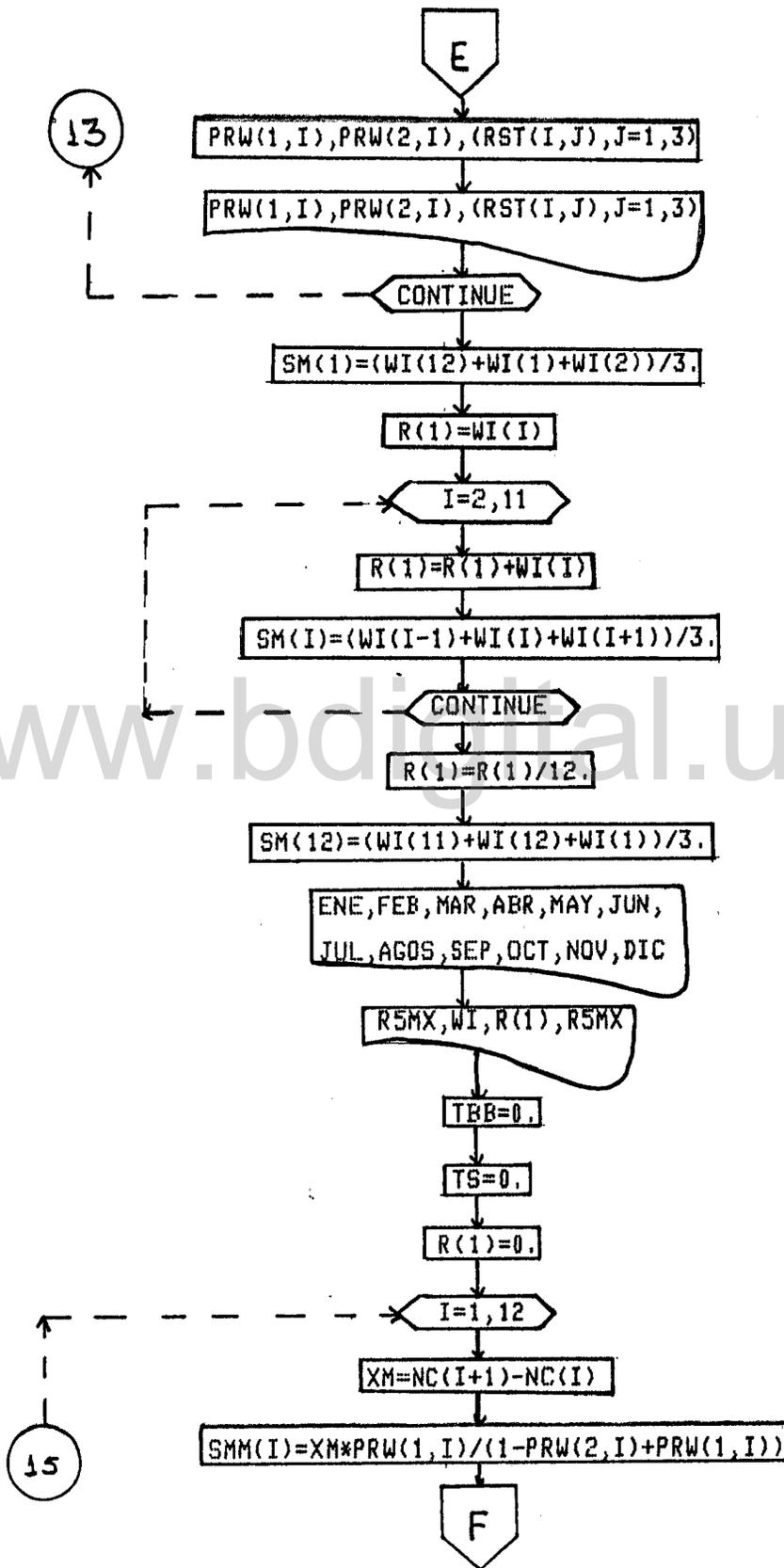


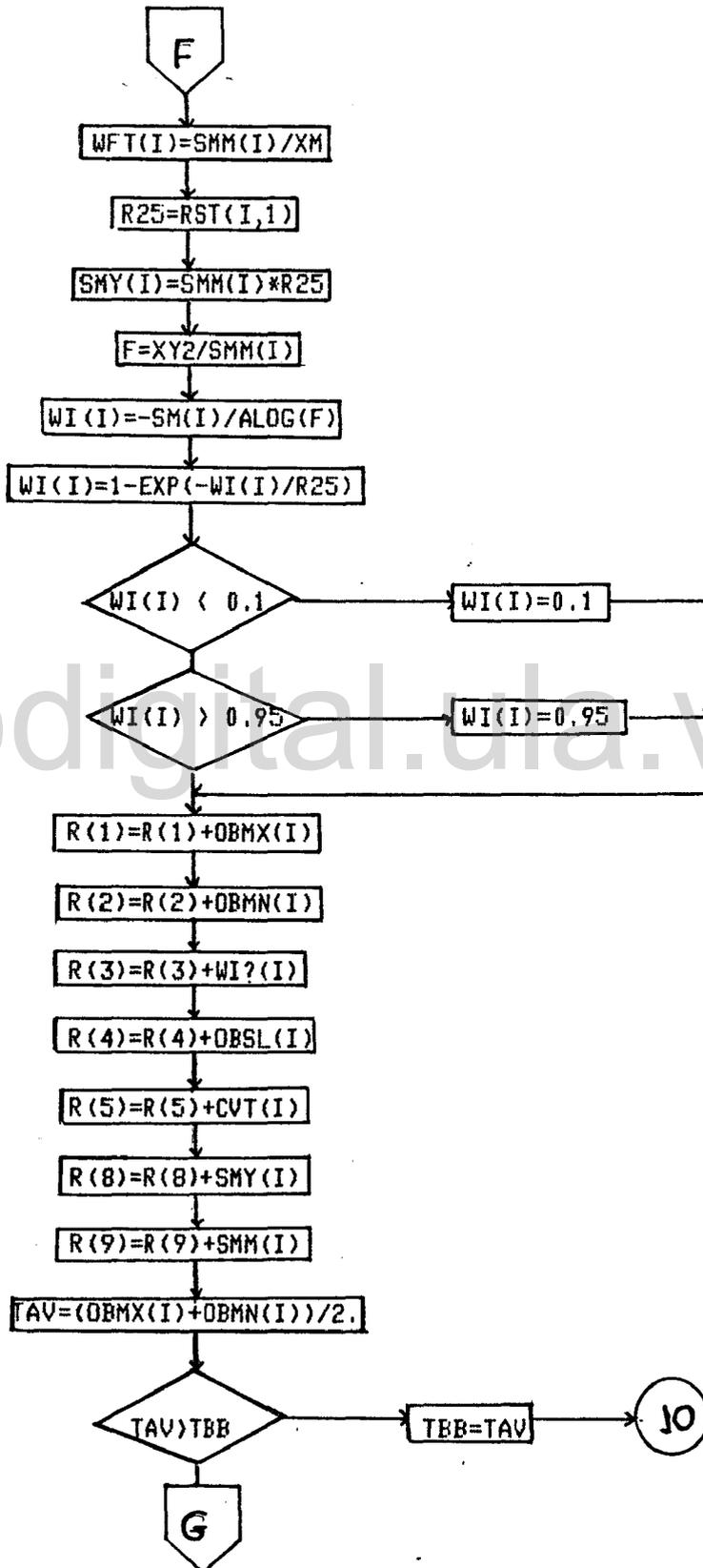


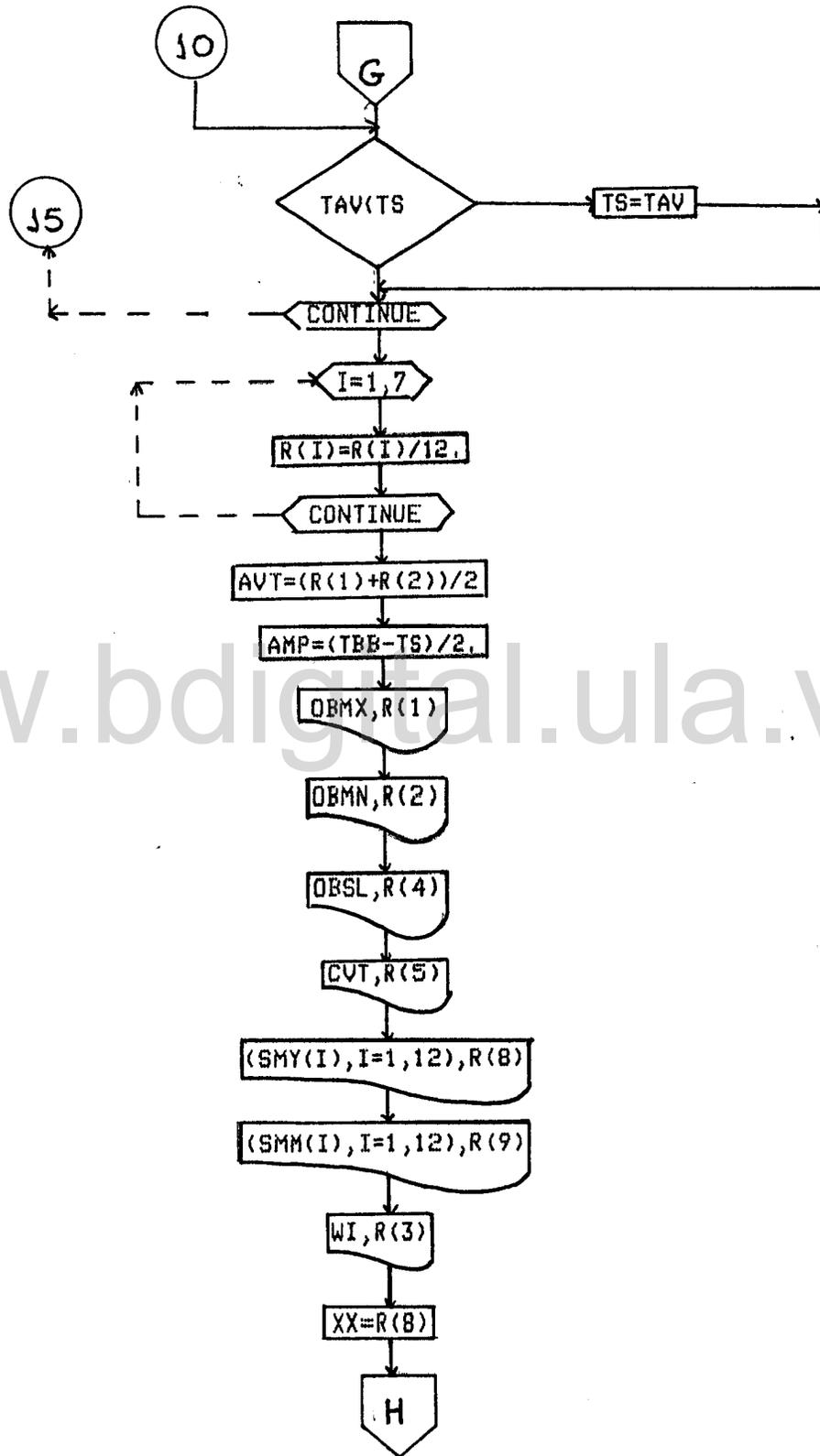






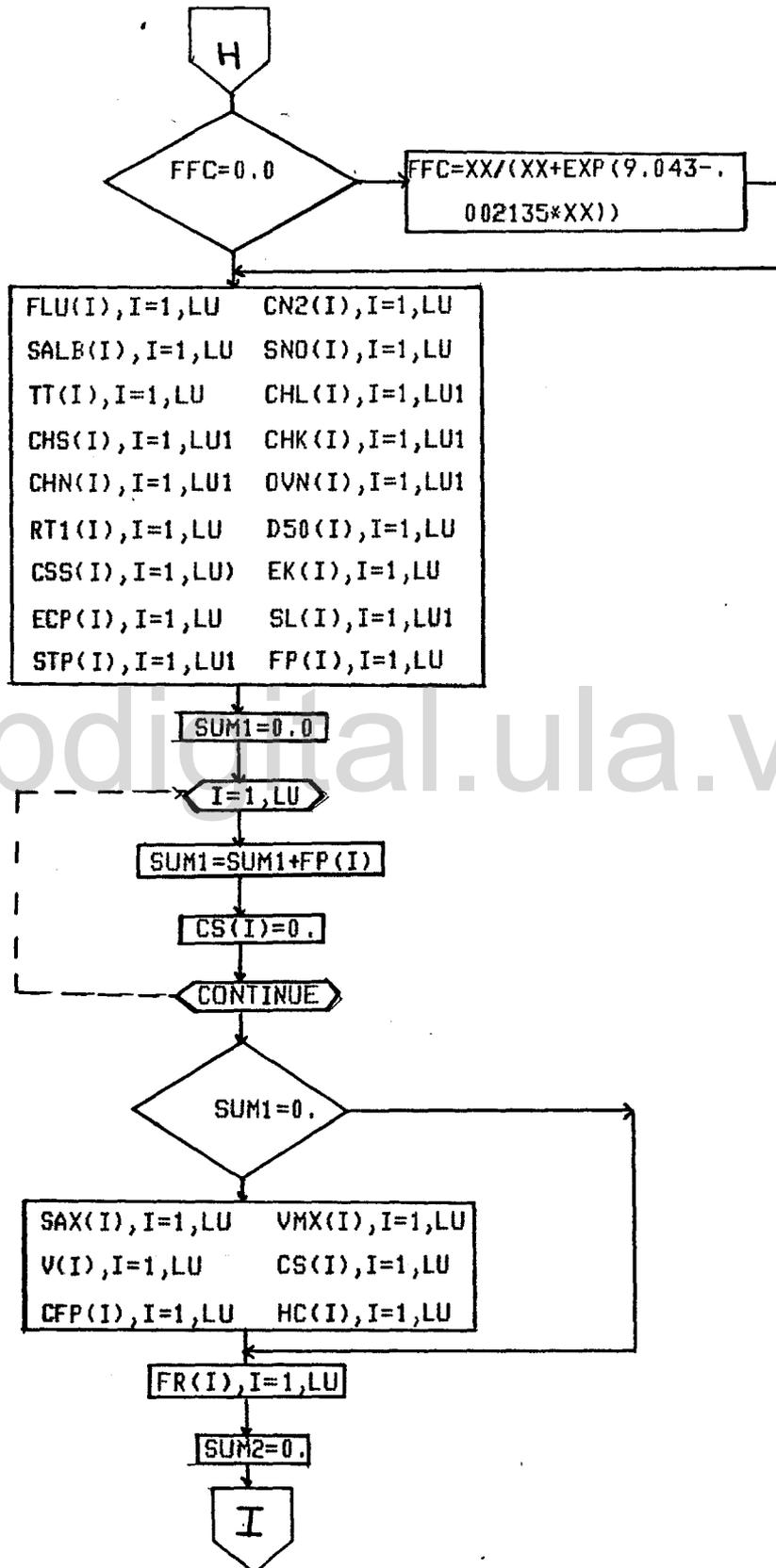




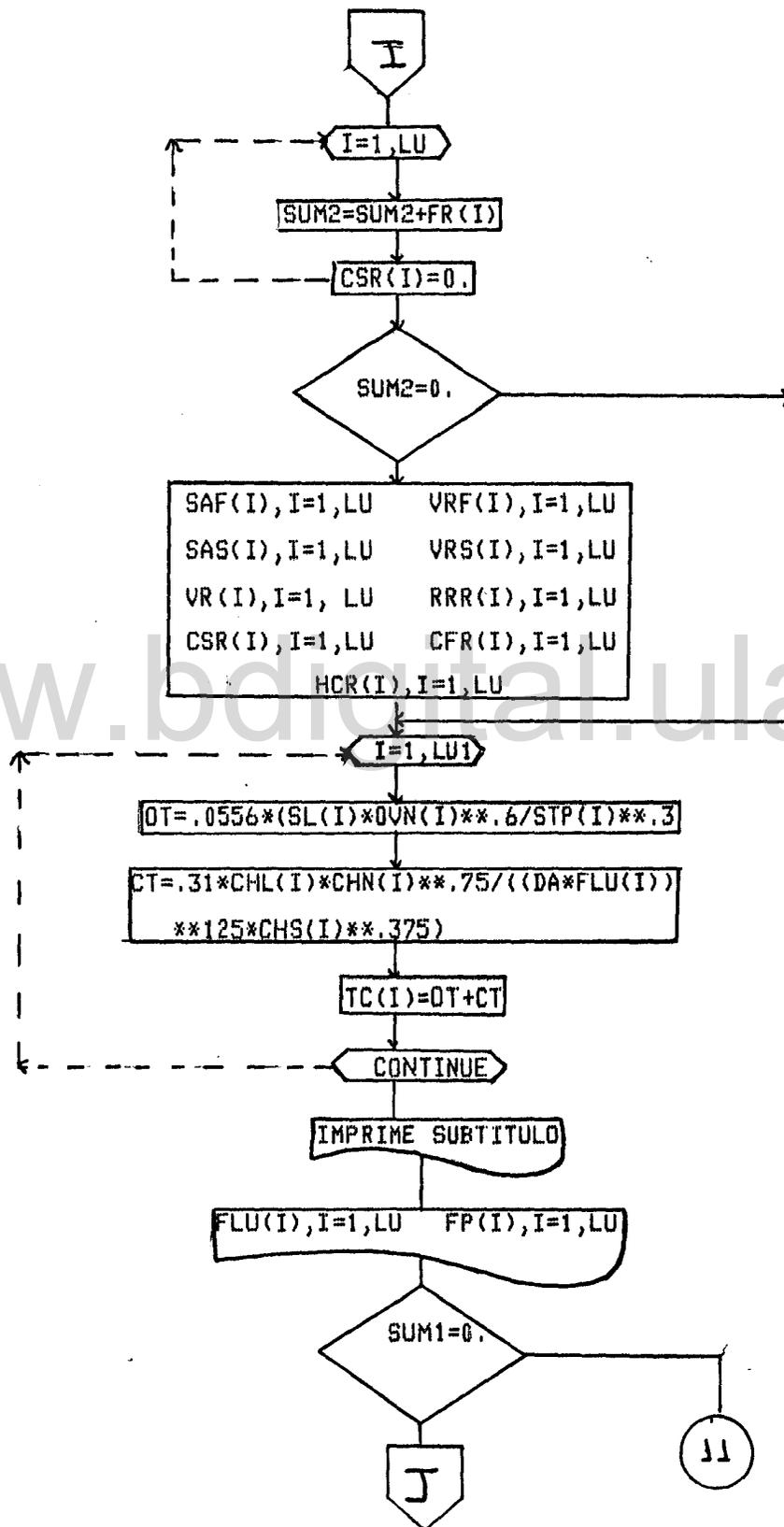


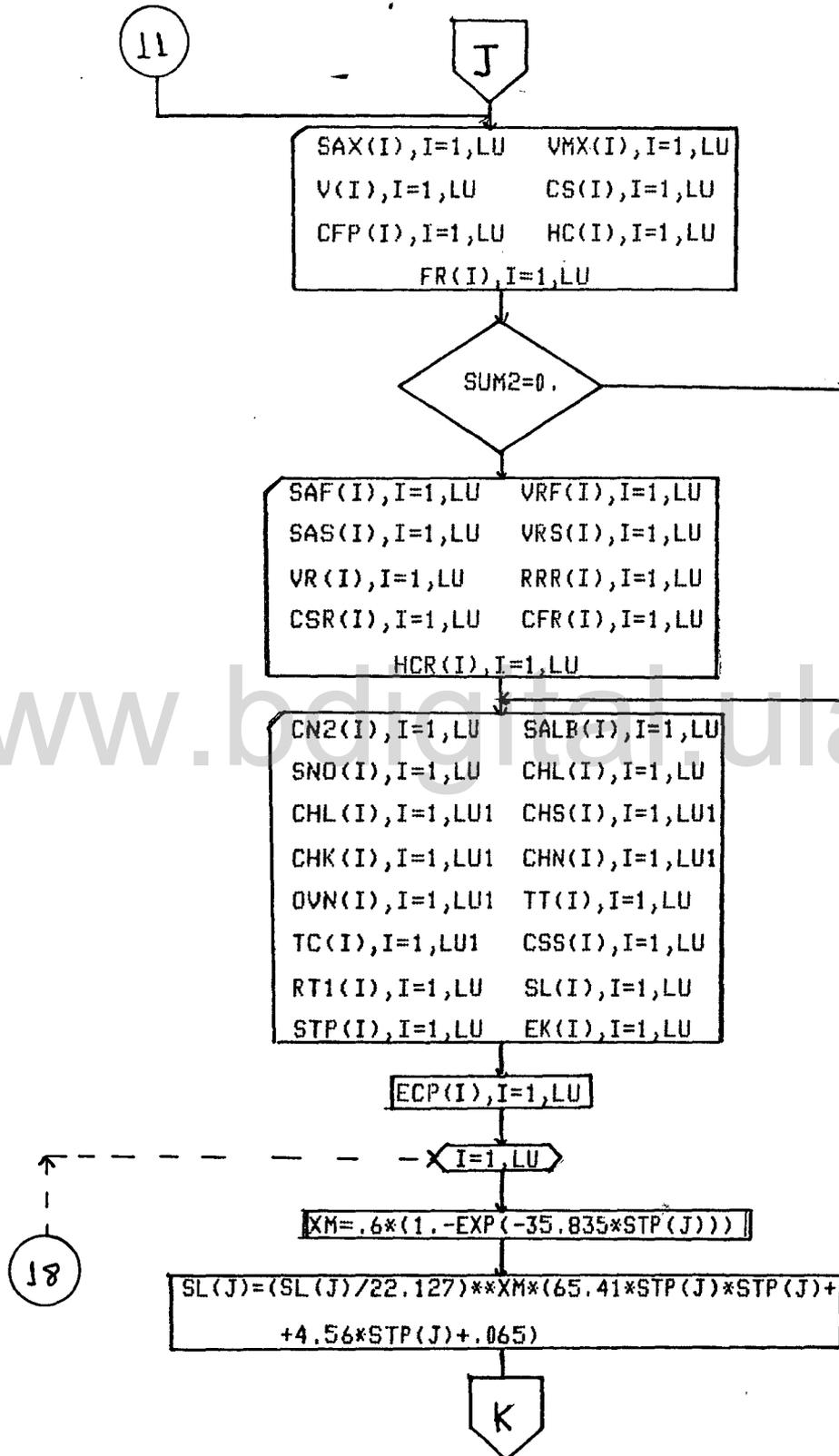
www.bdigital.ula.ve

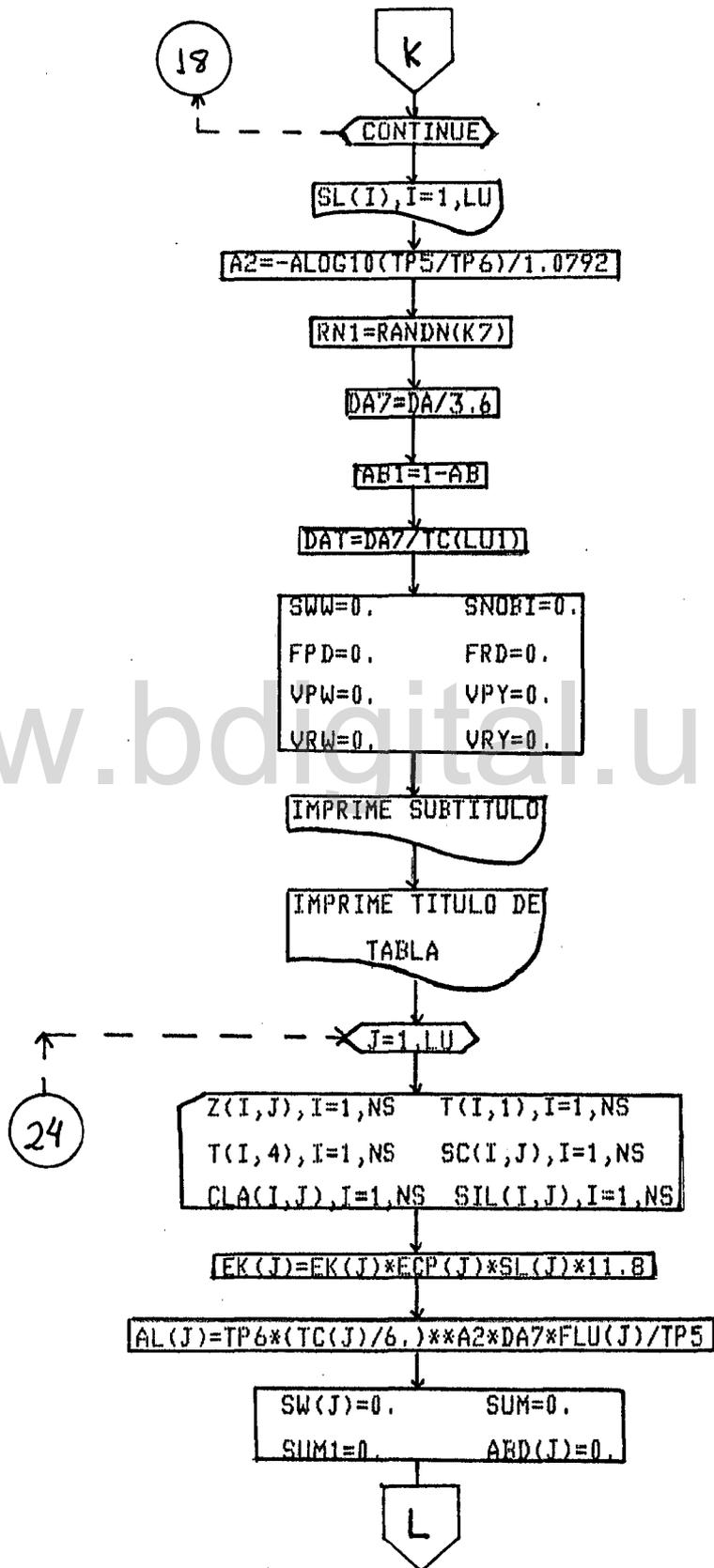
125



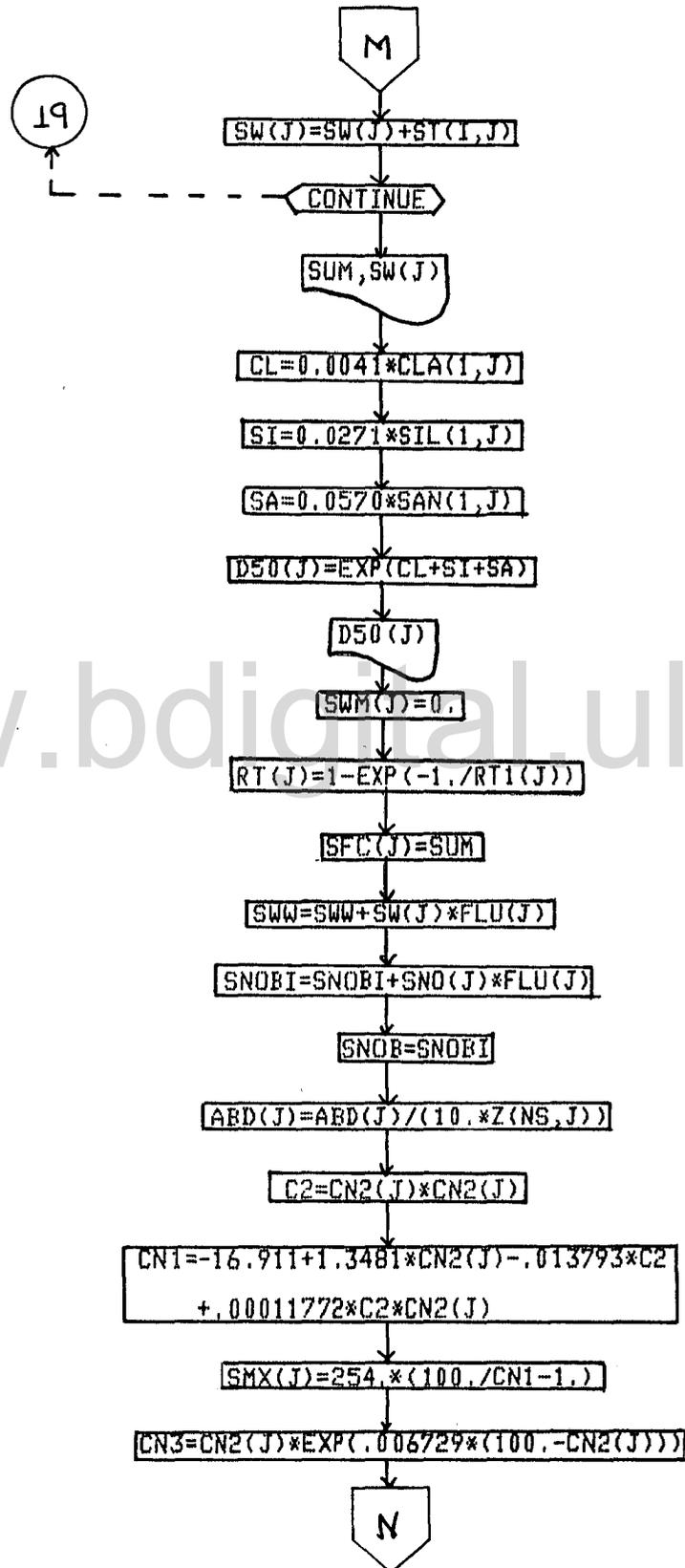
www.bdigital.ula.ve

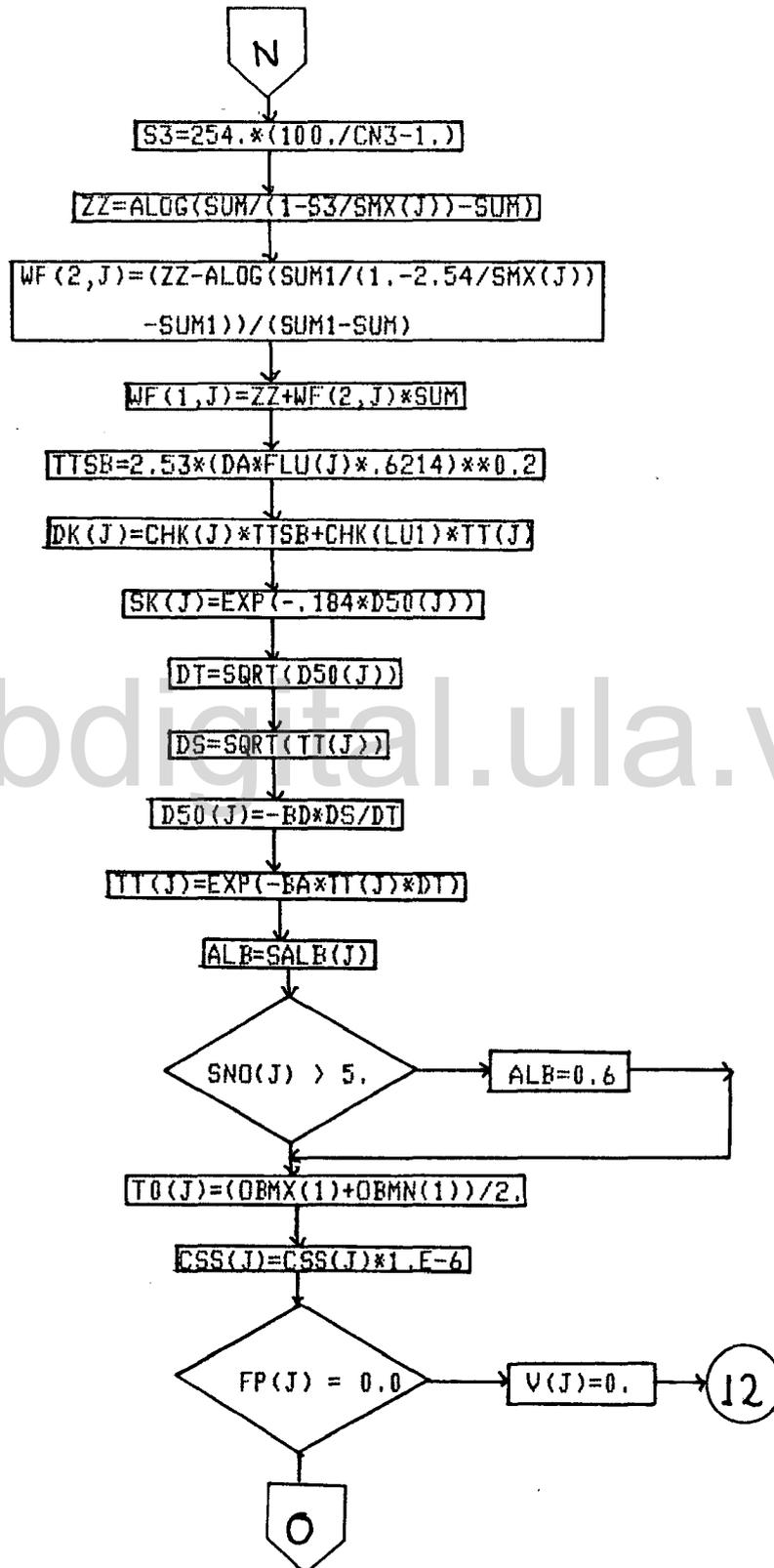


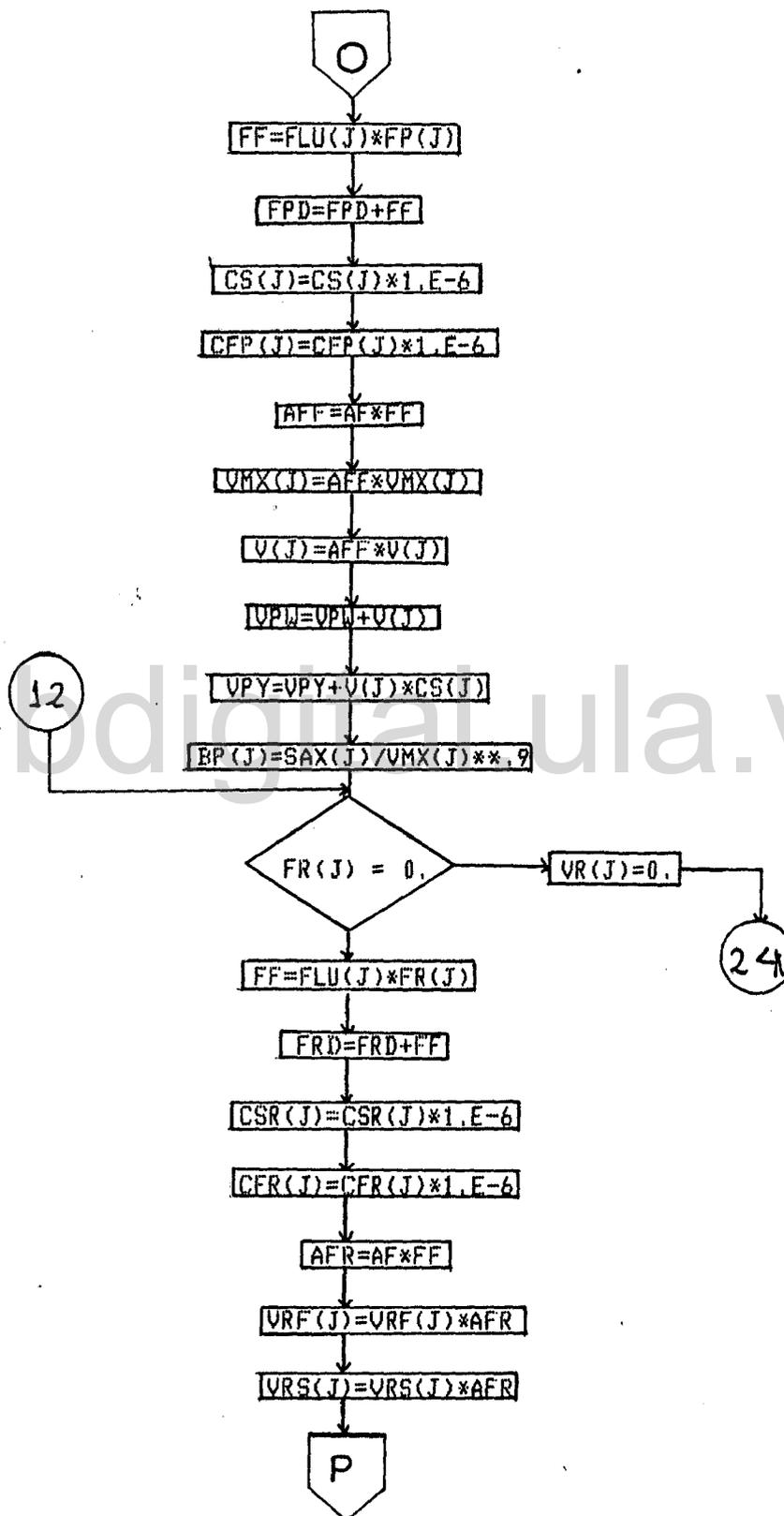


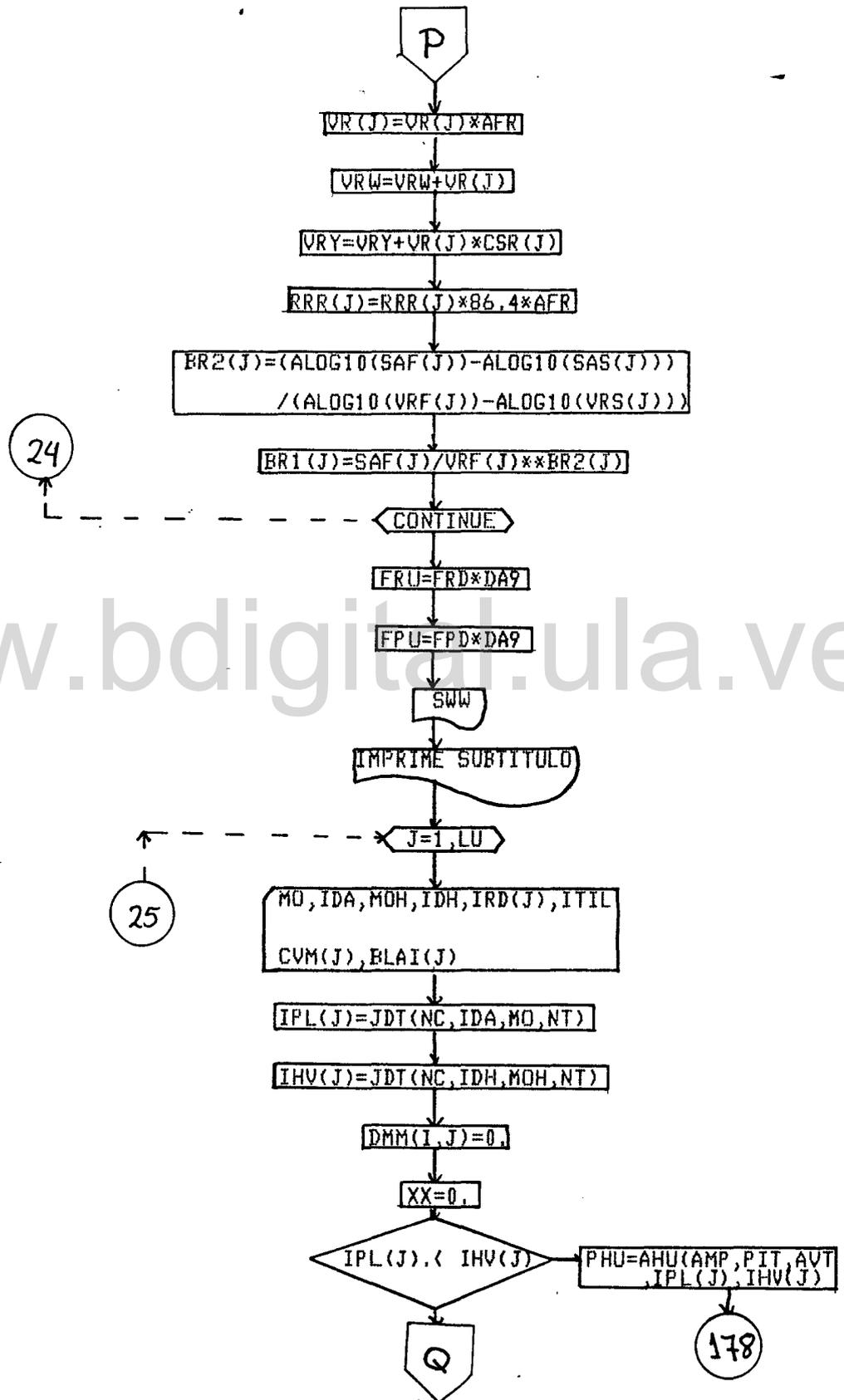


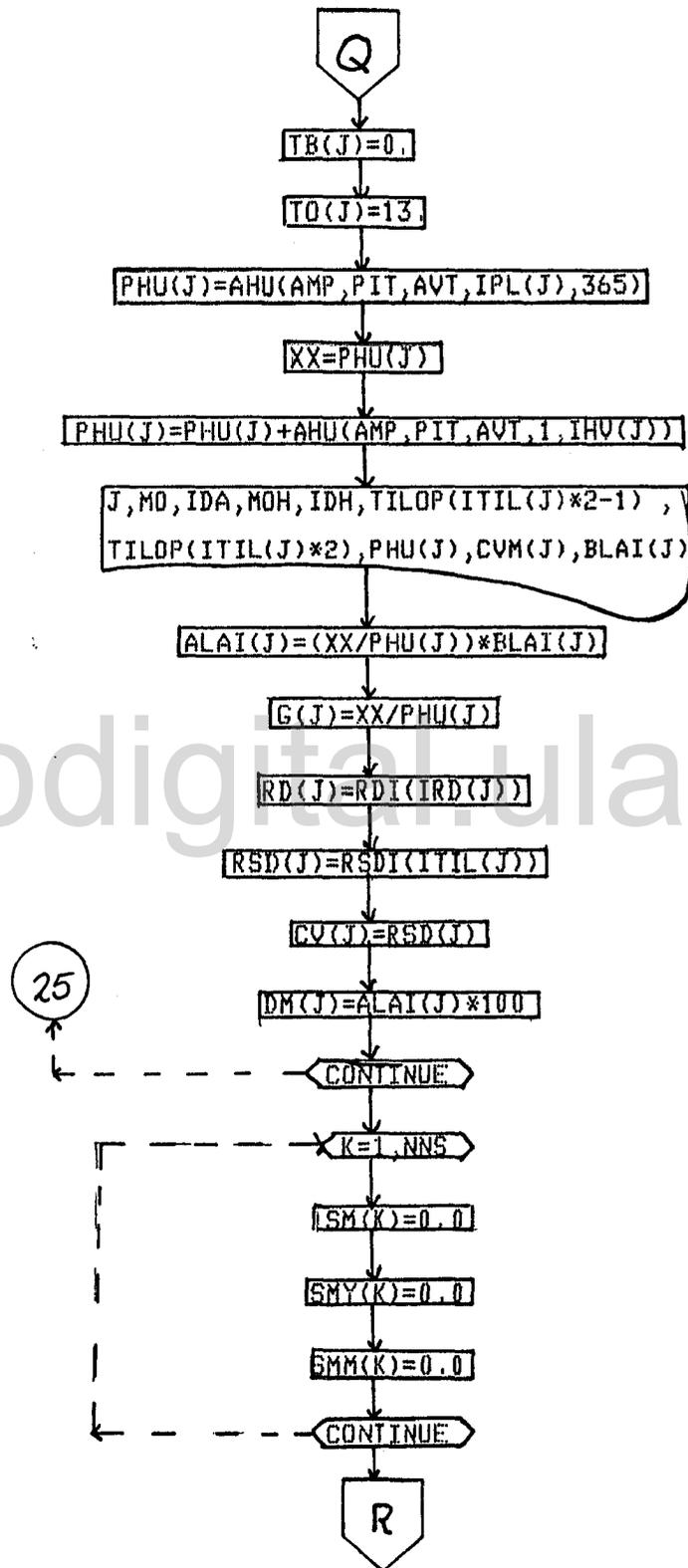




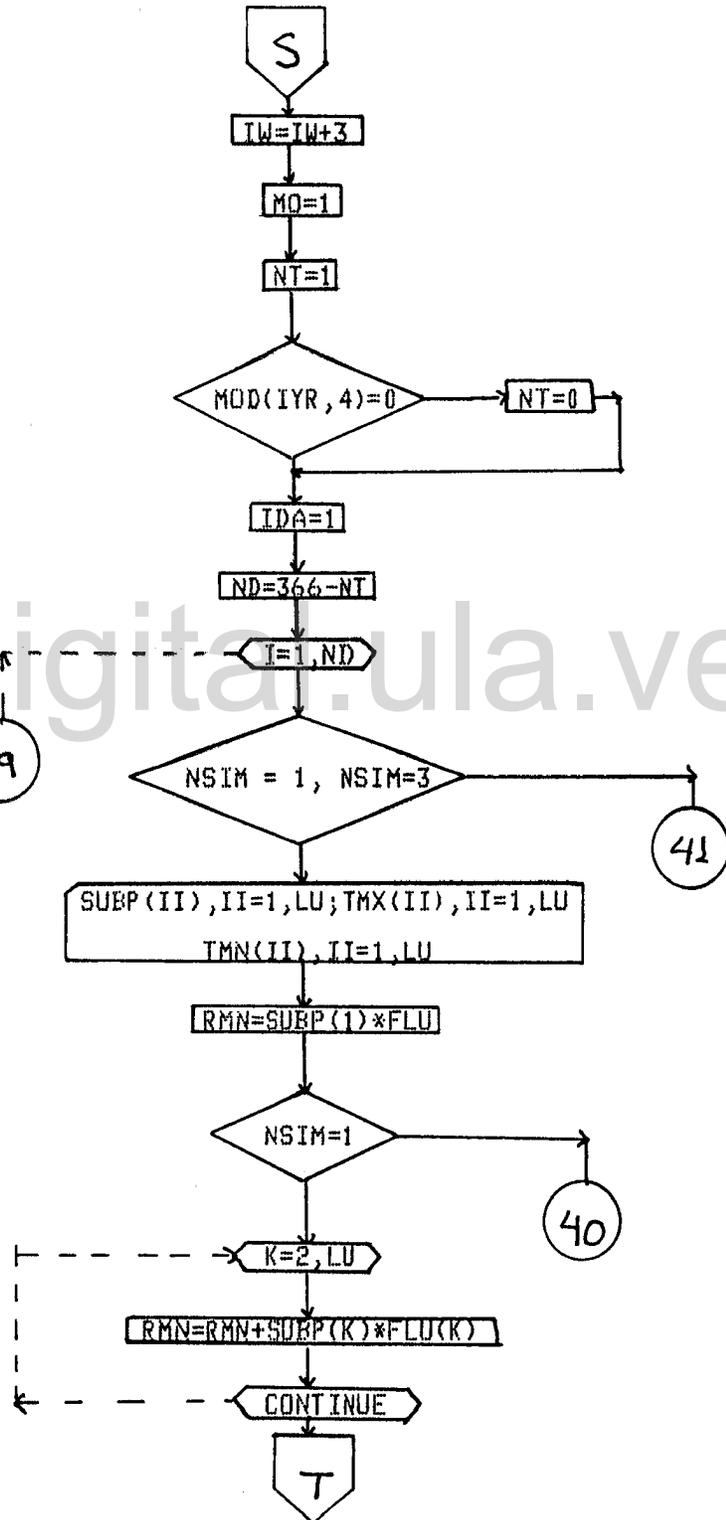


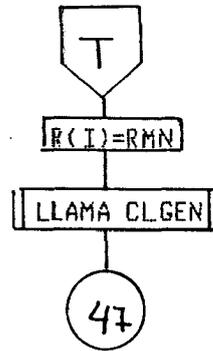




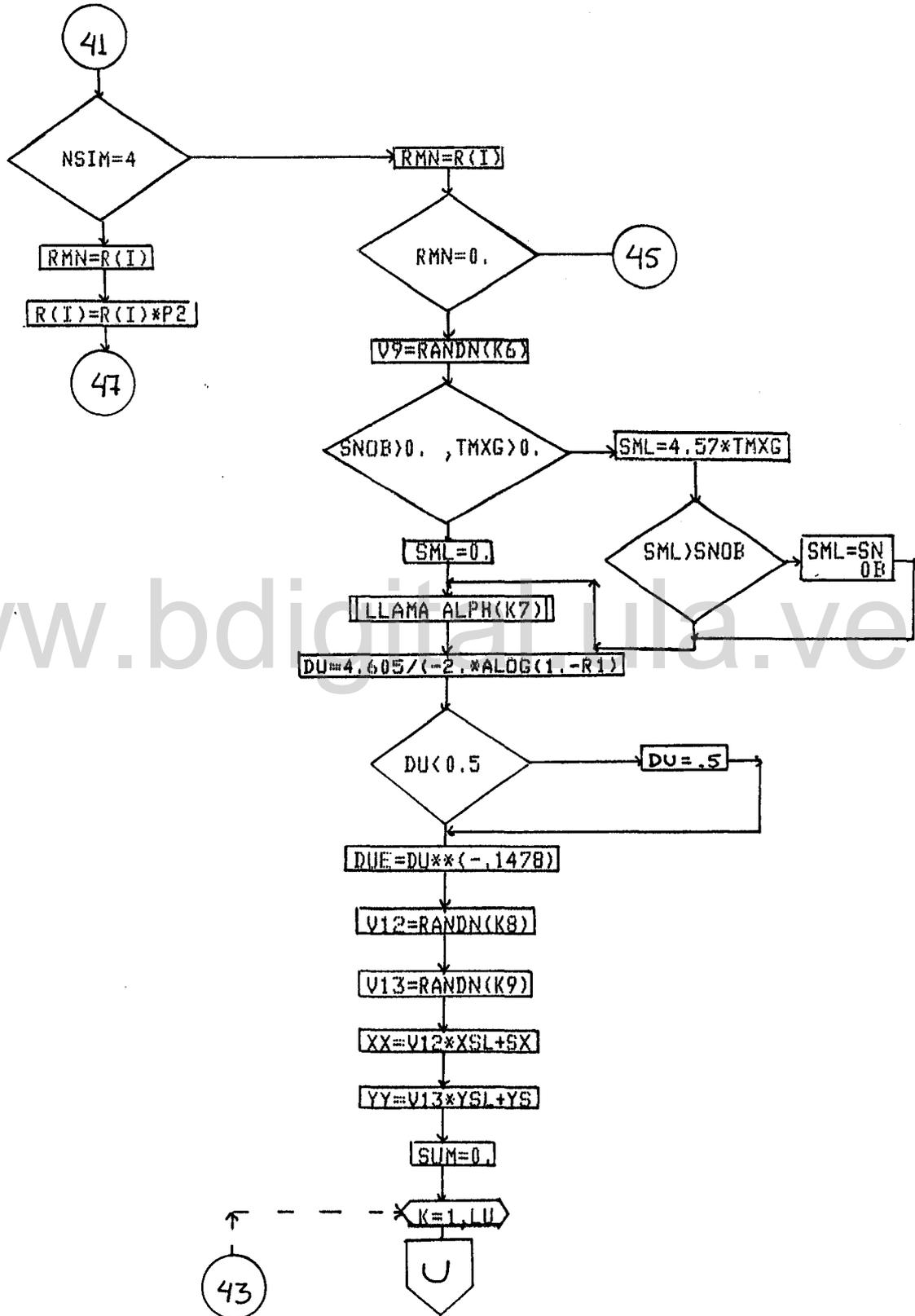


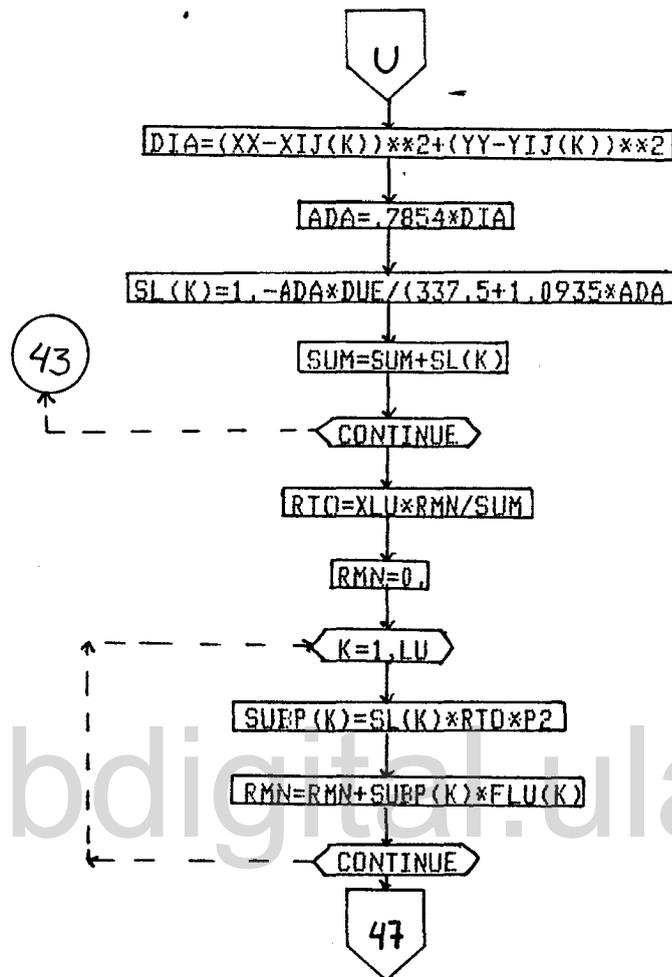


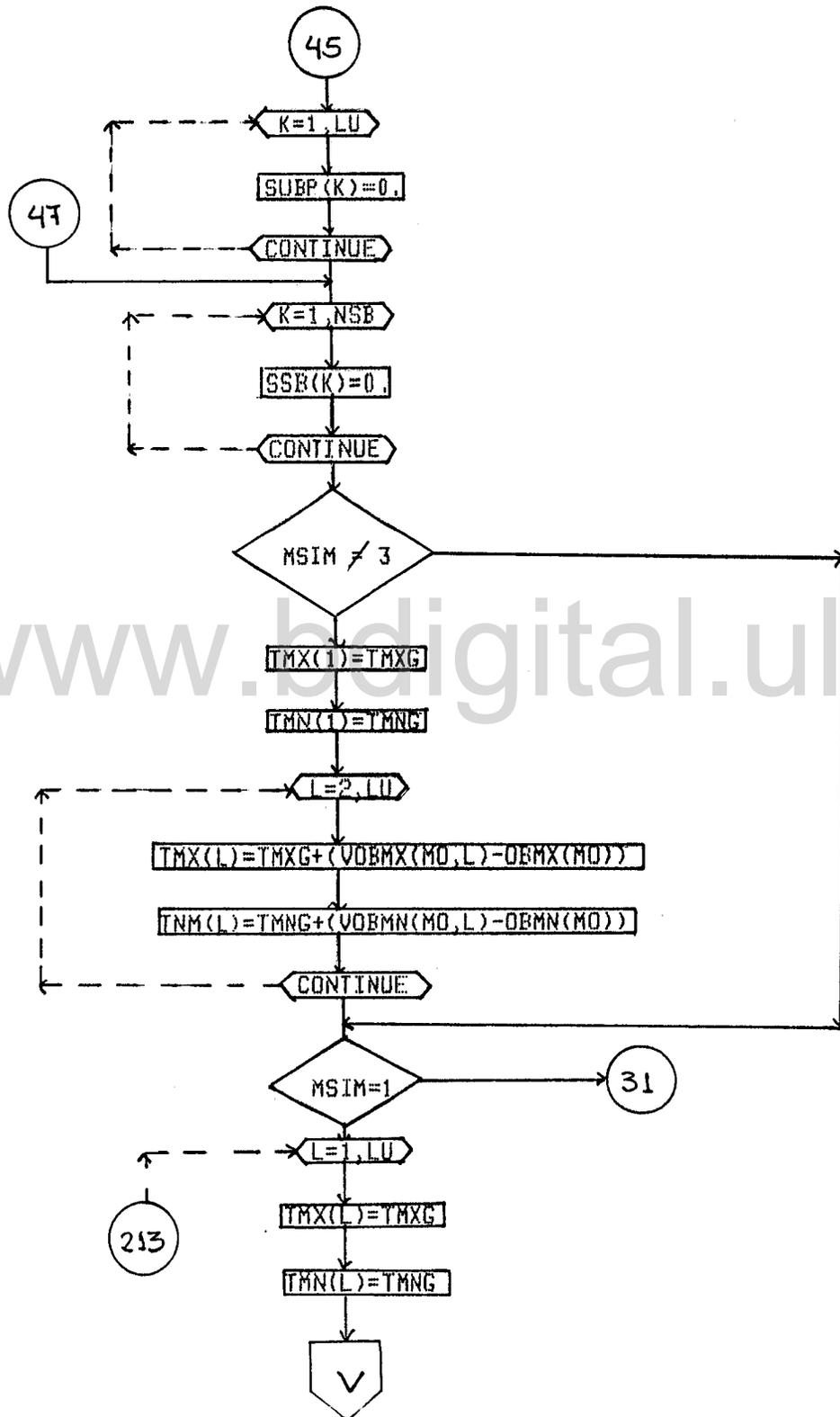




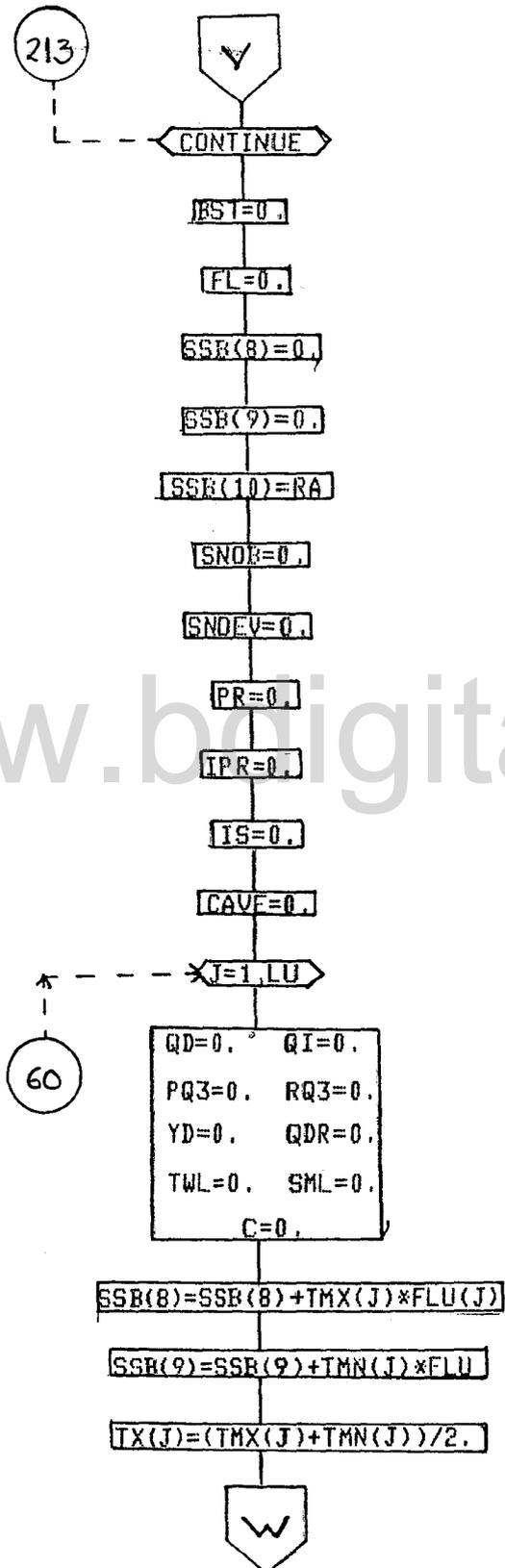
www.bdigital.ula.ve

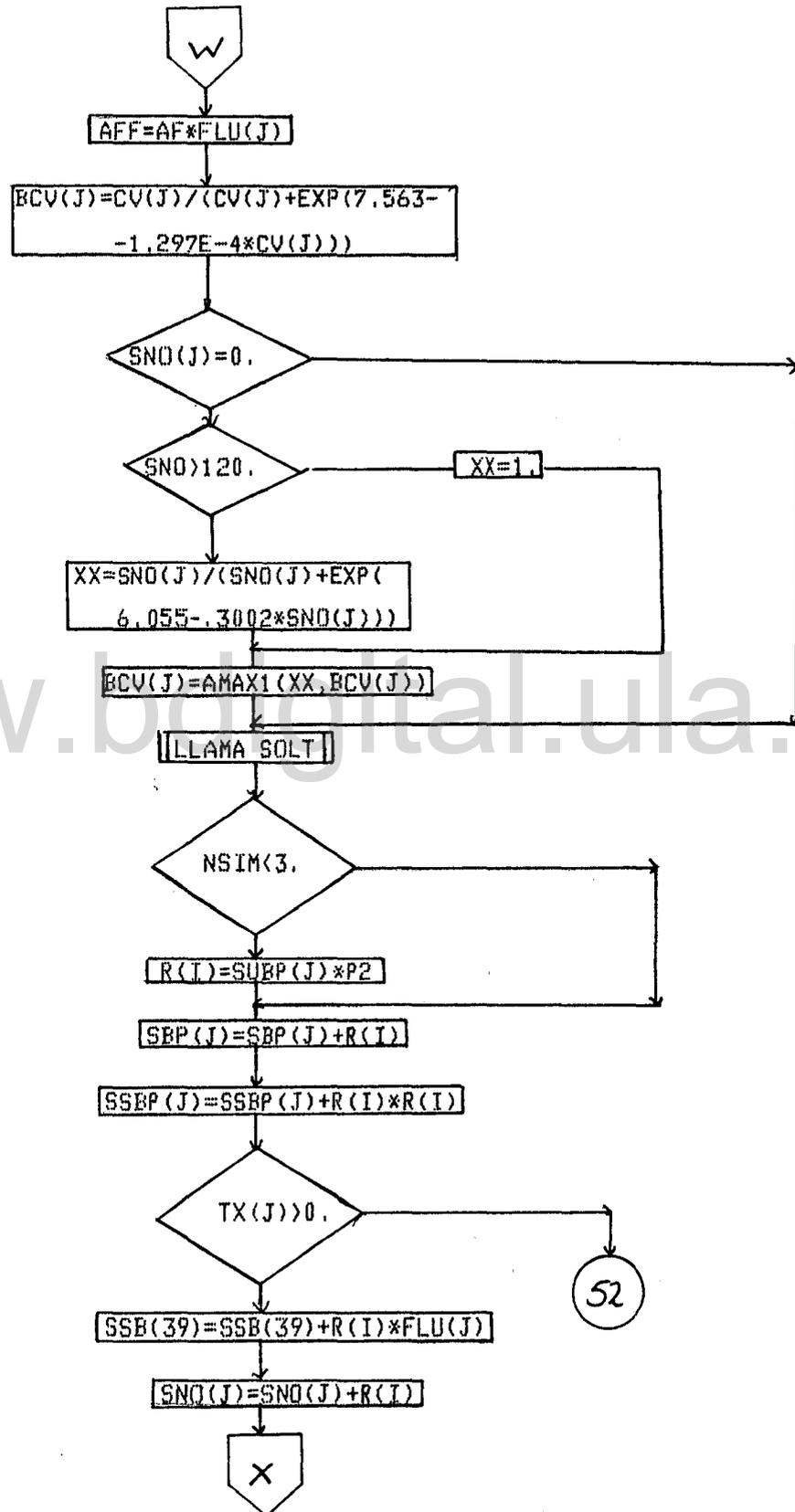


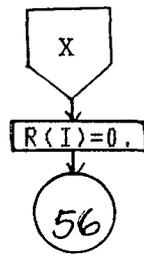




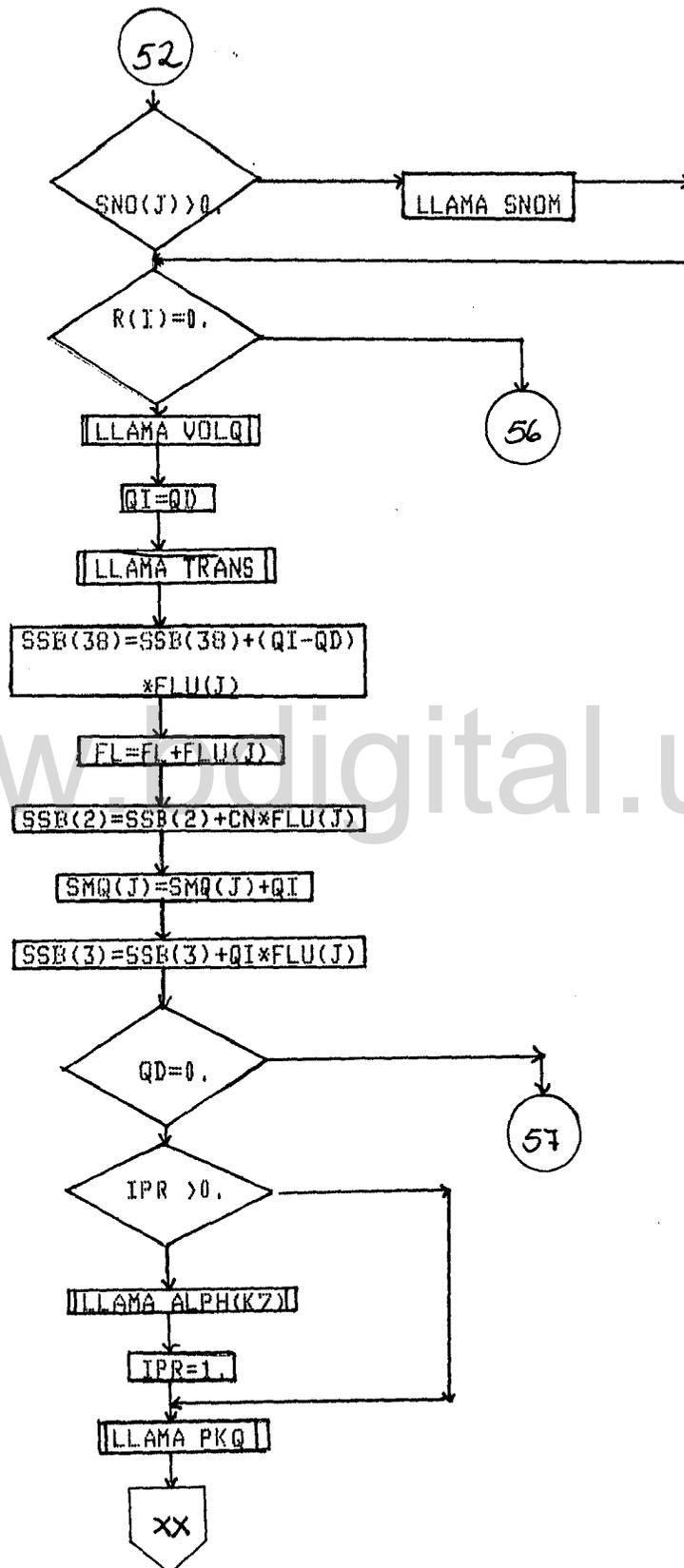
www.digital.ula.ve

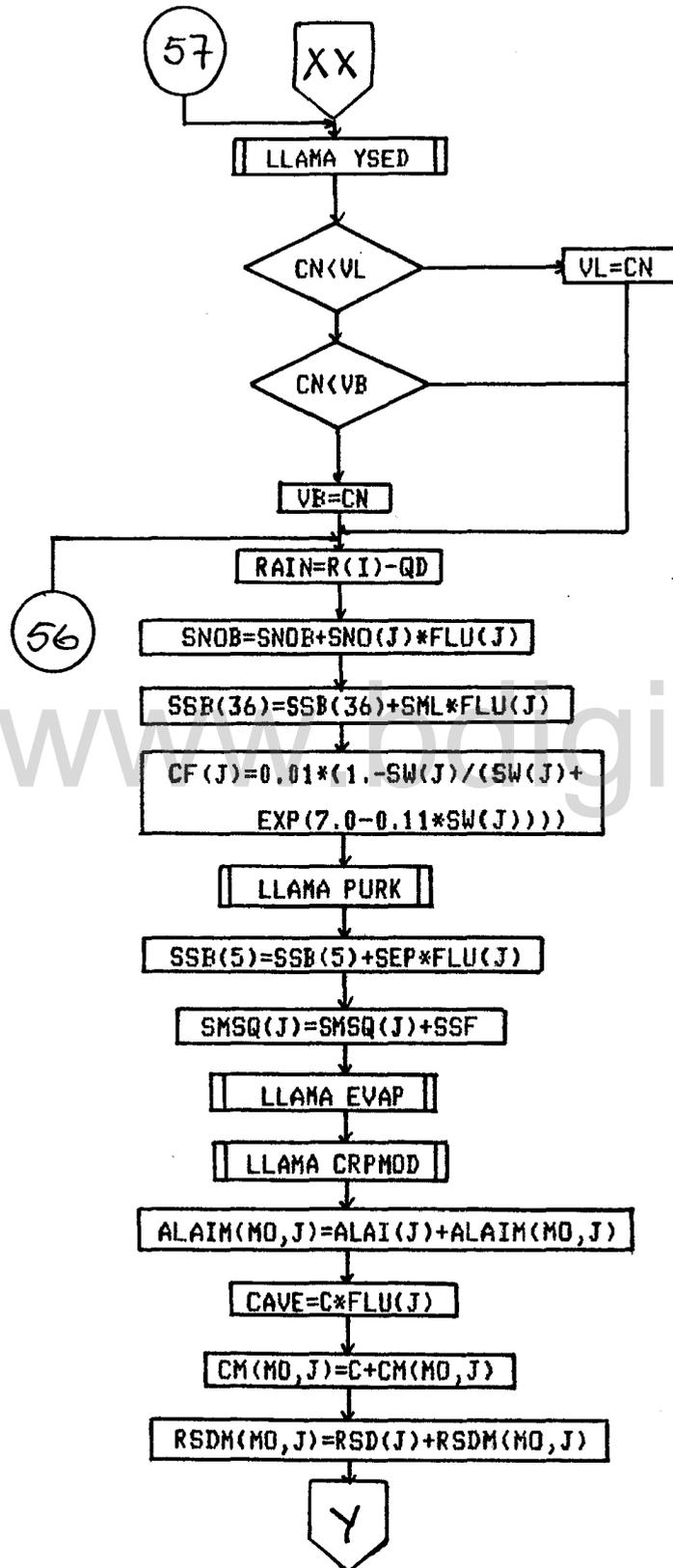


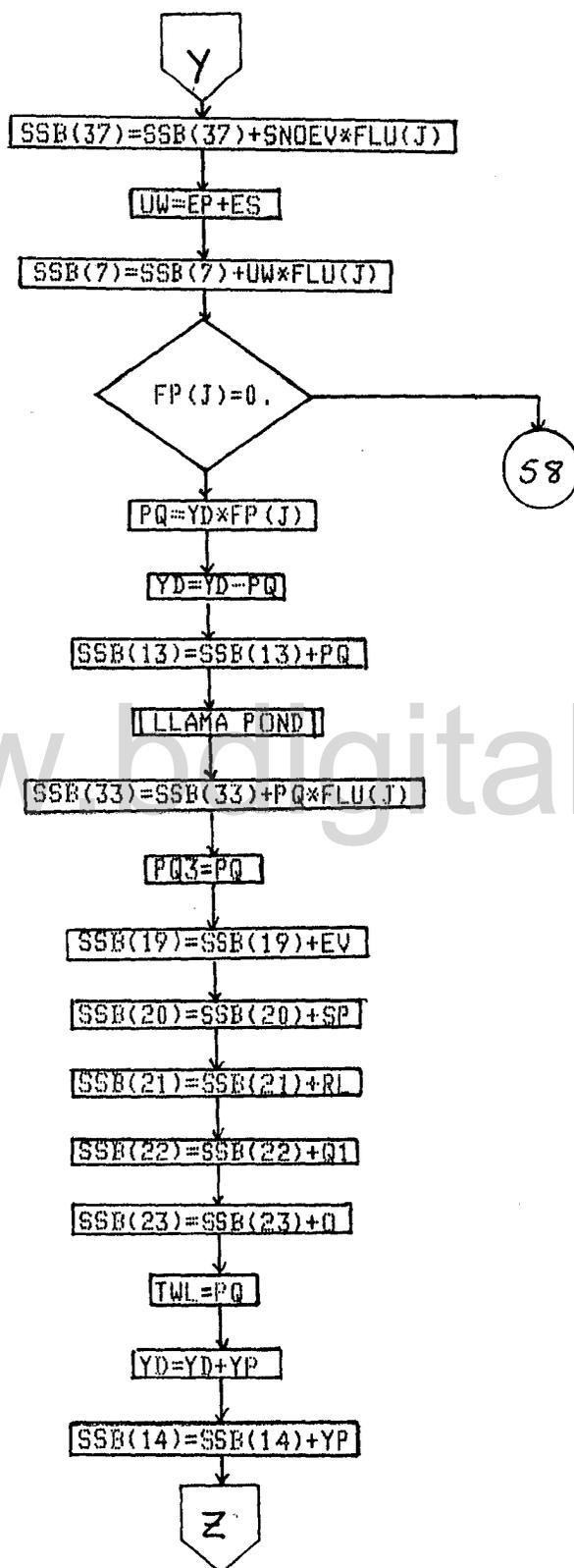


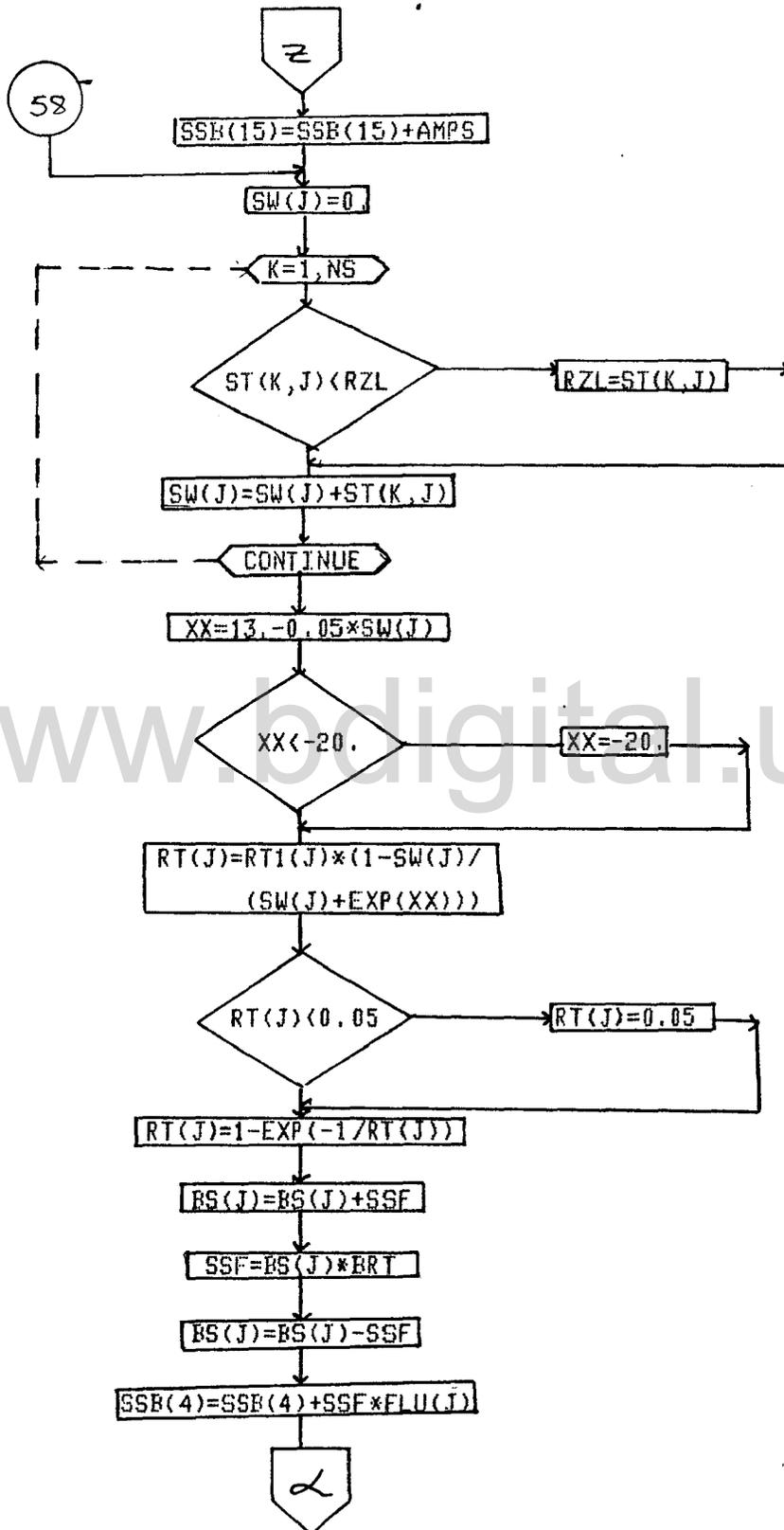


www.bdigital.ula.ve

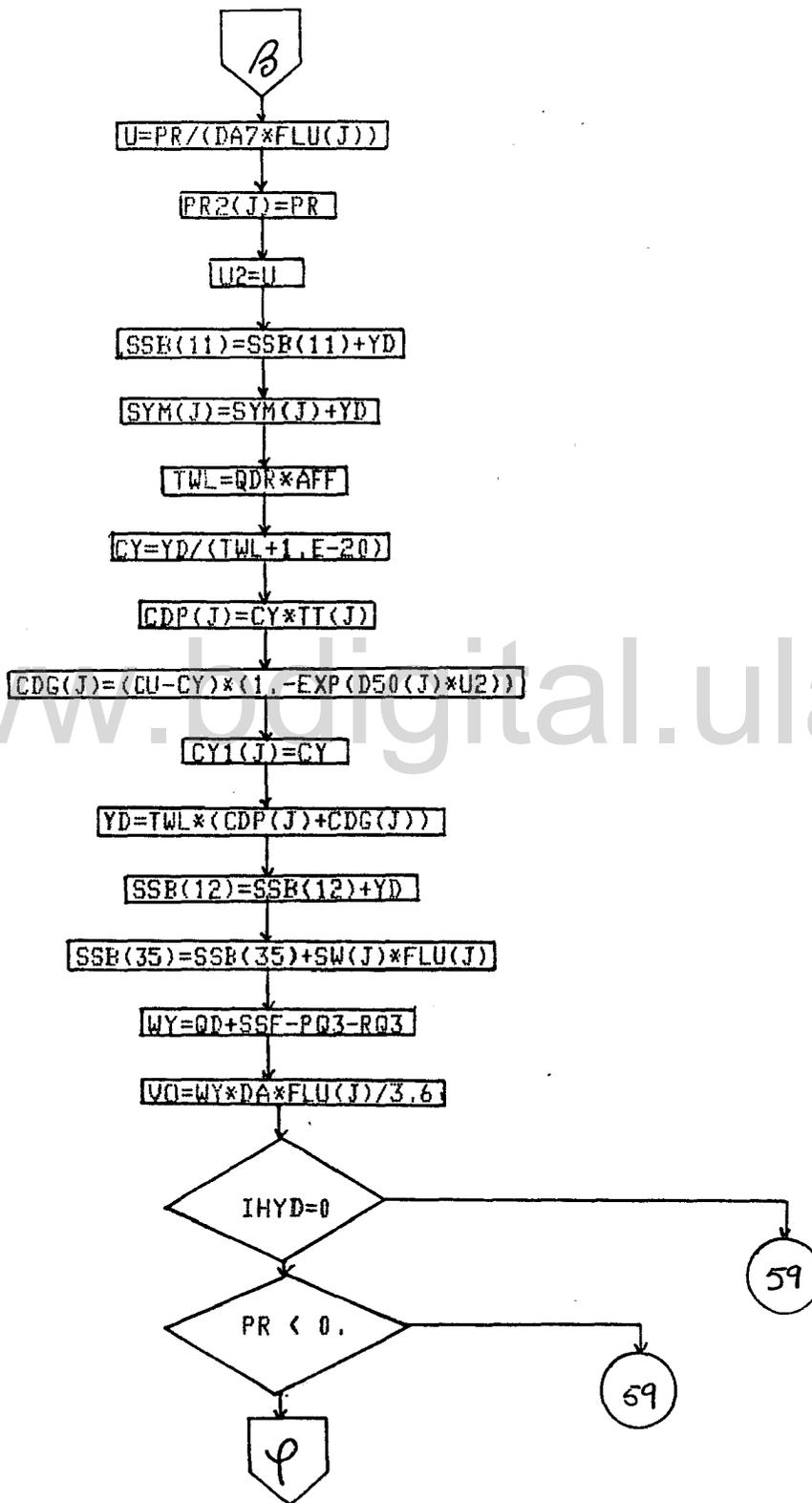


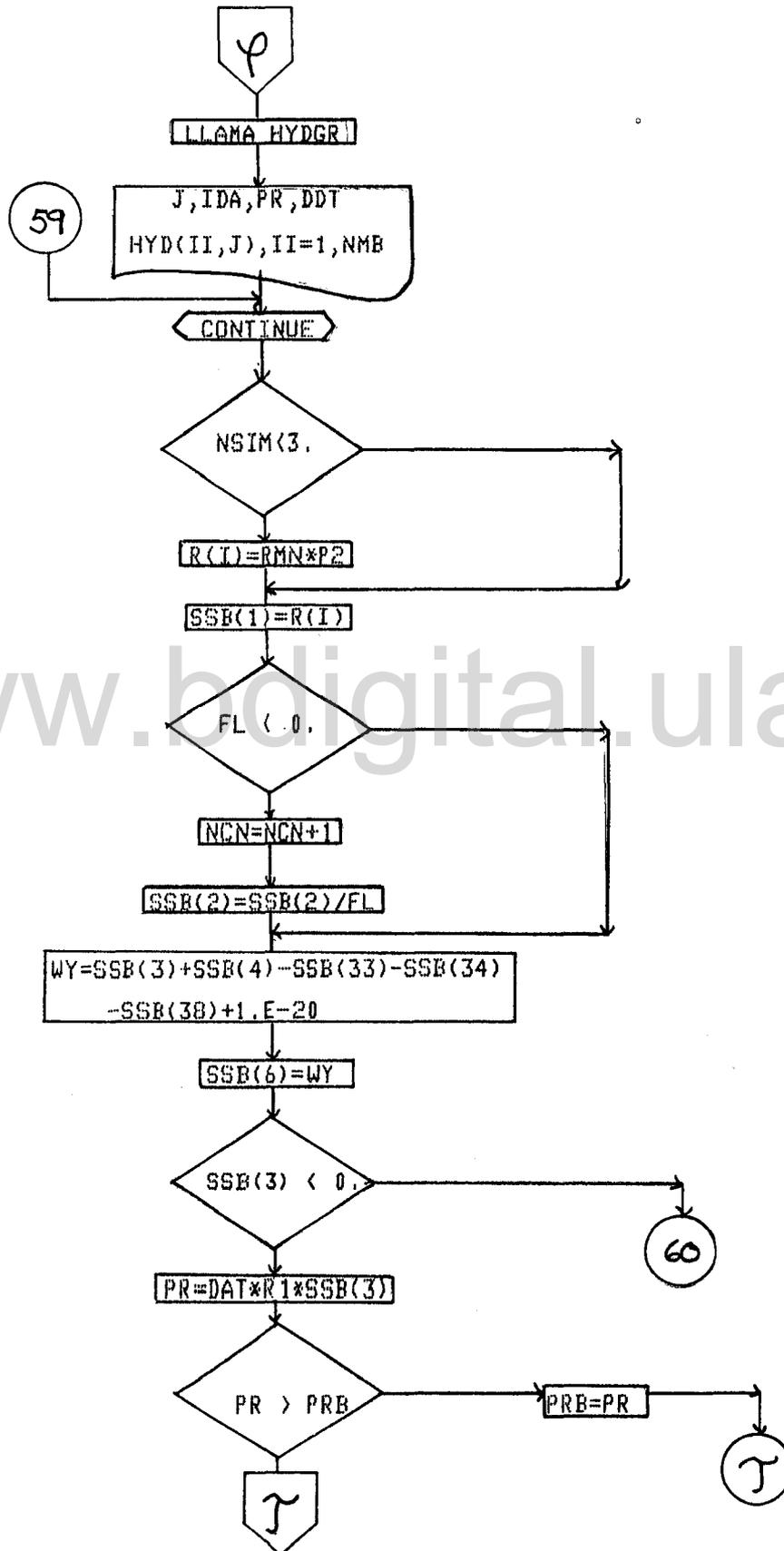


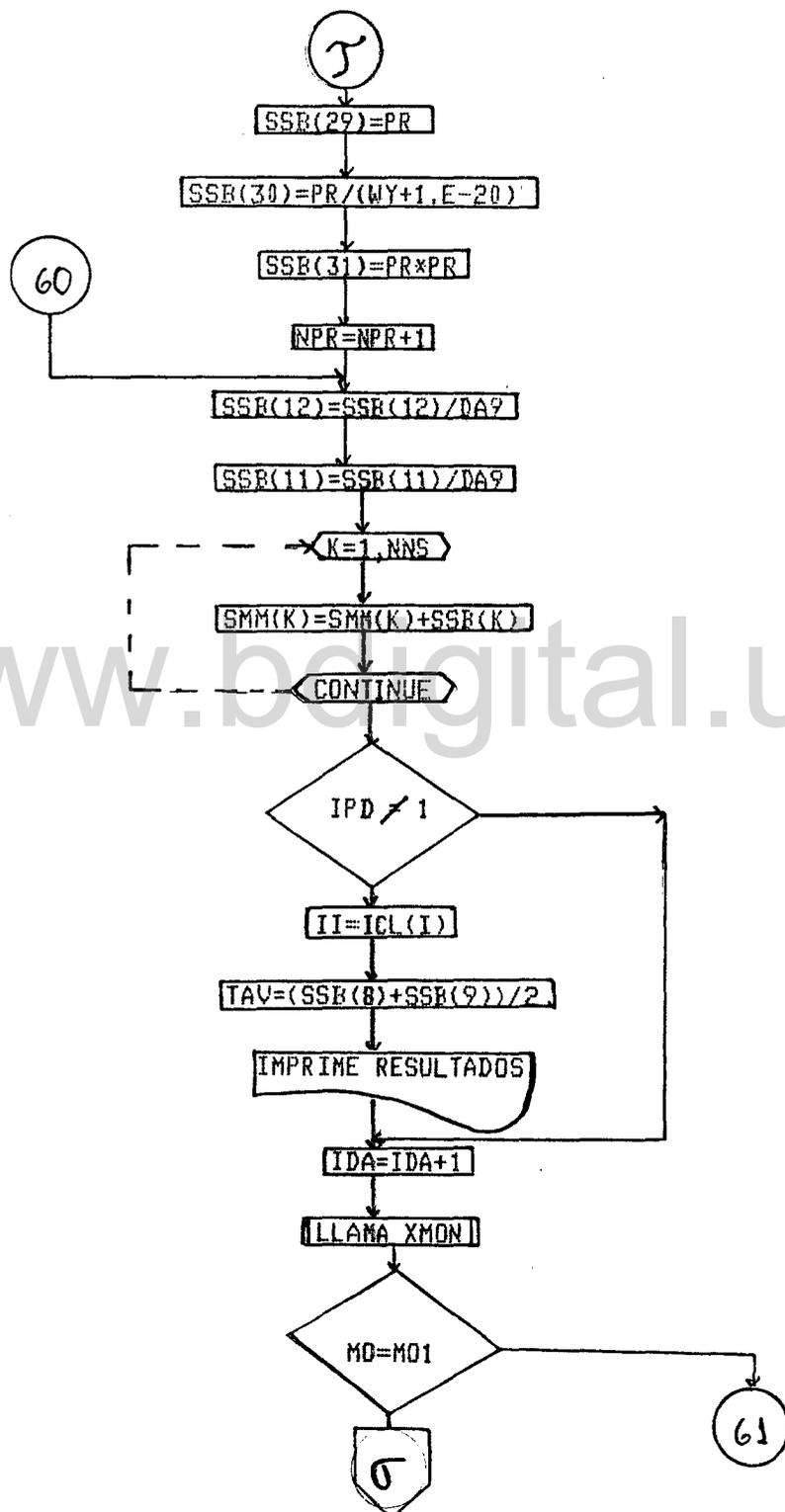


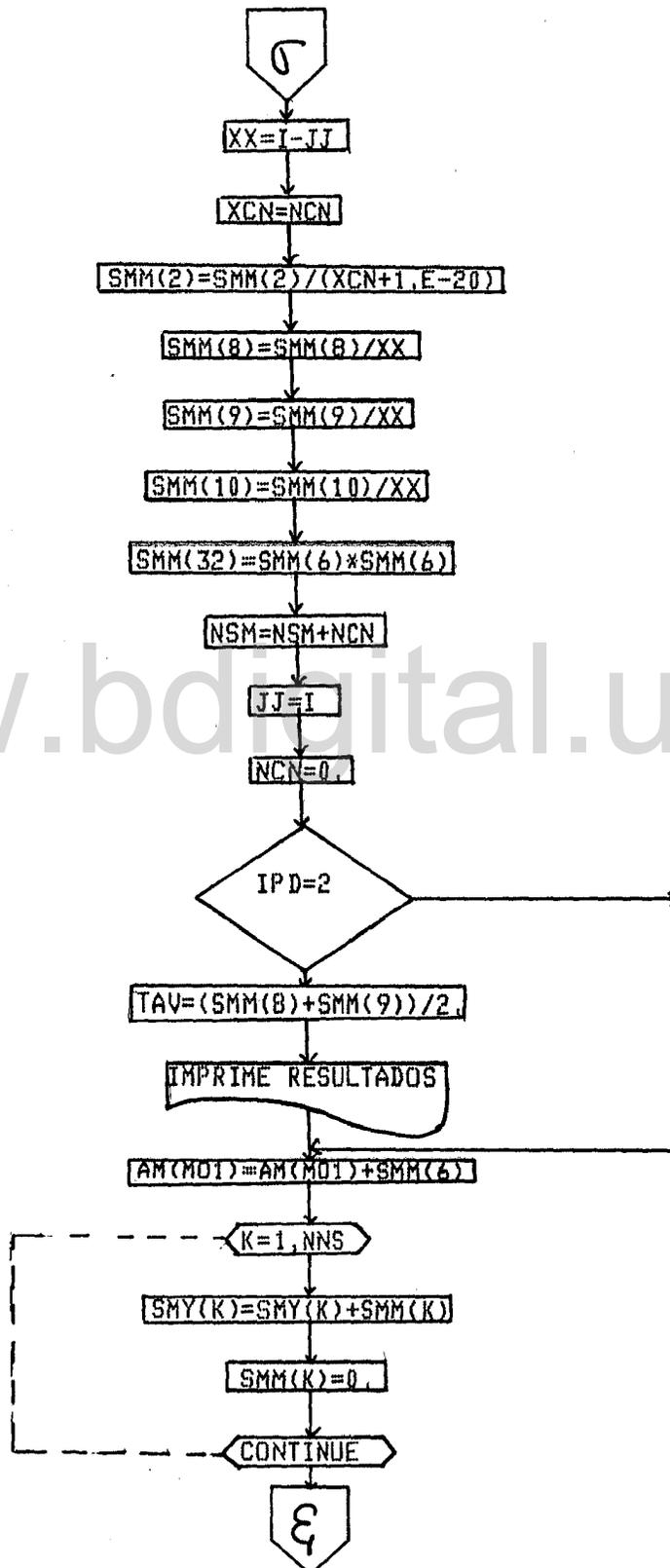


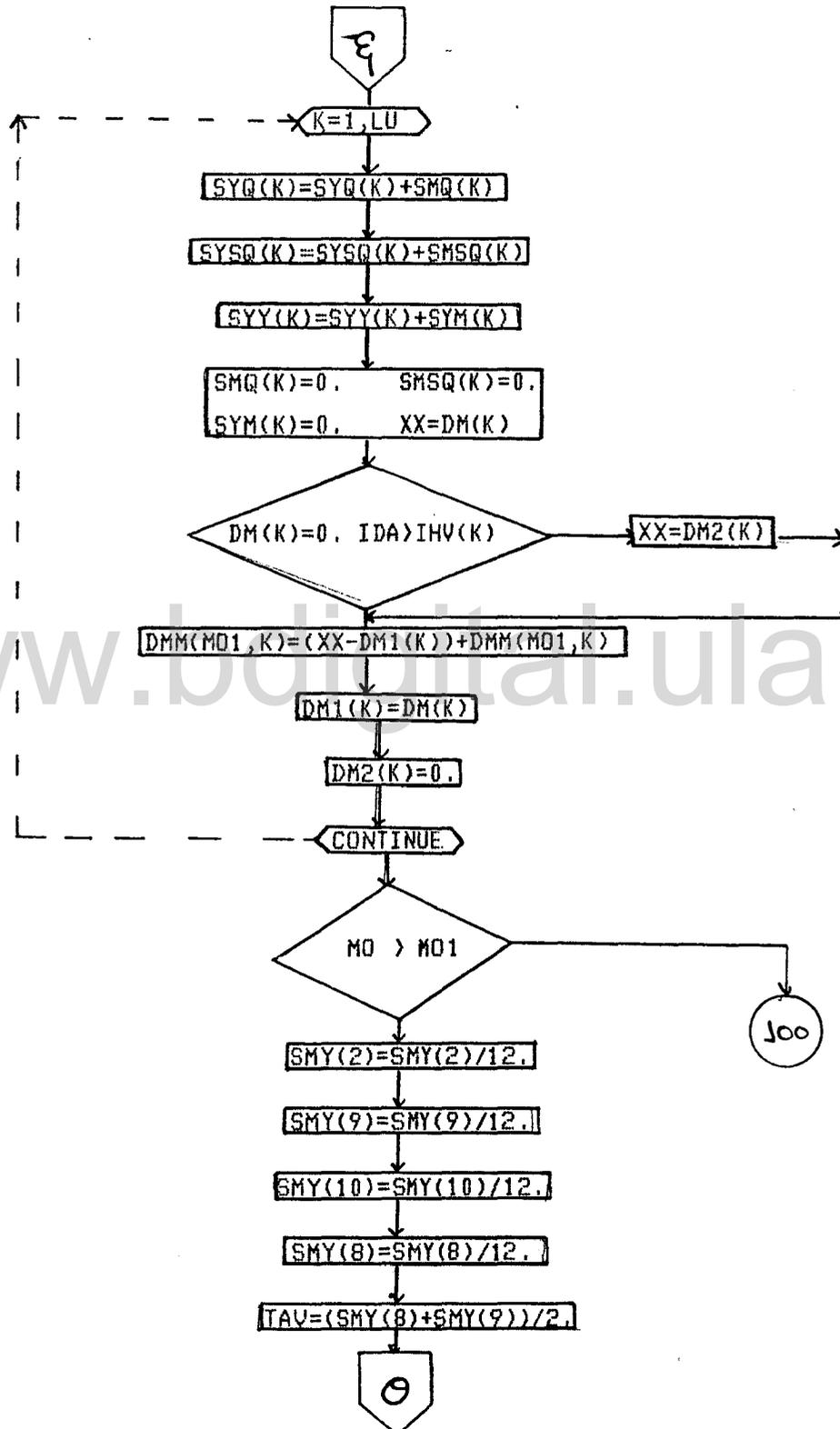


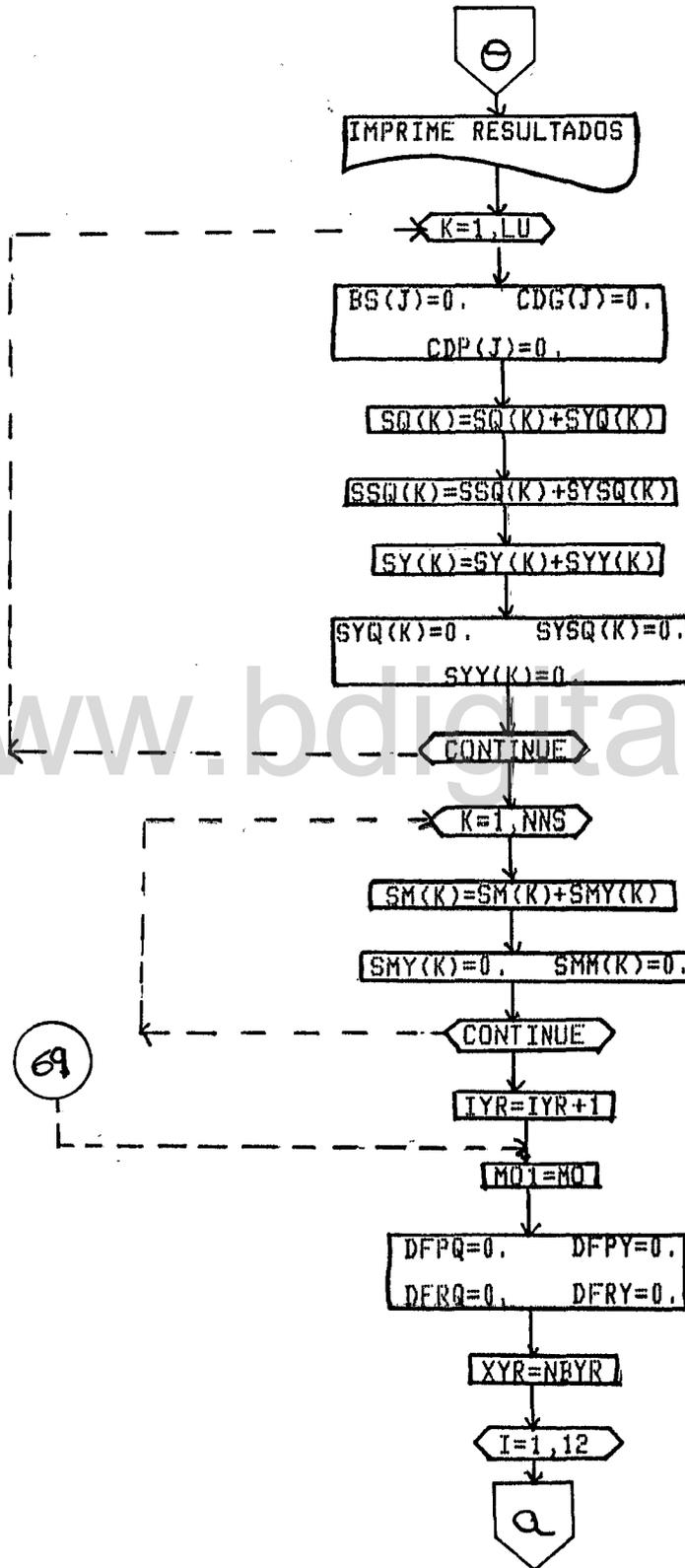




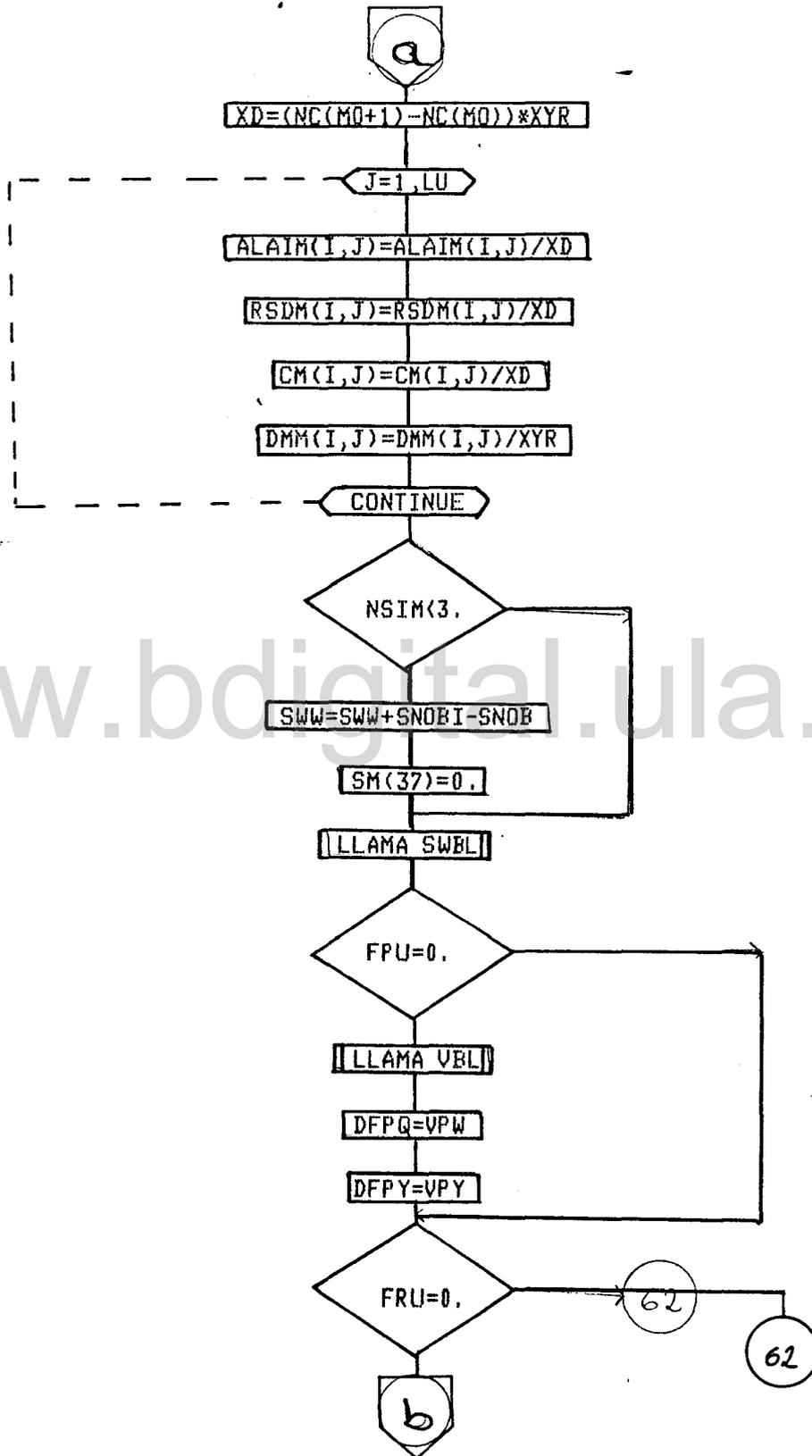


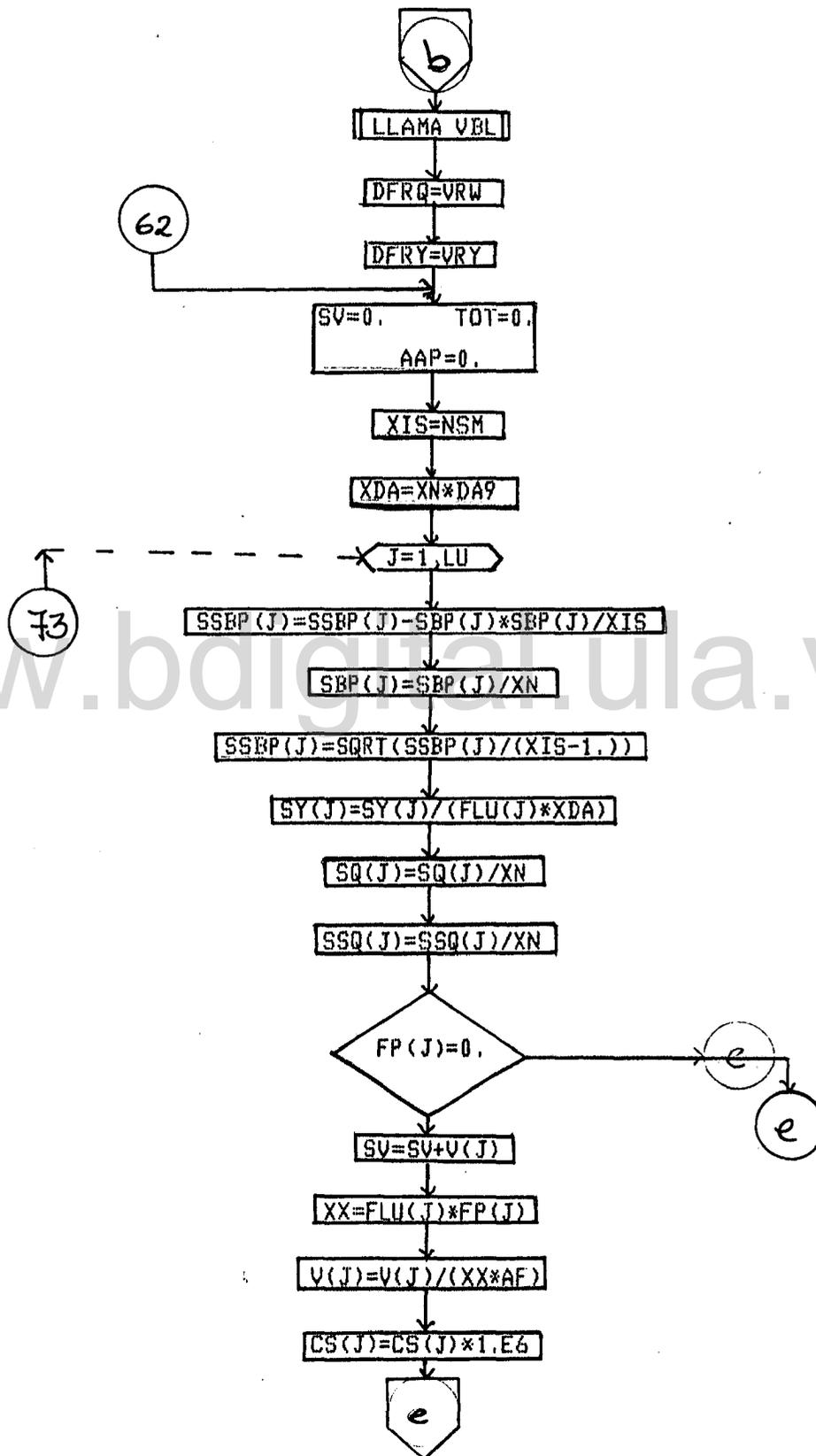


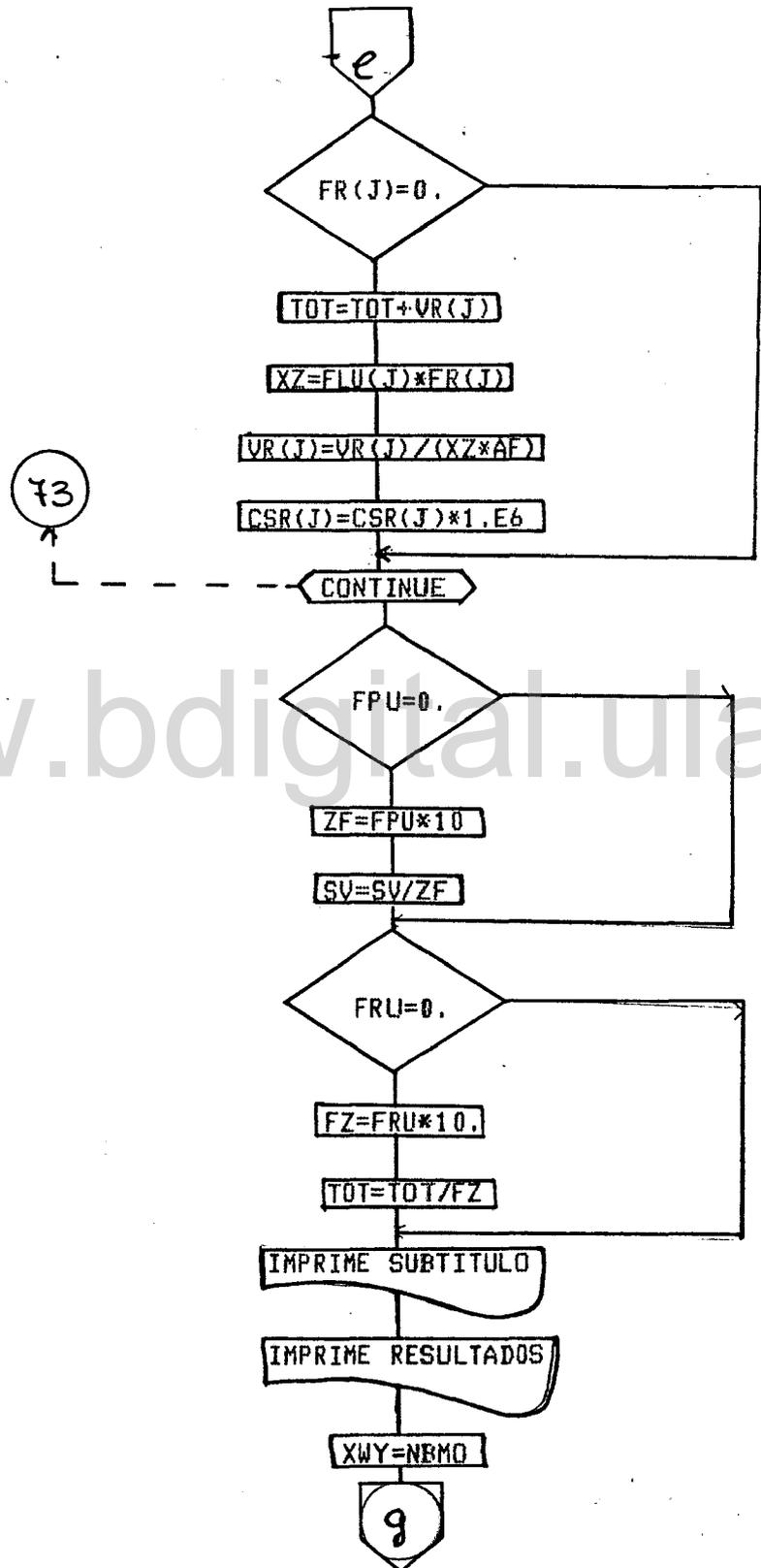




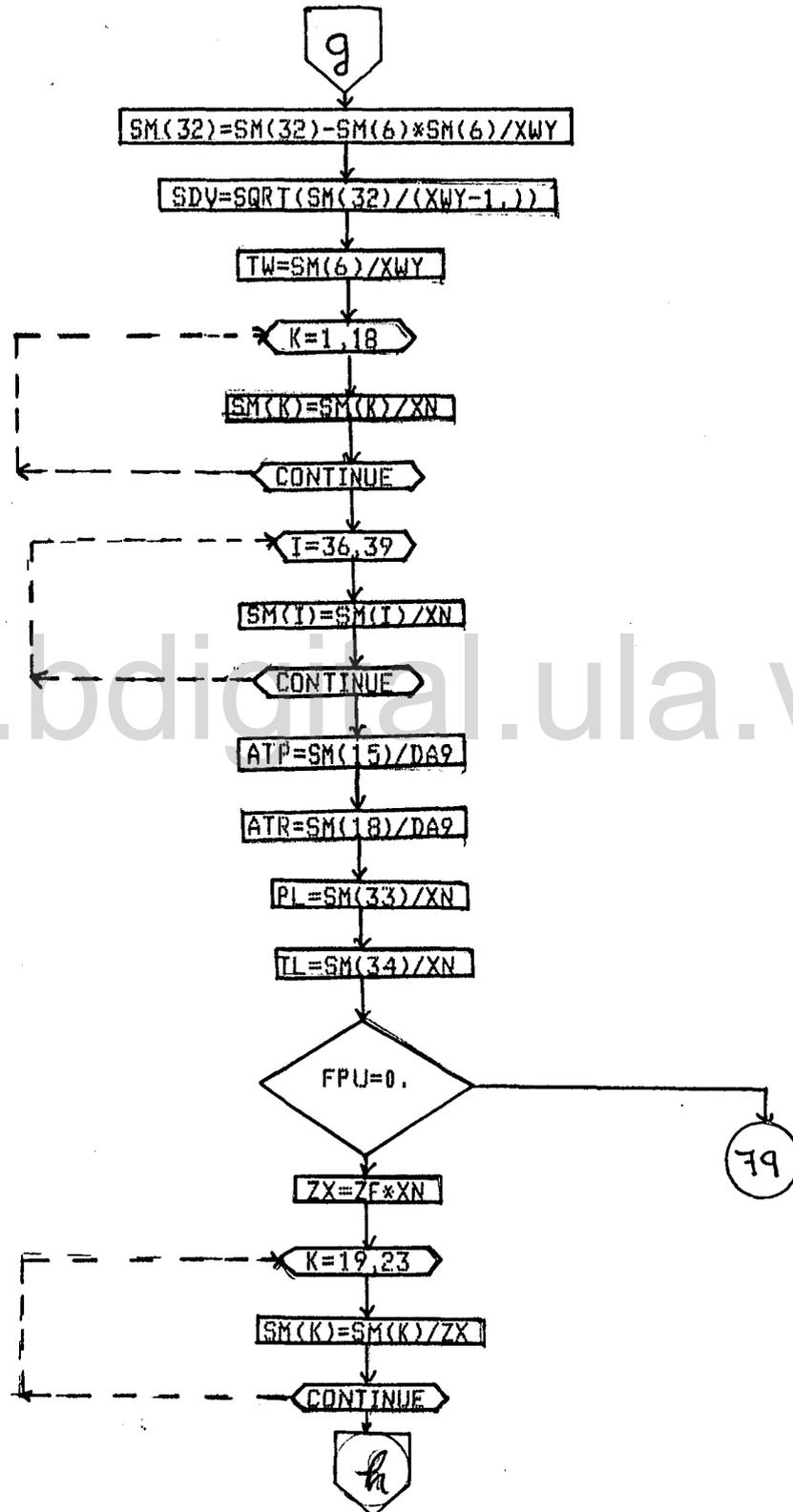
www.bdigital.ula.ve

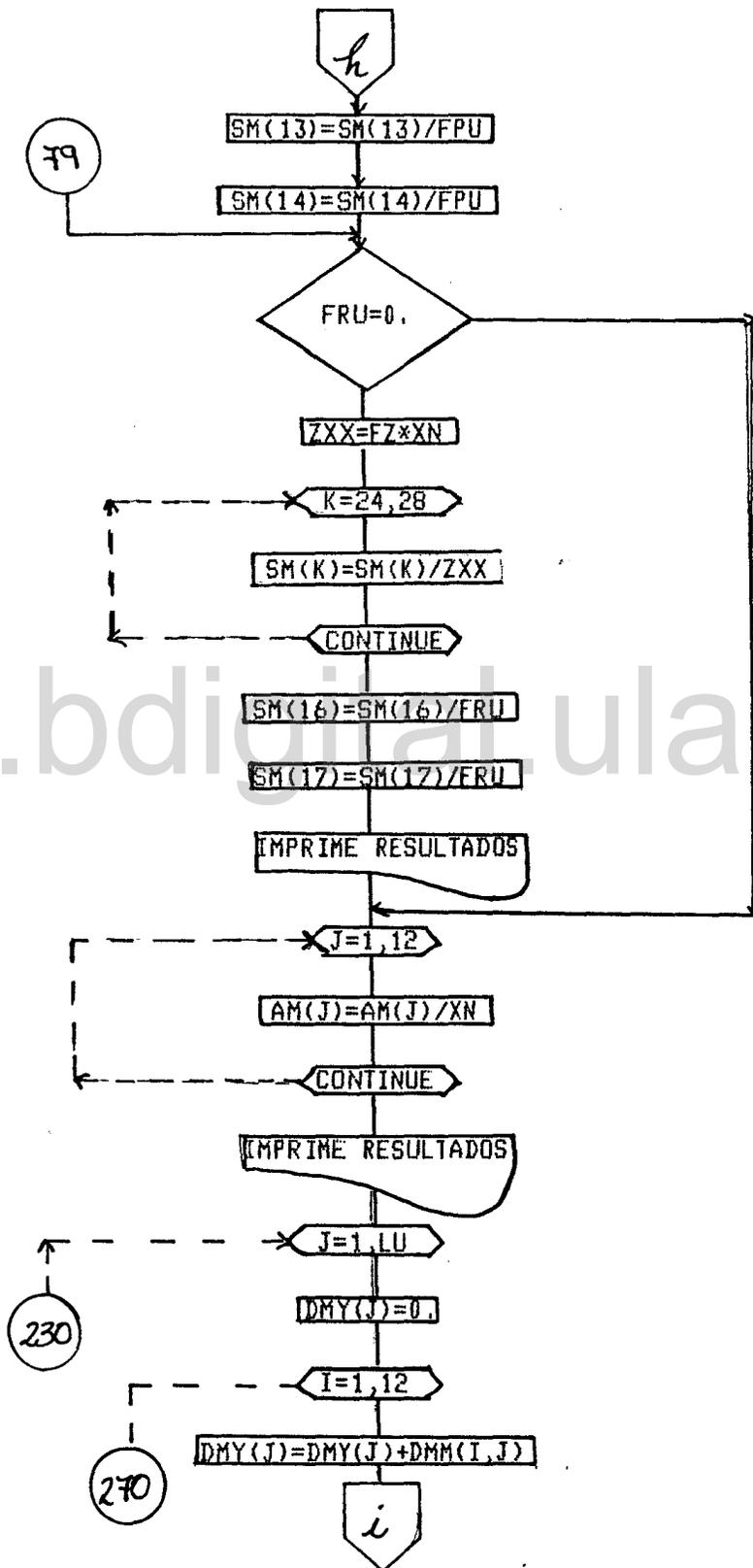


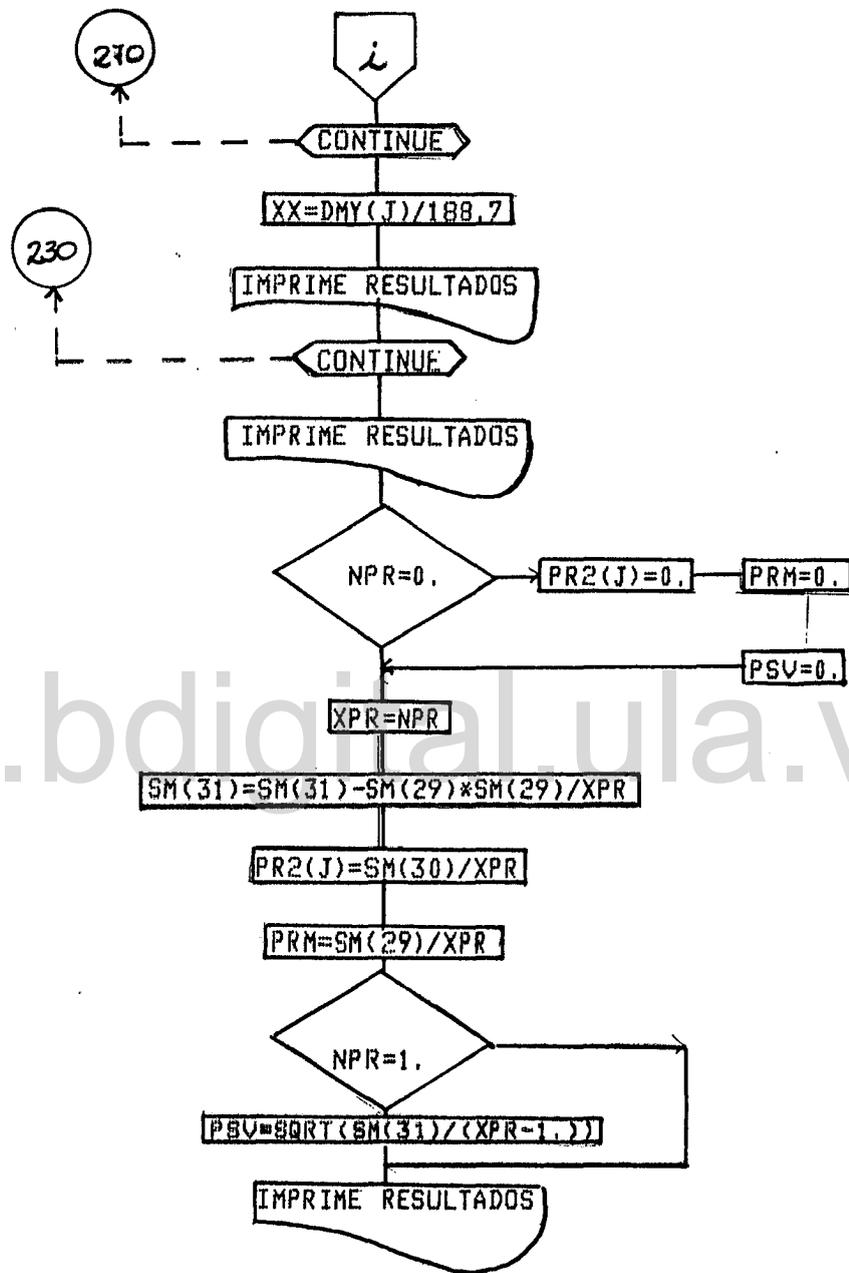




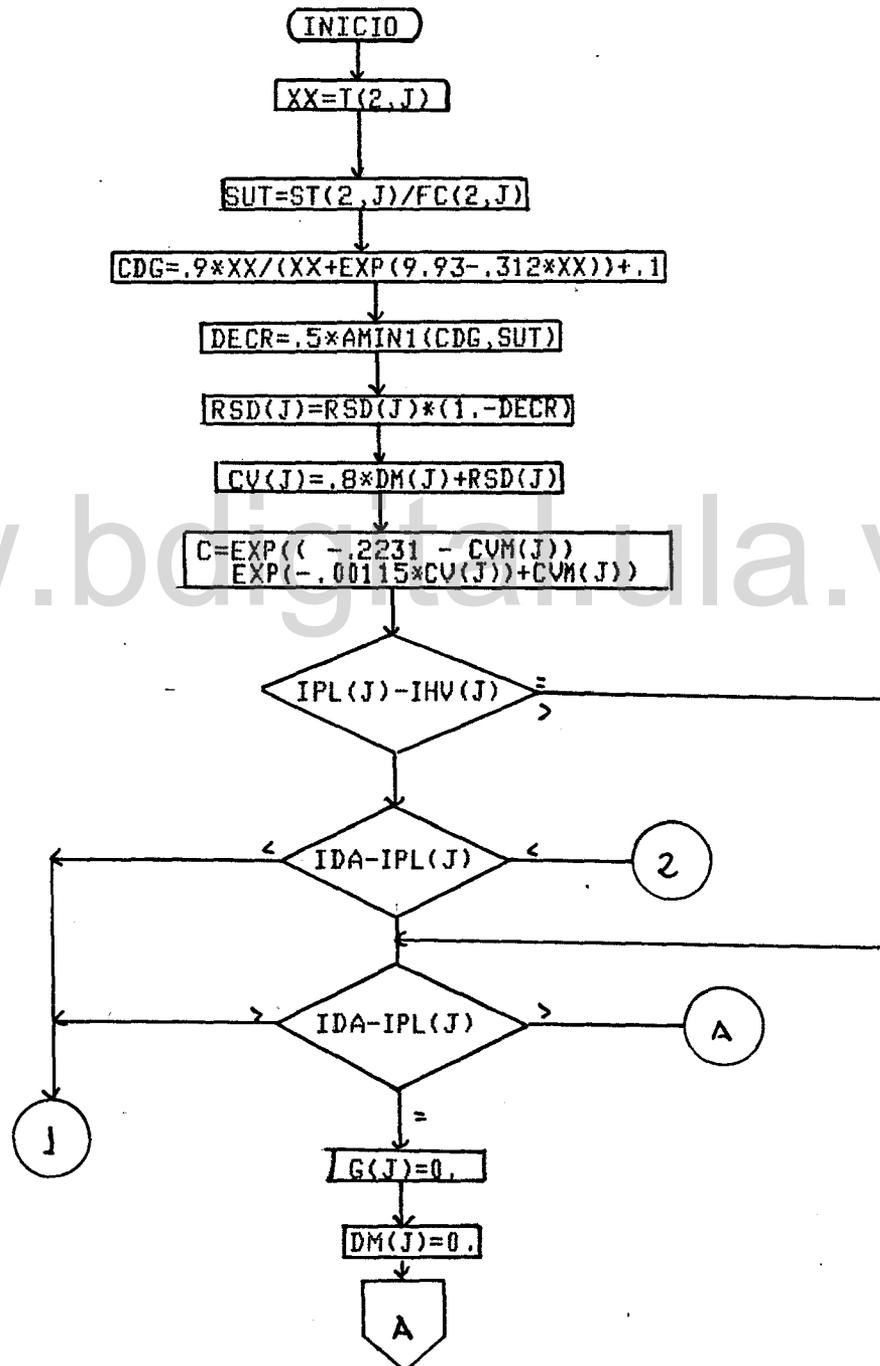
www.bdigital.ula.ve

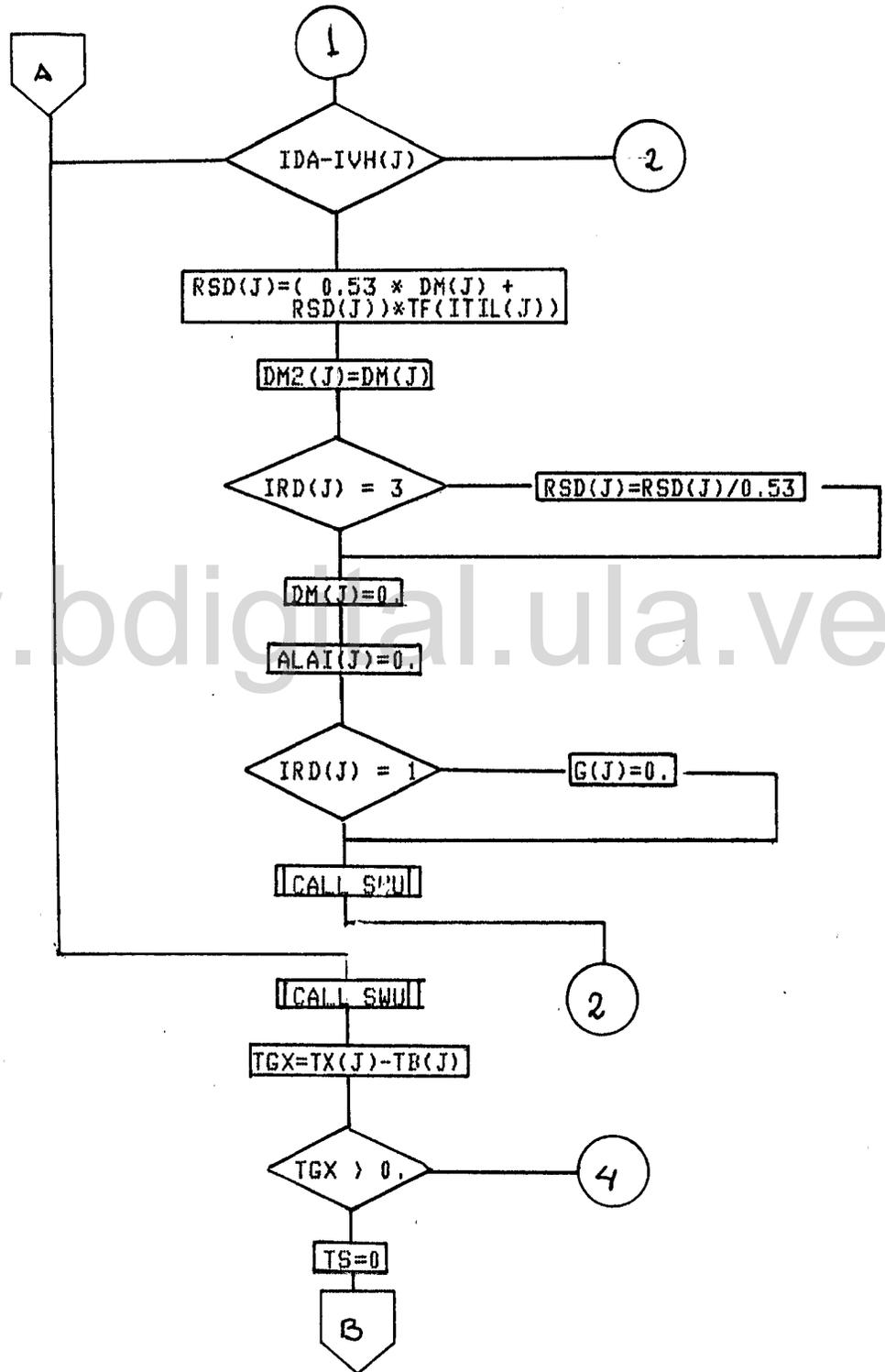


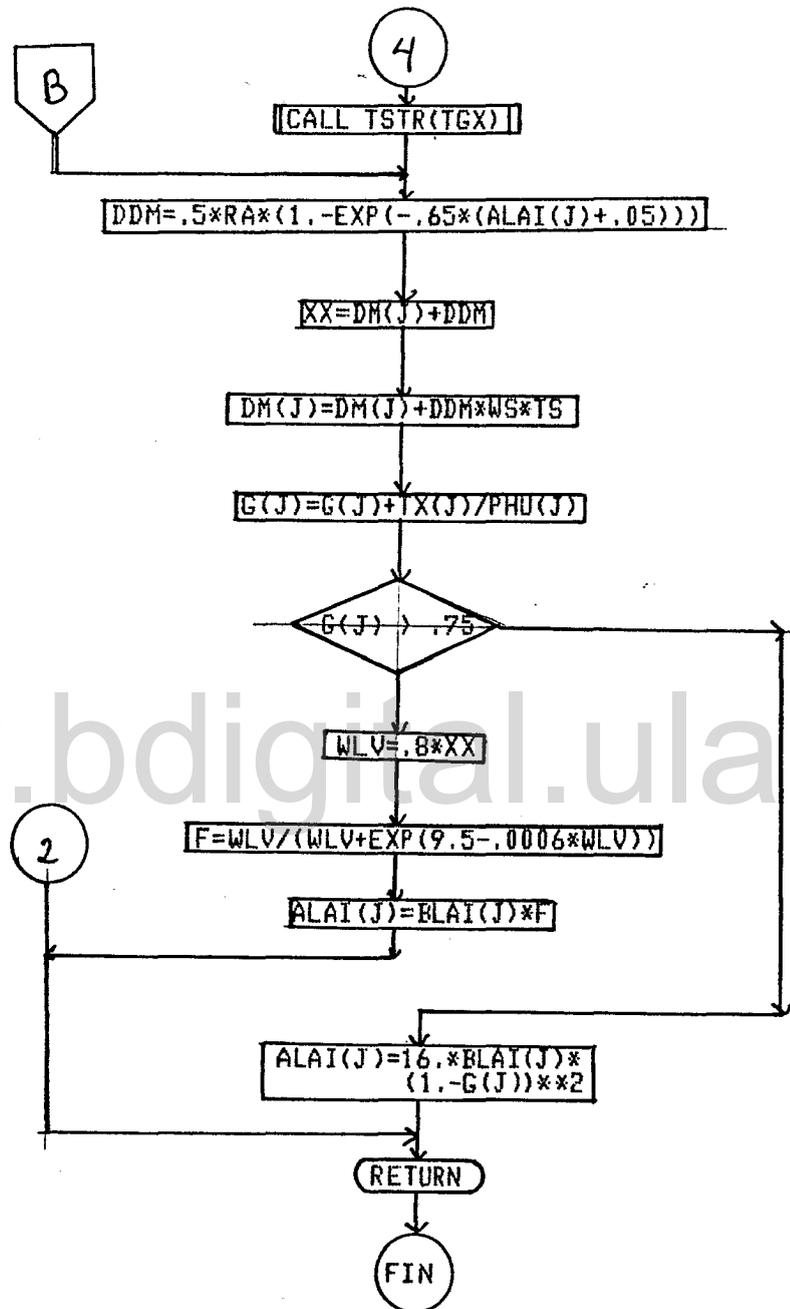




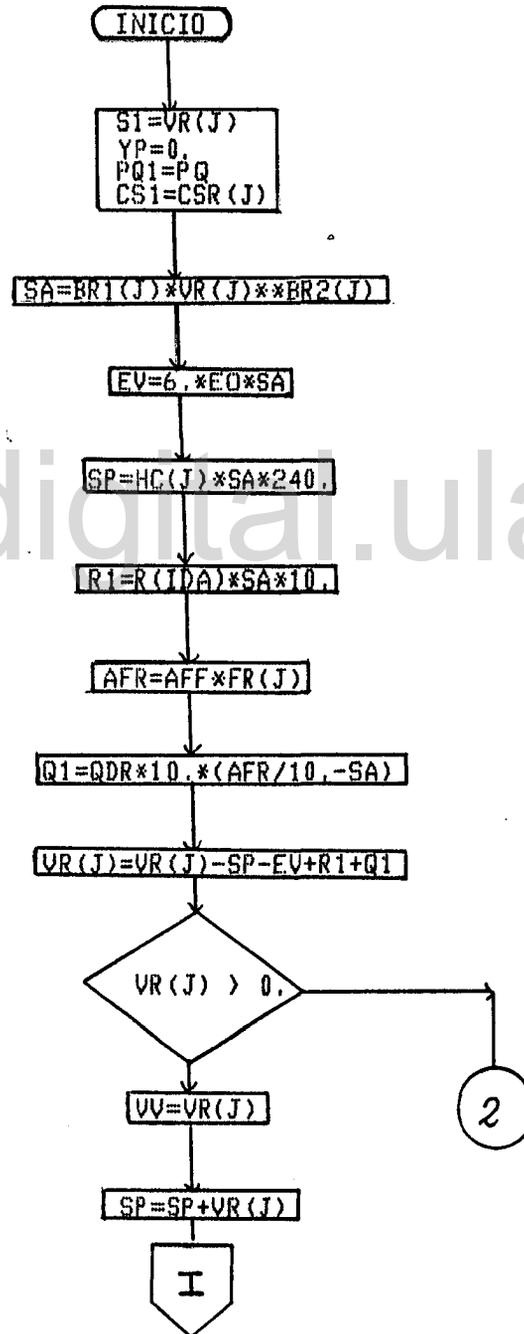
SUBROUTINA CRPMOD

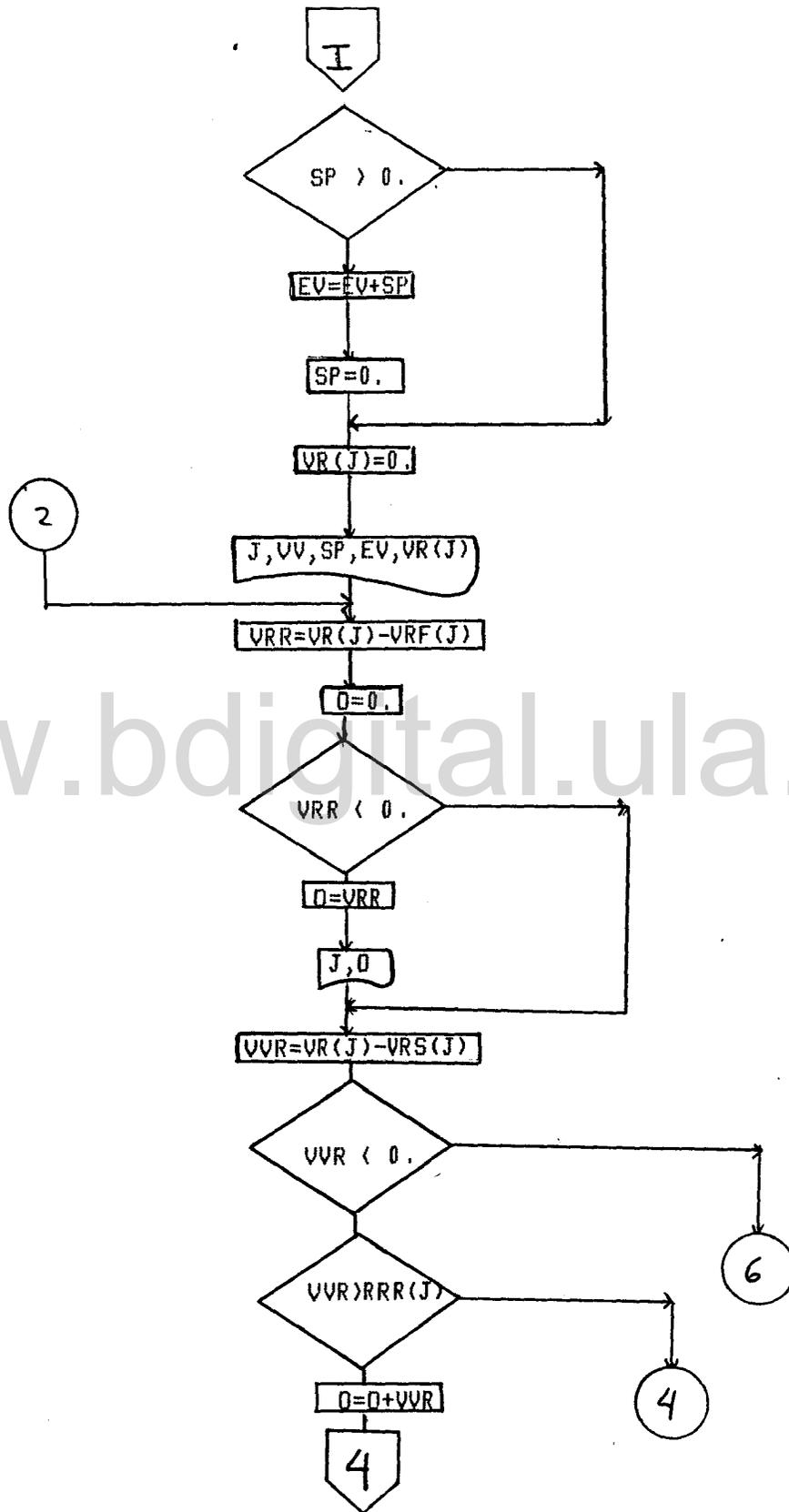


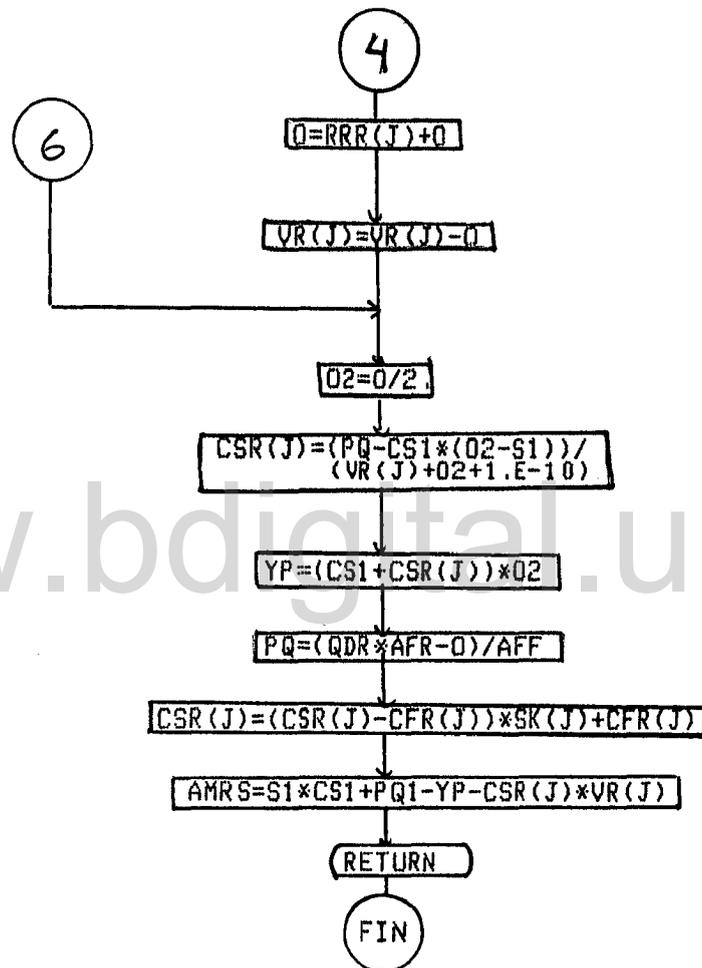




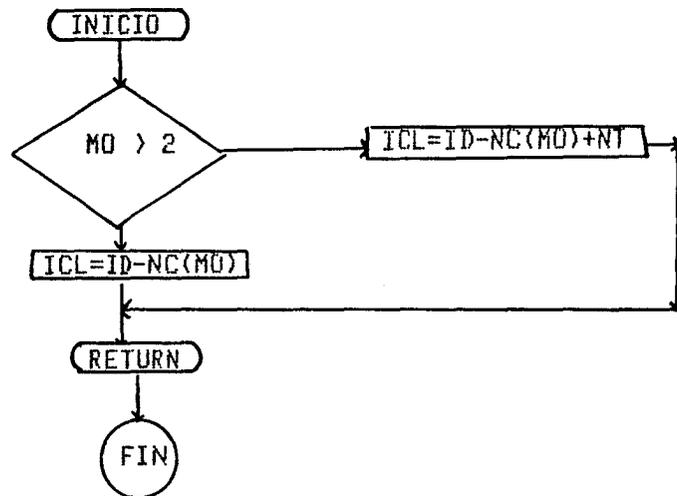
SUBROUTINA RES





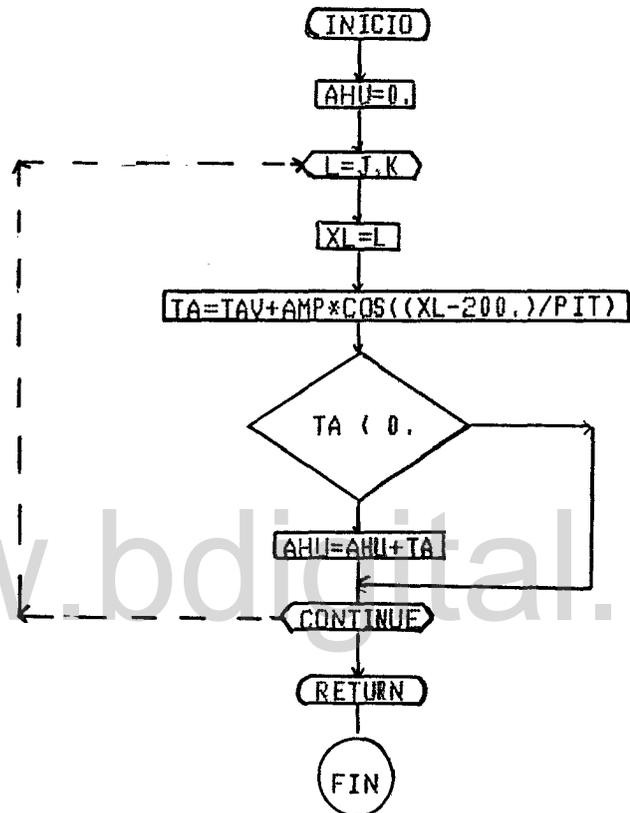


FUNCTION . ICL

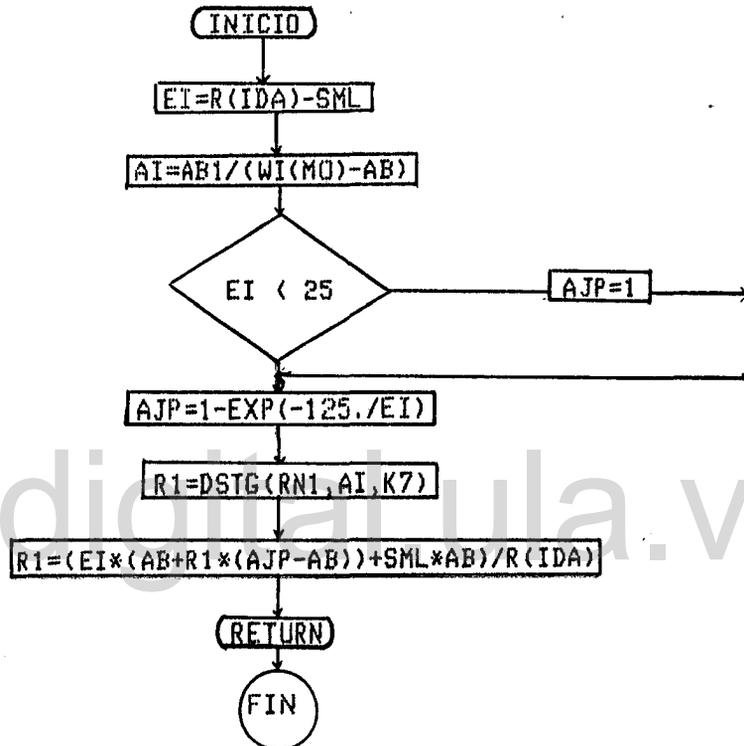


www.bdigital.ula.ve

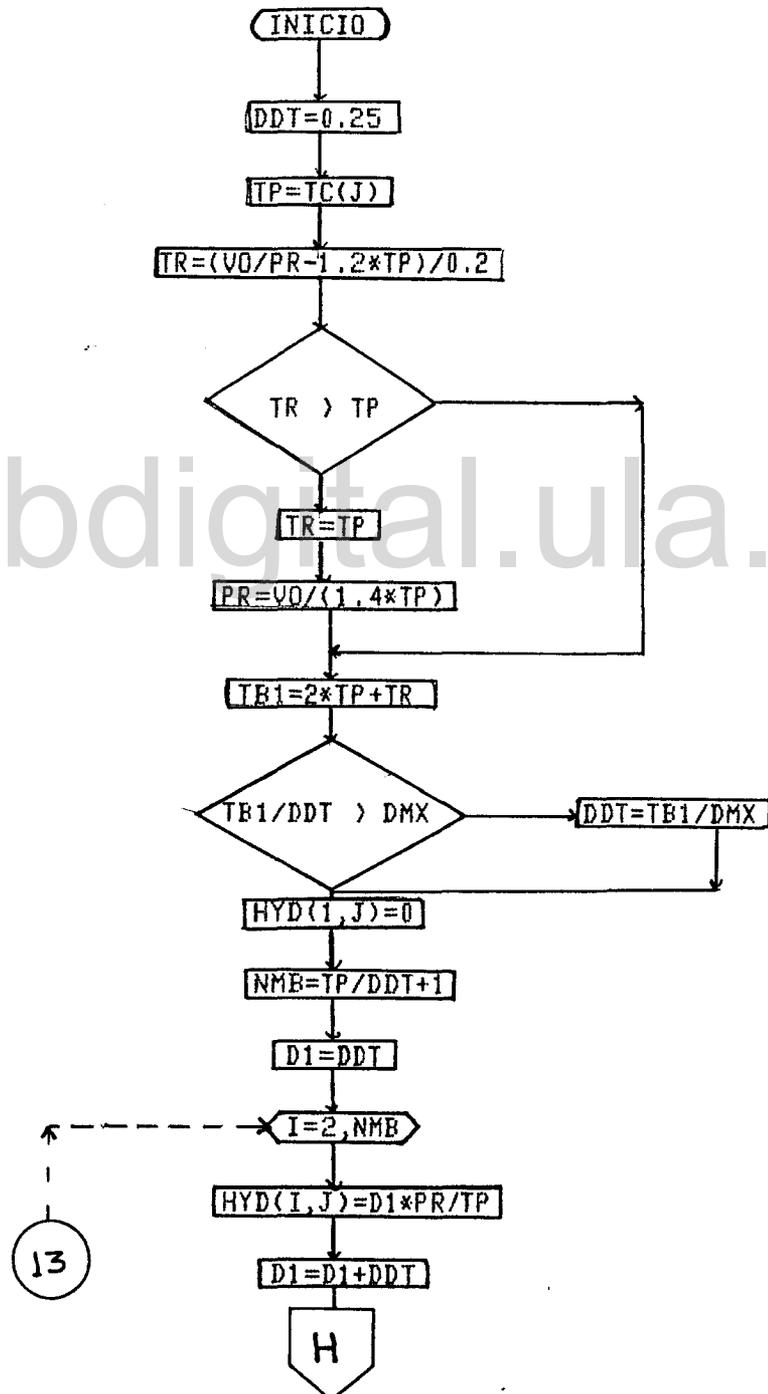
FUNCTION AHU

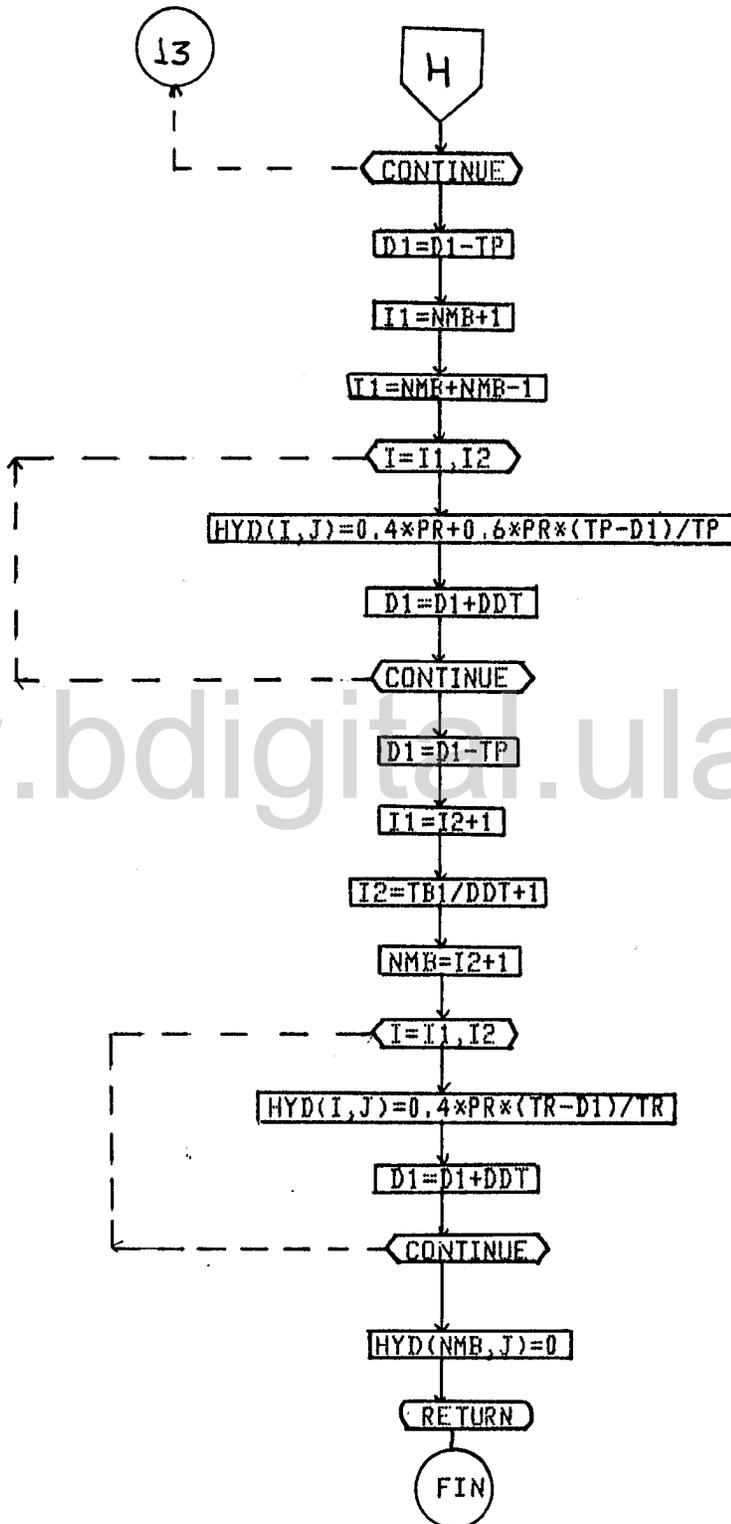


SUBROUTINA ALPH

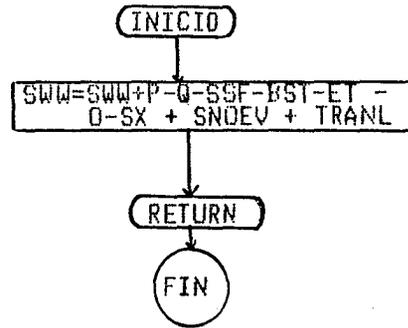


SUBROUTINA HYDRG



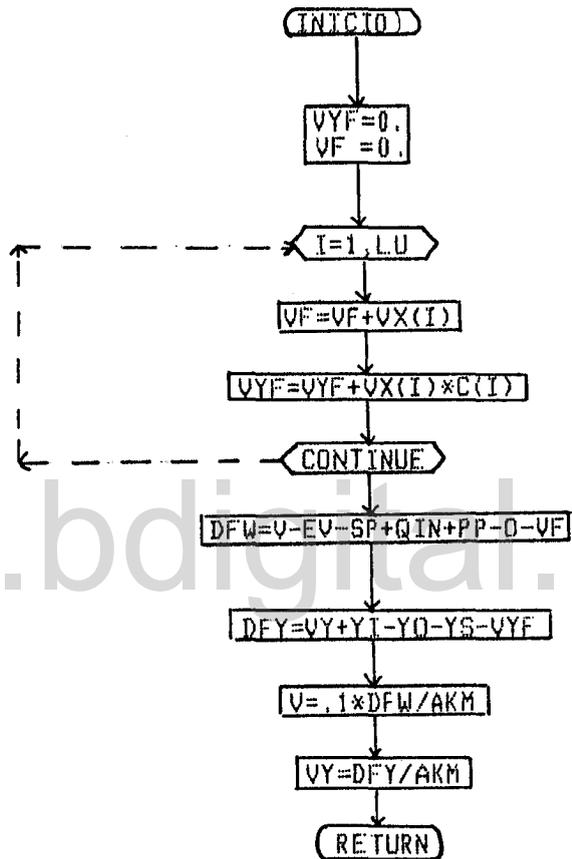


SUBROUTINA SWBL

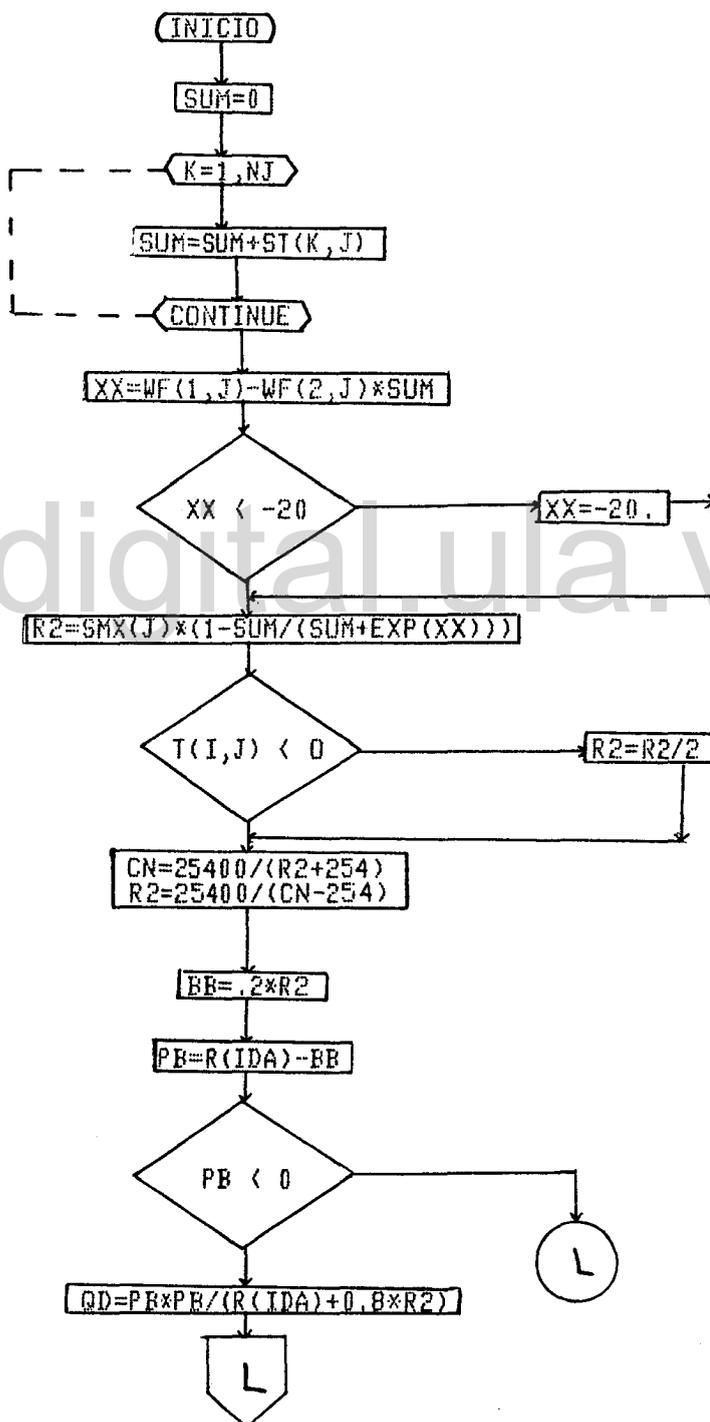


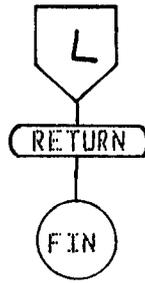
www.bdigital.ula.ve

SUBROUTINA VBL



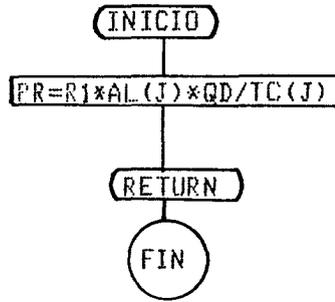
SUBROUTINA VOLQ





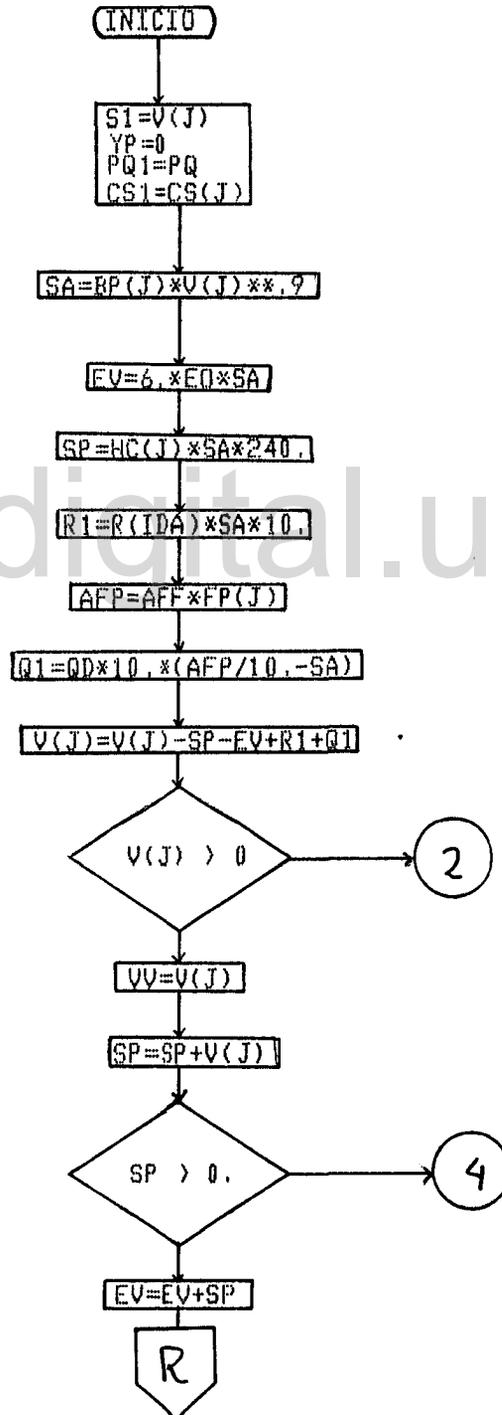
www.bdigital.ula.ve

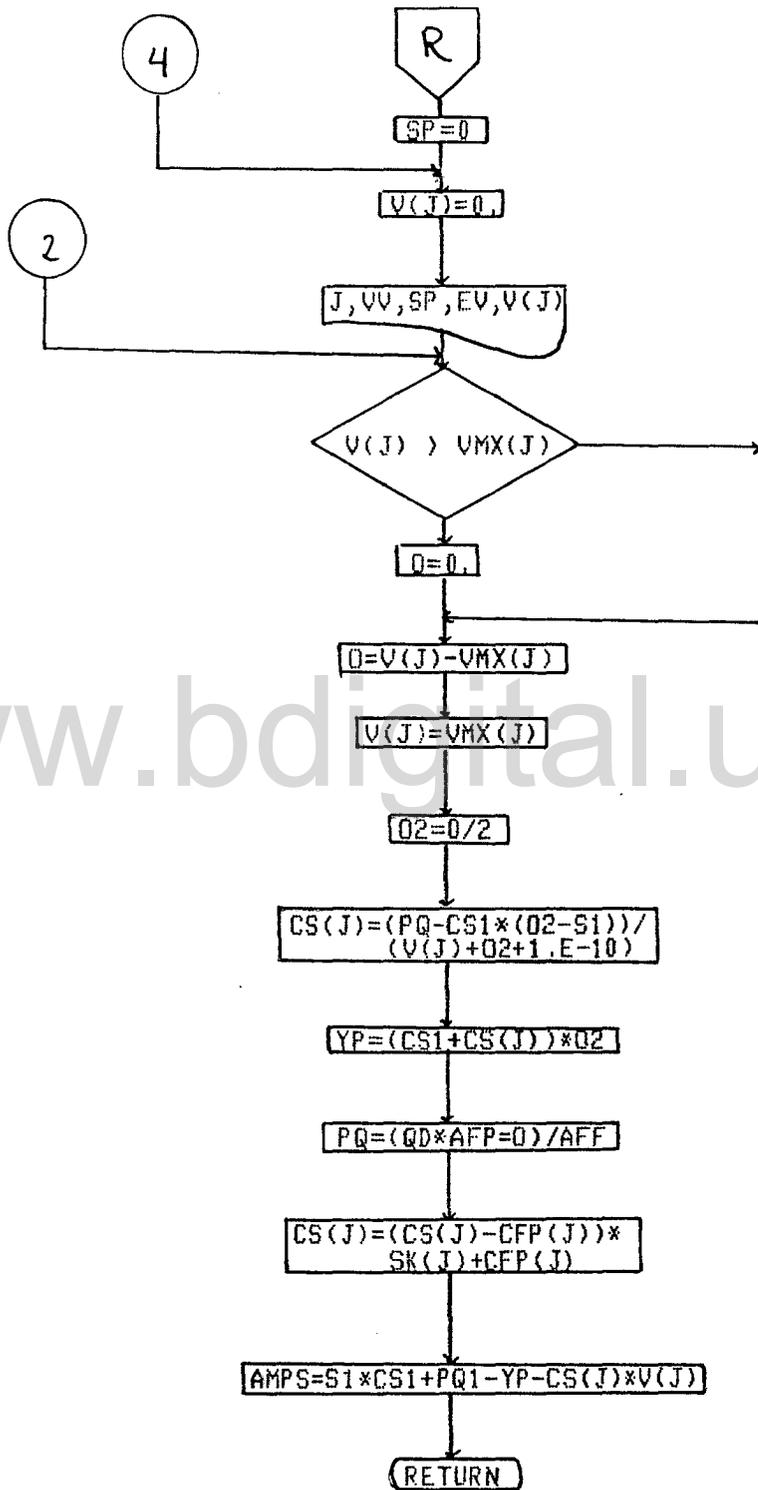
SUBROUTINA PKQ



www.bdigital.ula.ve

SUBROUTINA POND

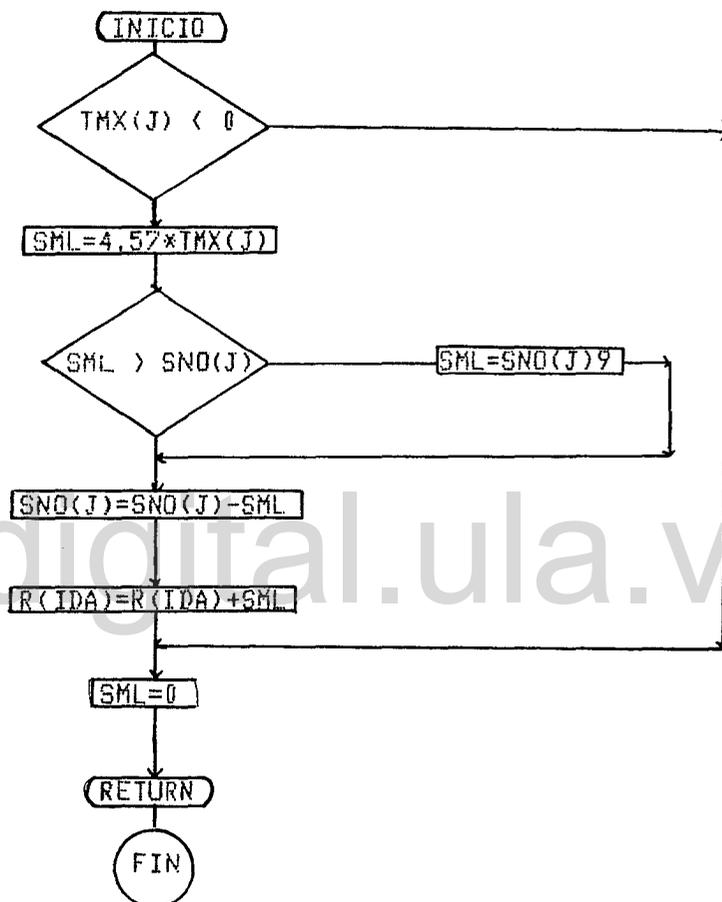




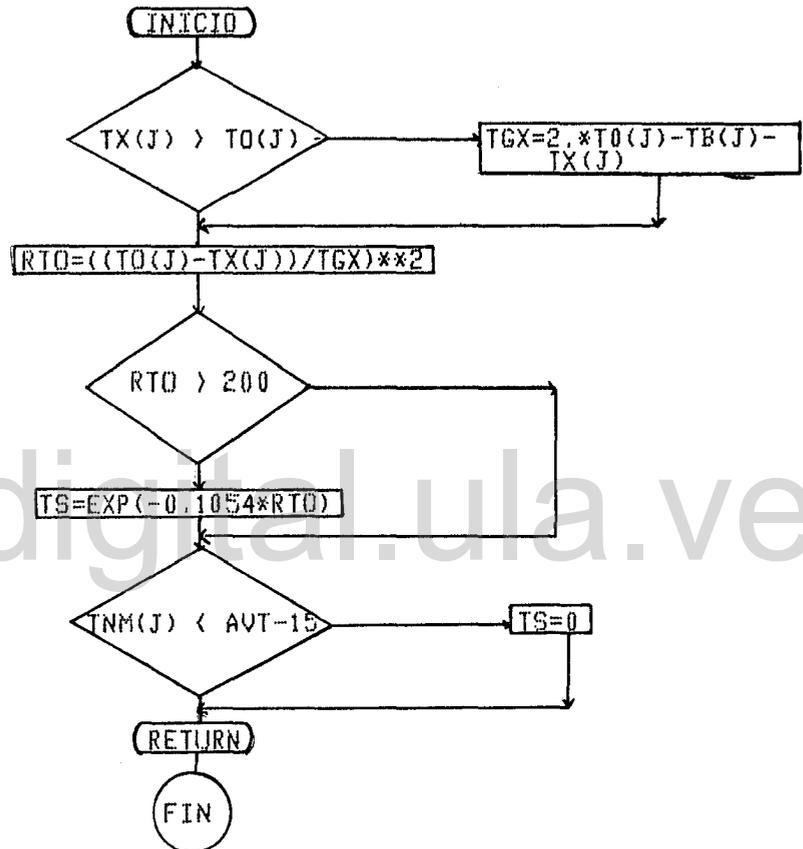


www.bdigital.ula.ve

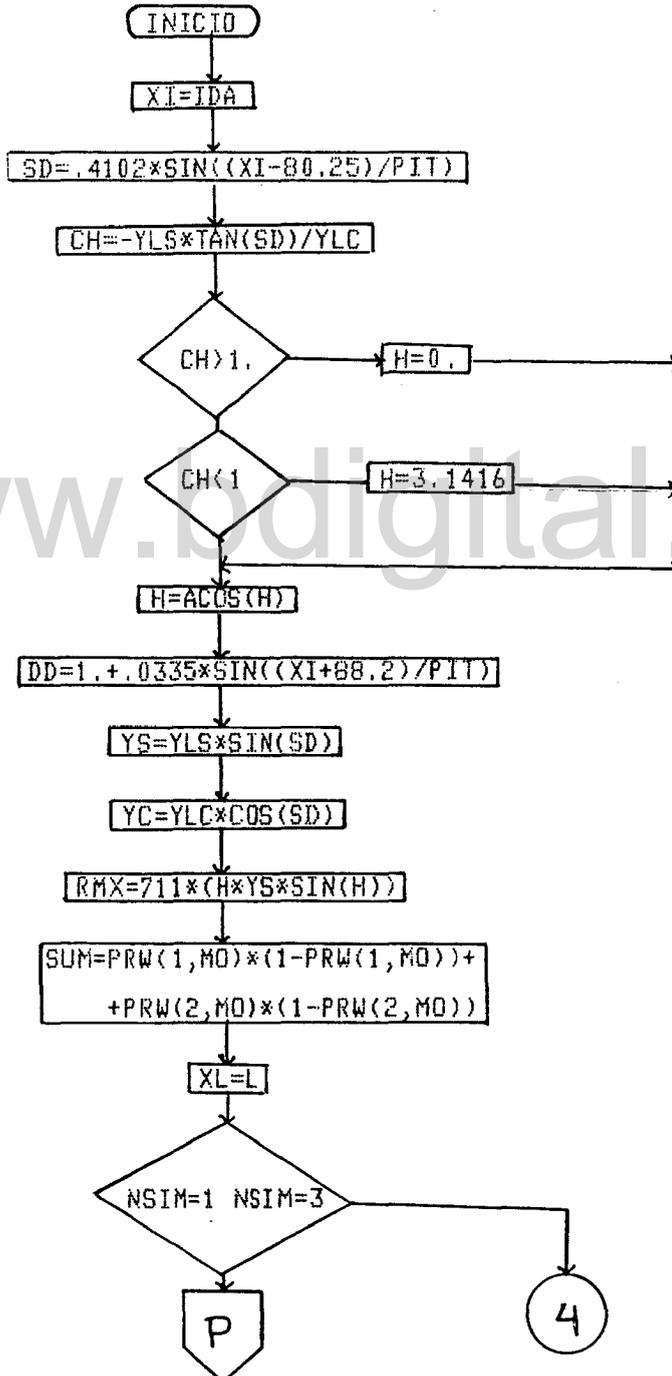
SUBROUTINA SNO

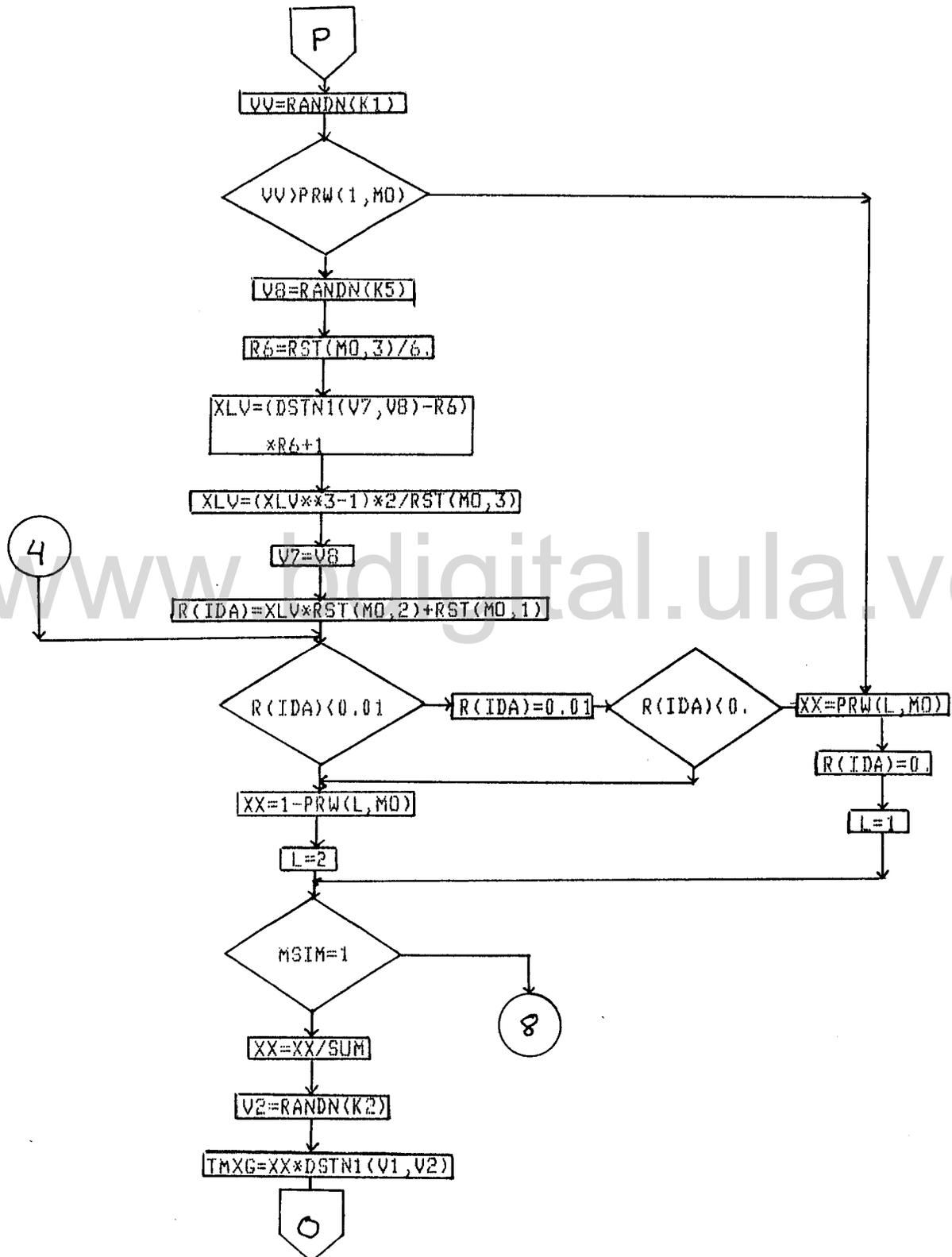


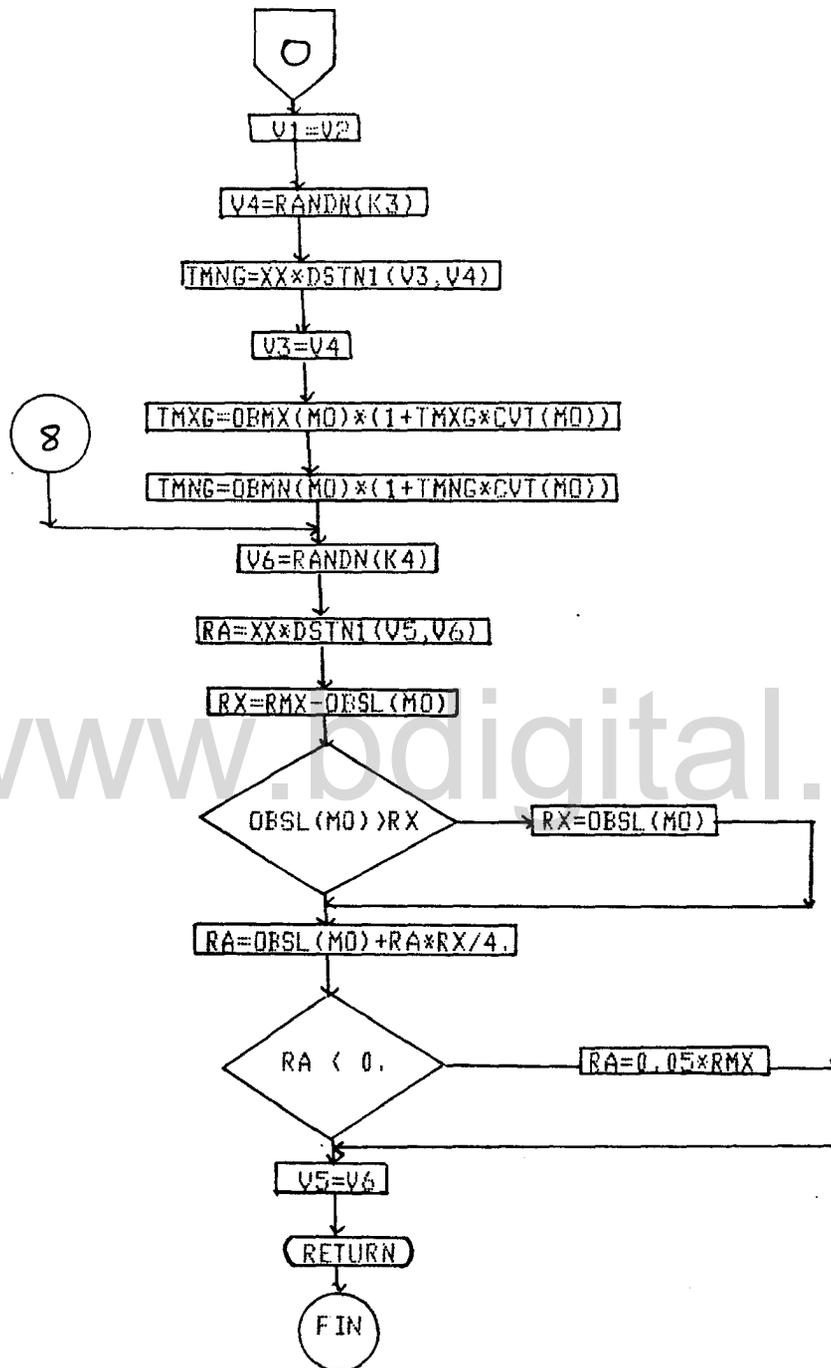
SUBROUTINA TSTR



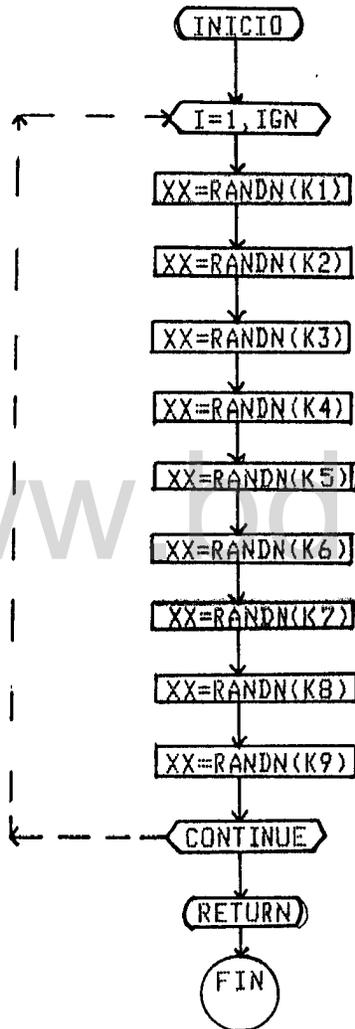
SUBROUTINA CLGEN



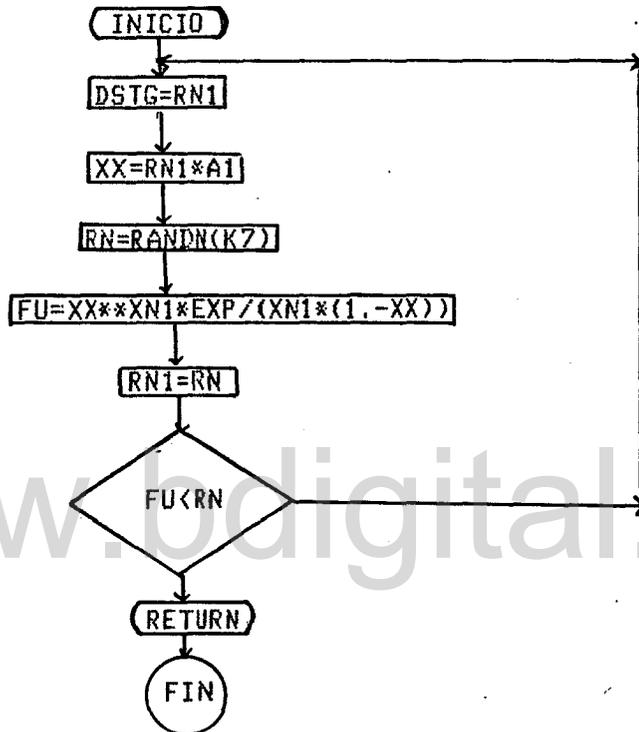




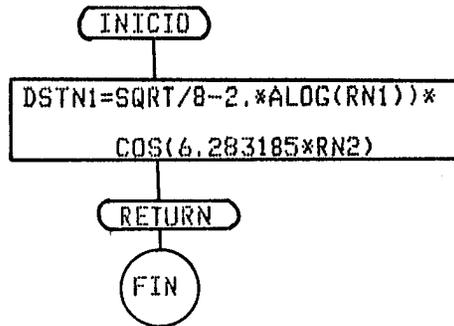
SUBROUTINA GCYCLE



FUNCTION DSTG

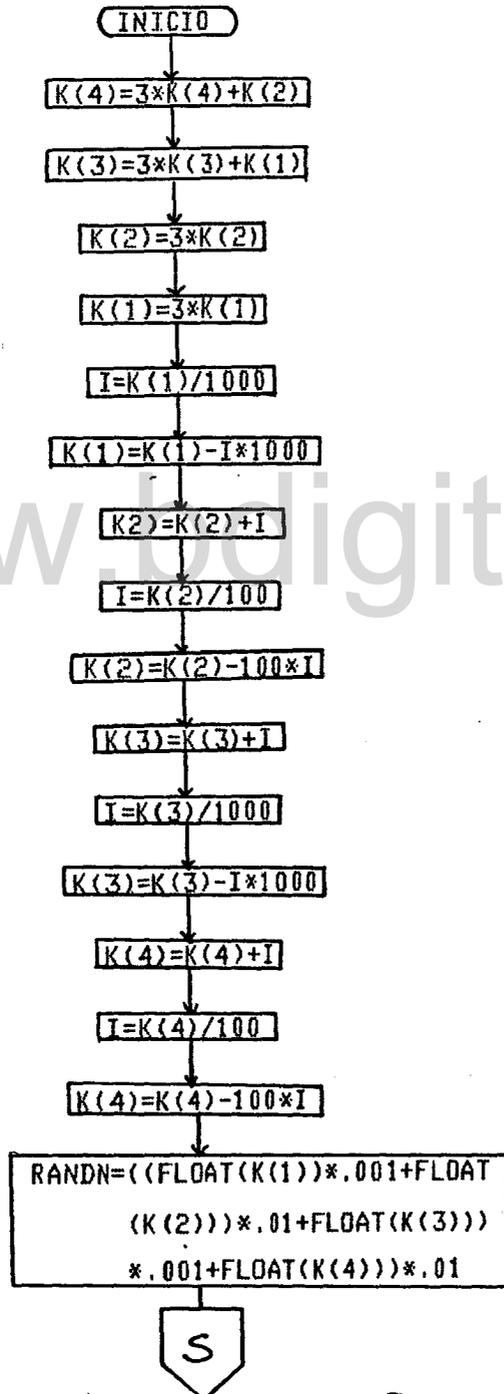


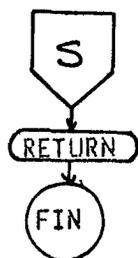
FUNCTION DSTN1



www.bdigital.ula.ve

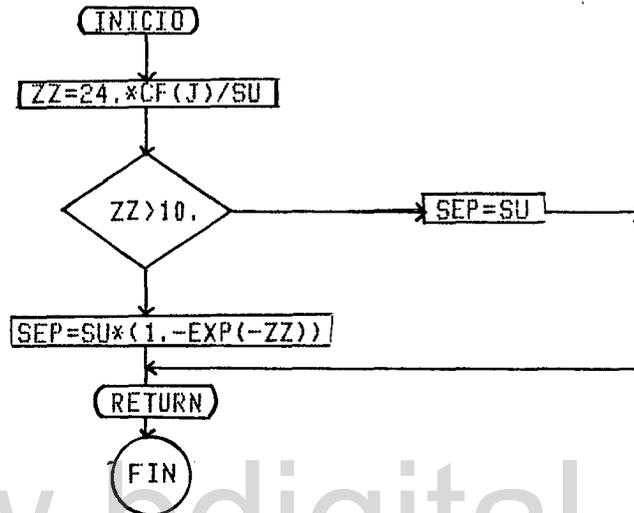
FUNCTION RANDN





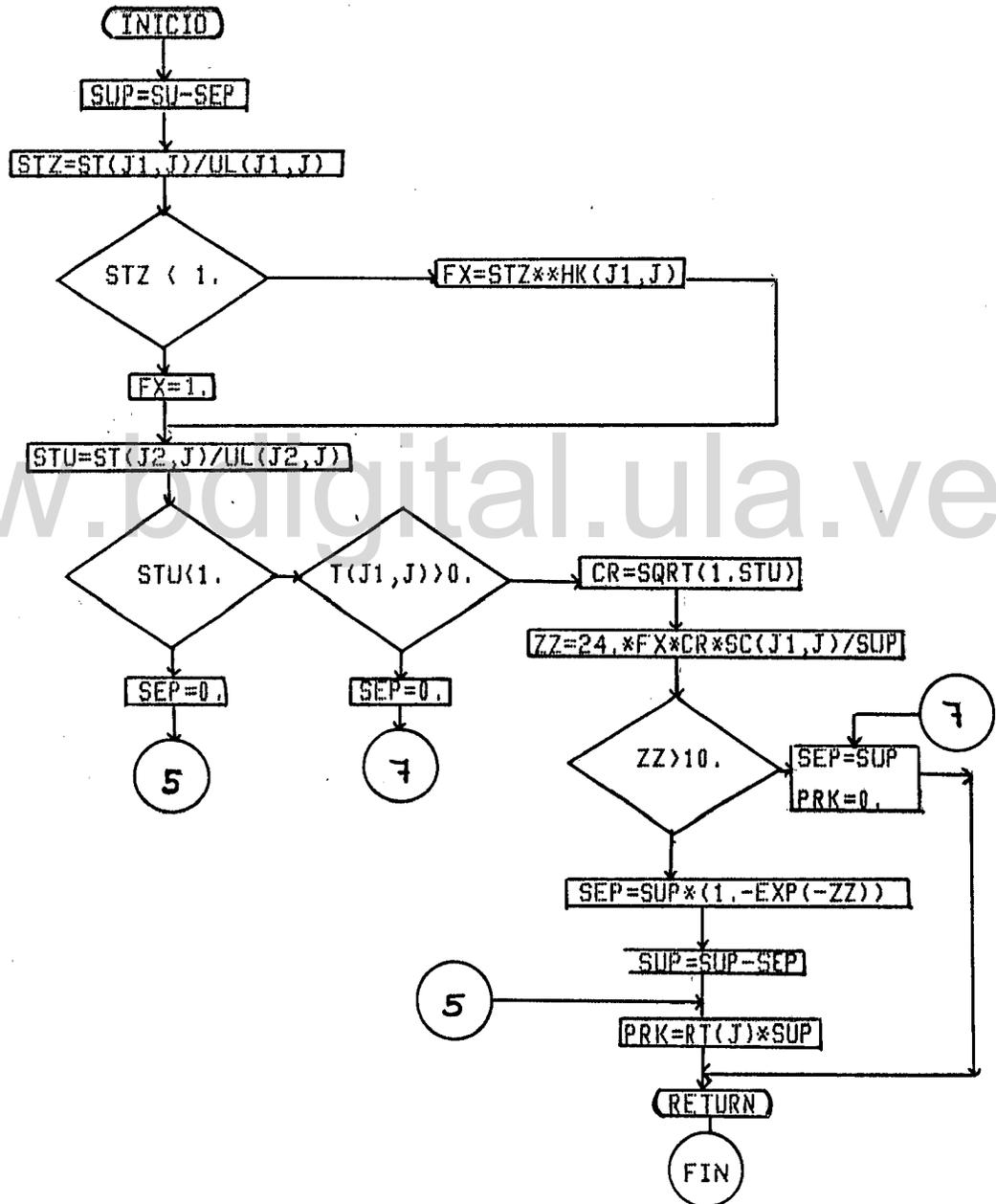
www.bdigital.ula.ve

SUBROUTINA PKRN

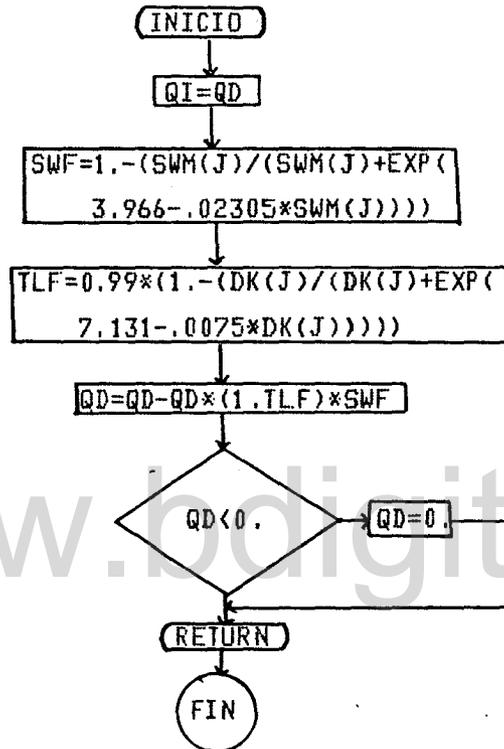


www.bdigital.ula.ve

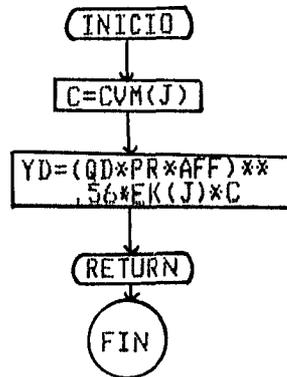
SUBROUTINA PERC



SUBROUTINA TRANS

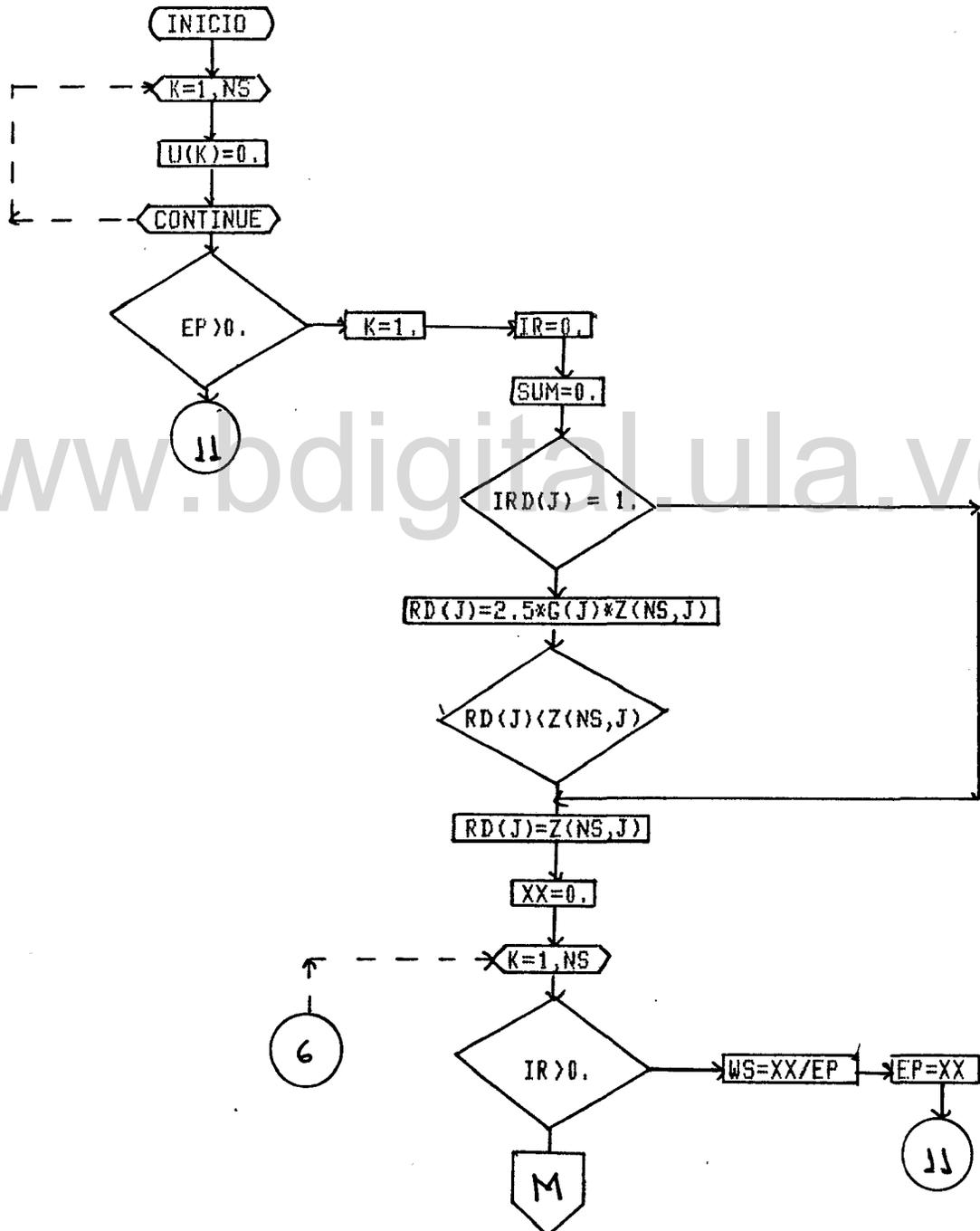


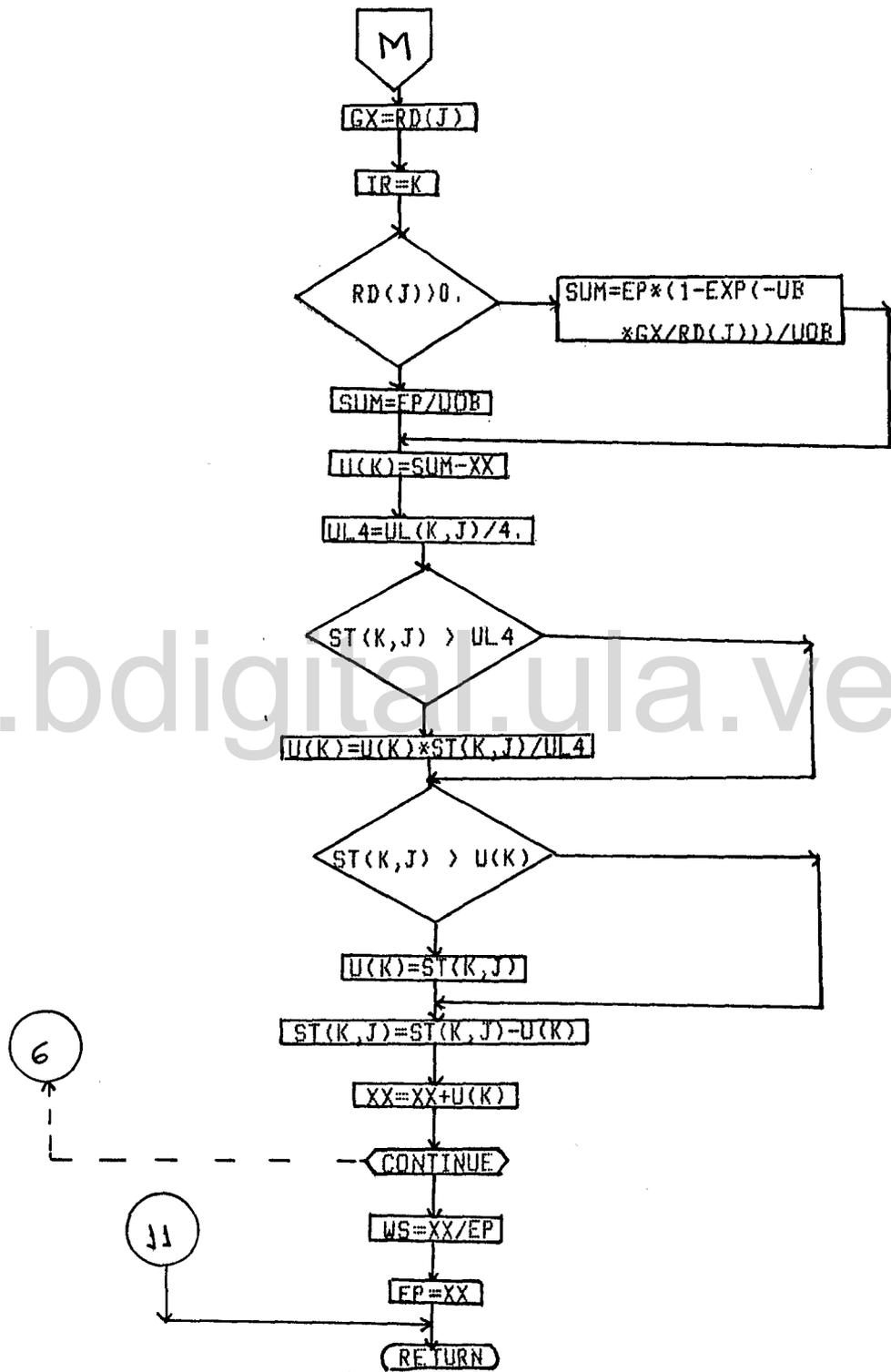
SUBROUTINA YSED



www.bdigital.ula.ve

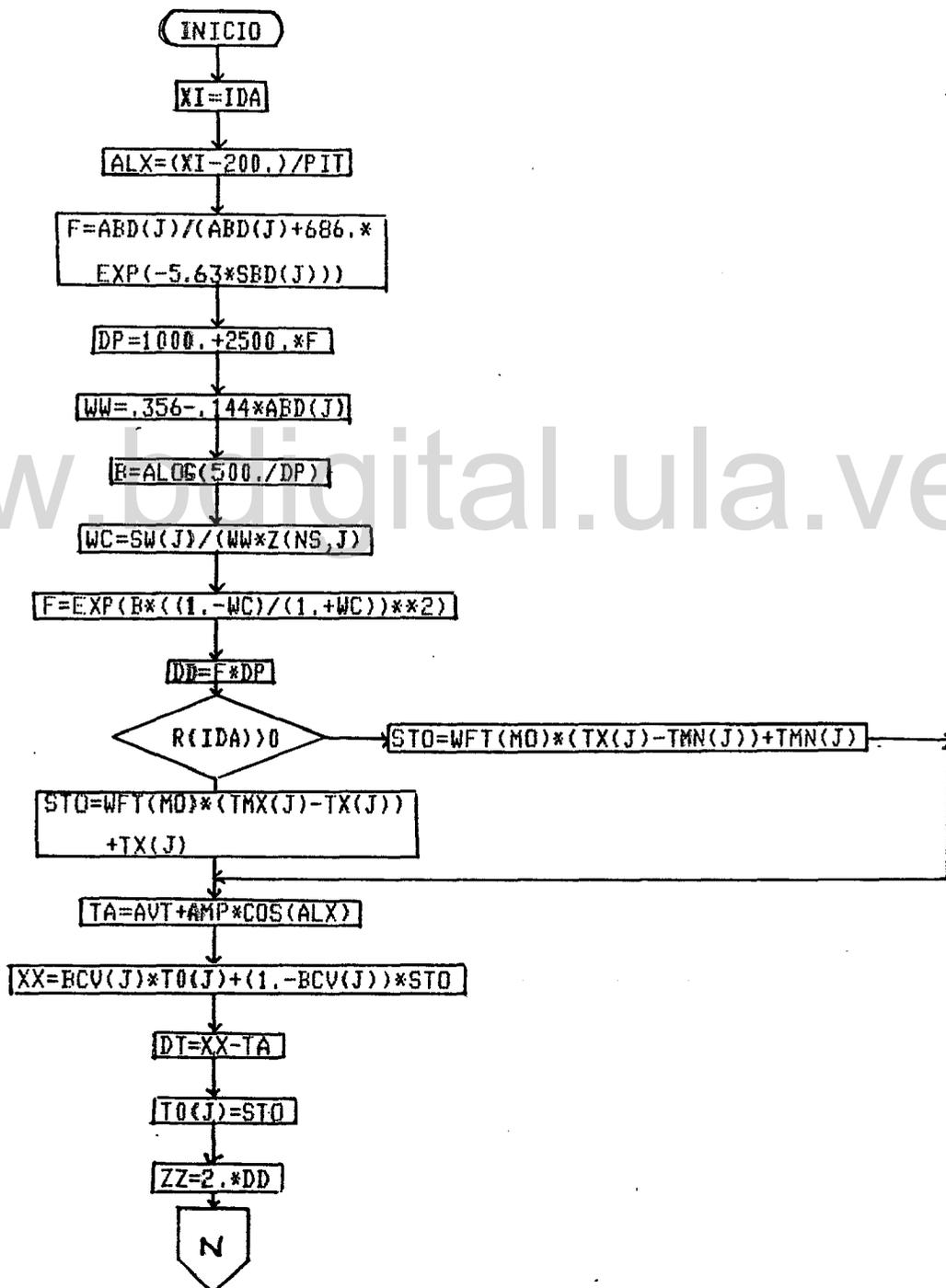
SUBROUTINA SWU

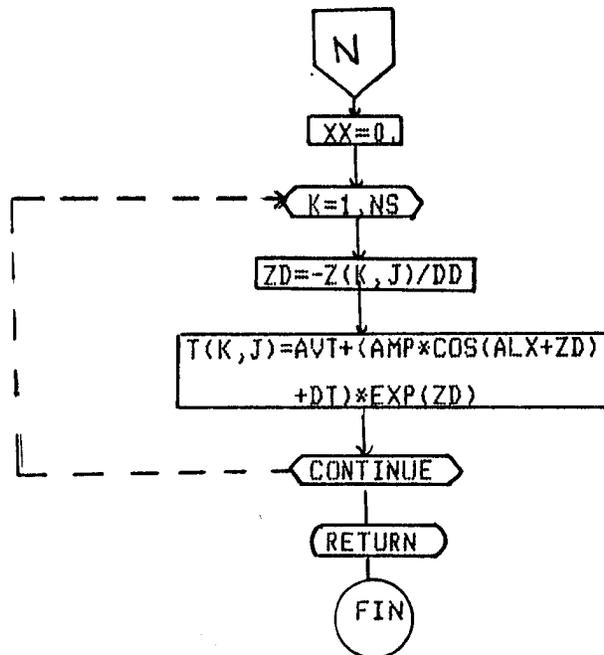




F I N

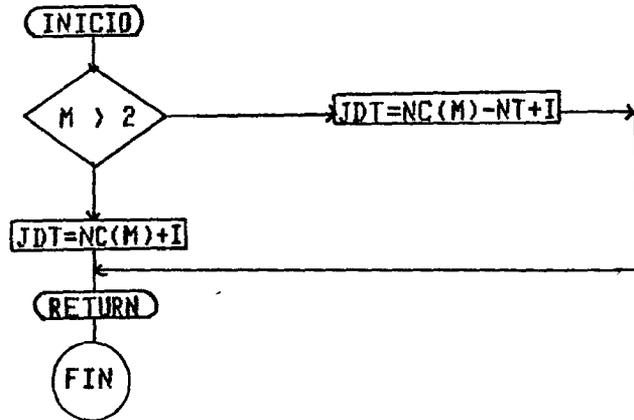
SUBROUTINA SOLT





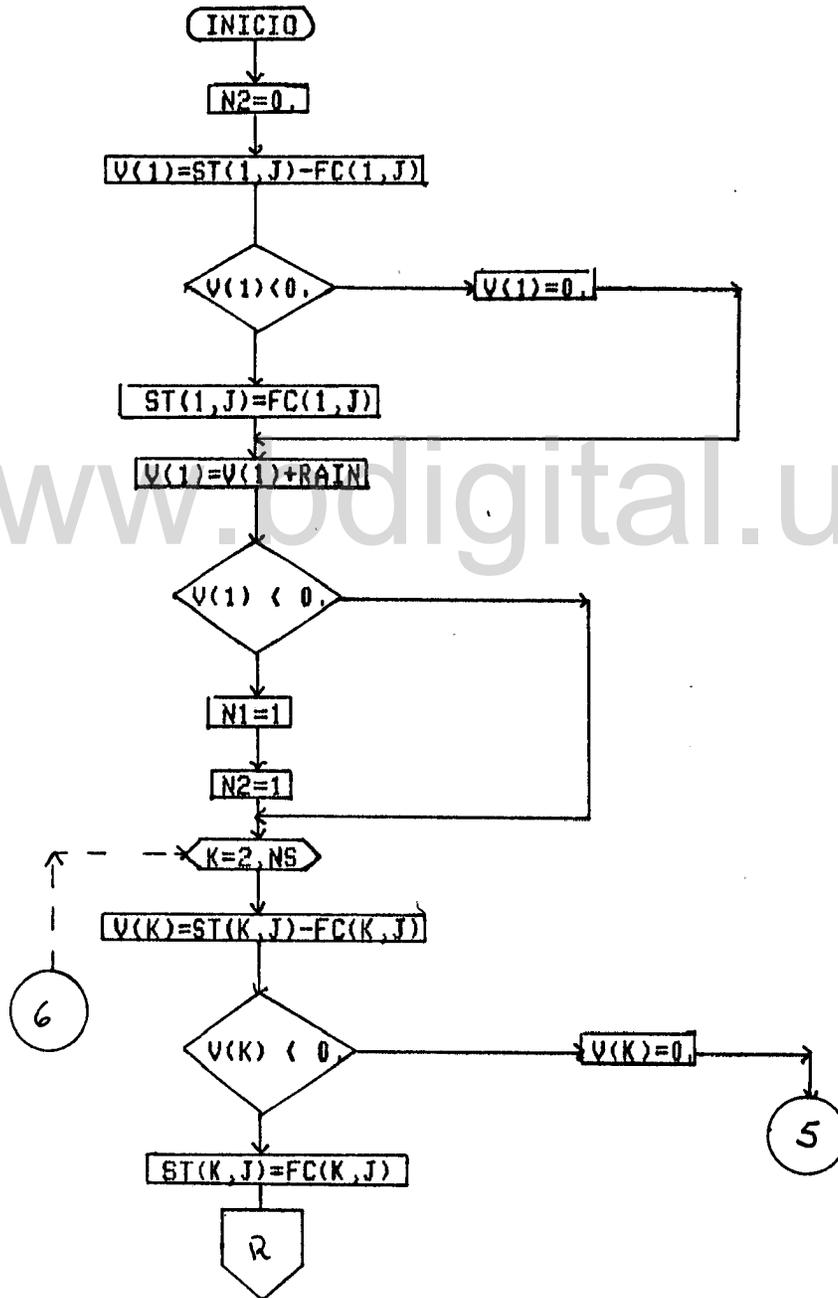
www.bdigital.ula.ve

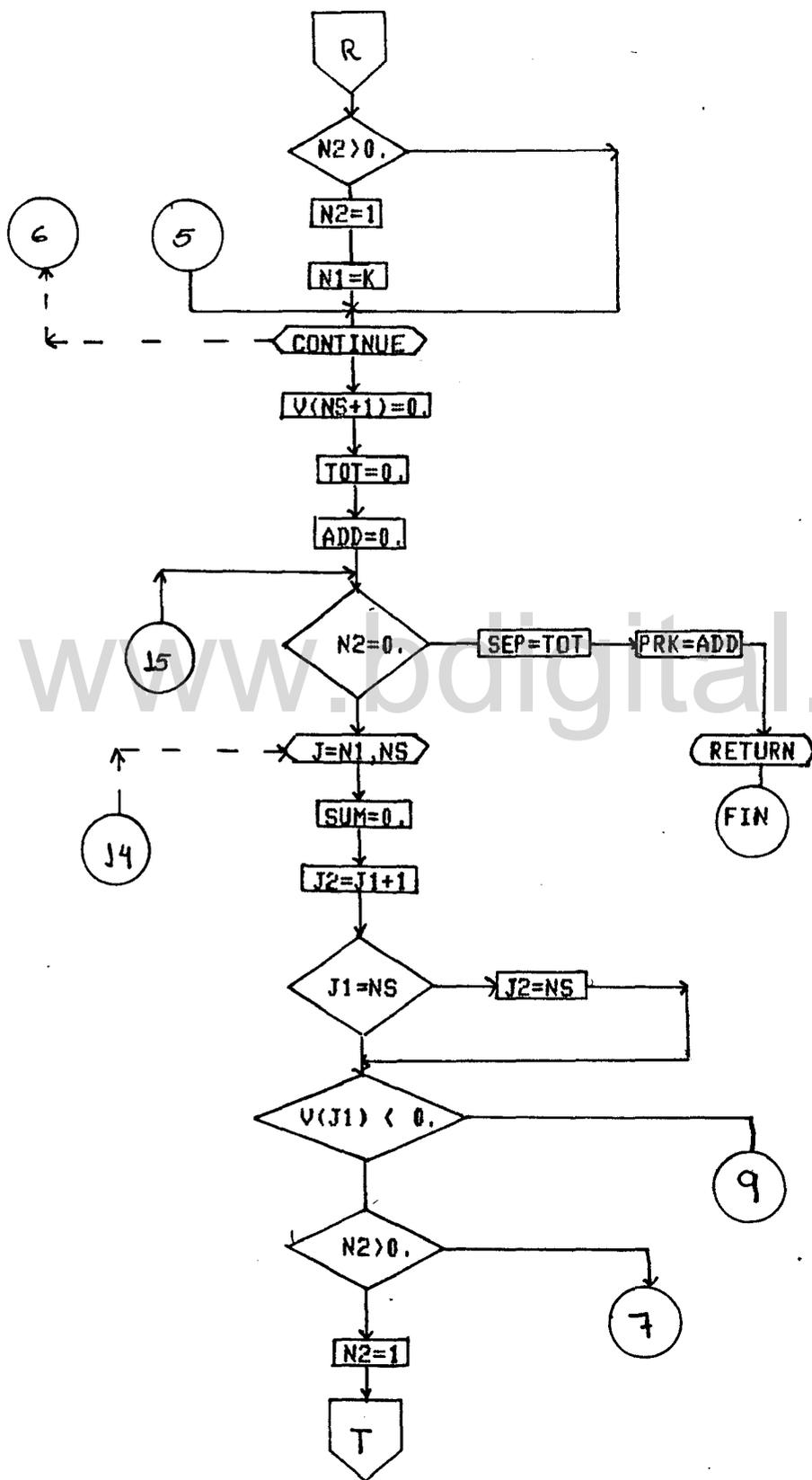
FUNCTION JDT

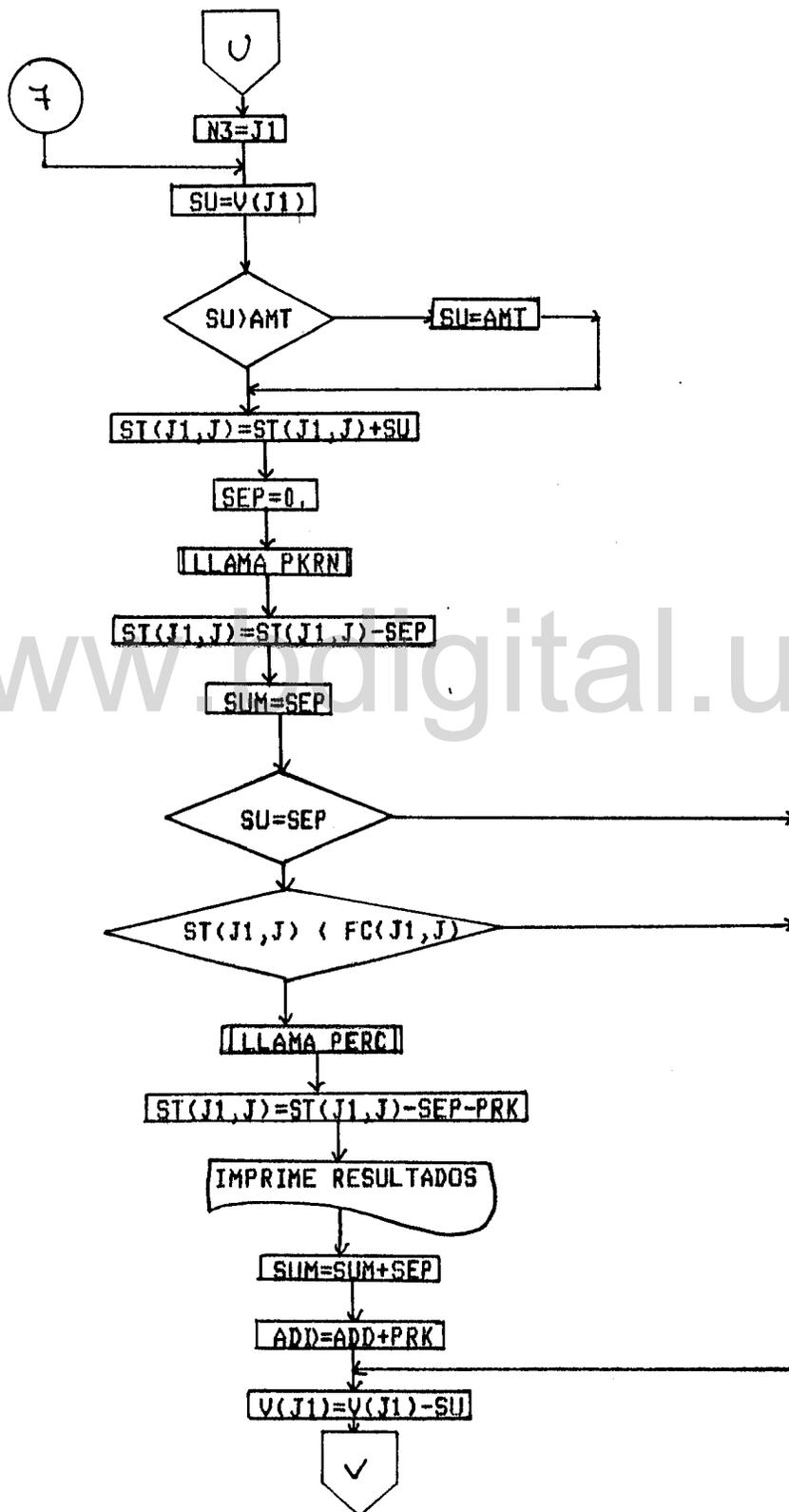


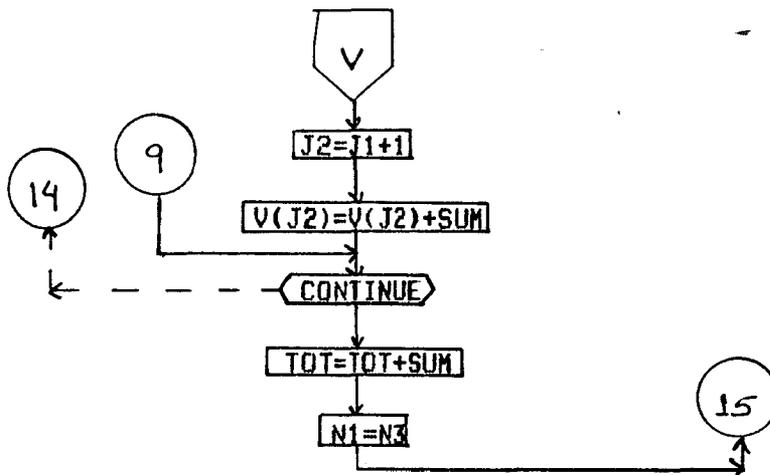
www.bdigital.ula.ve

SUBROUTINA PURK



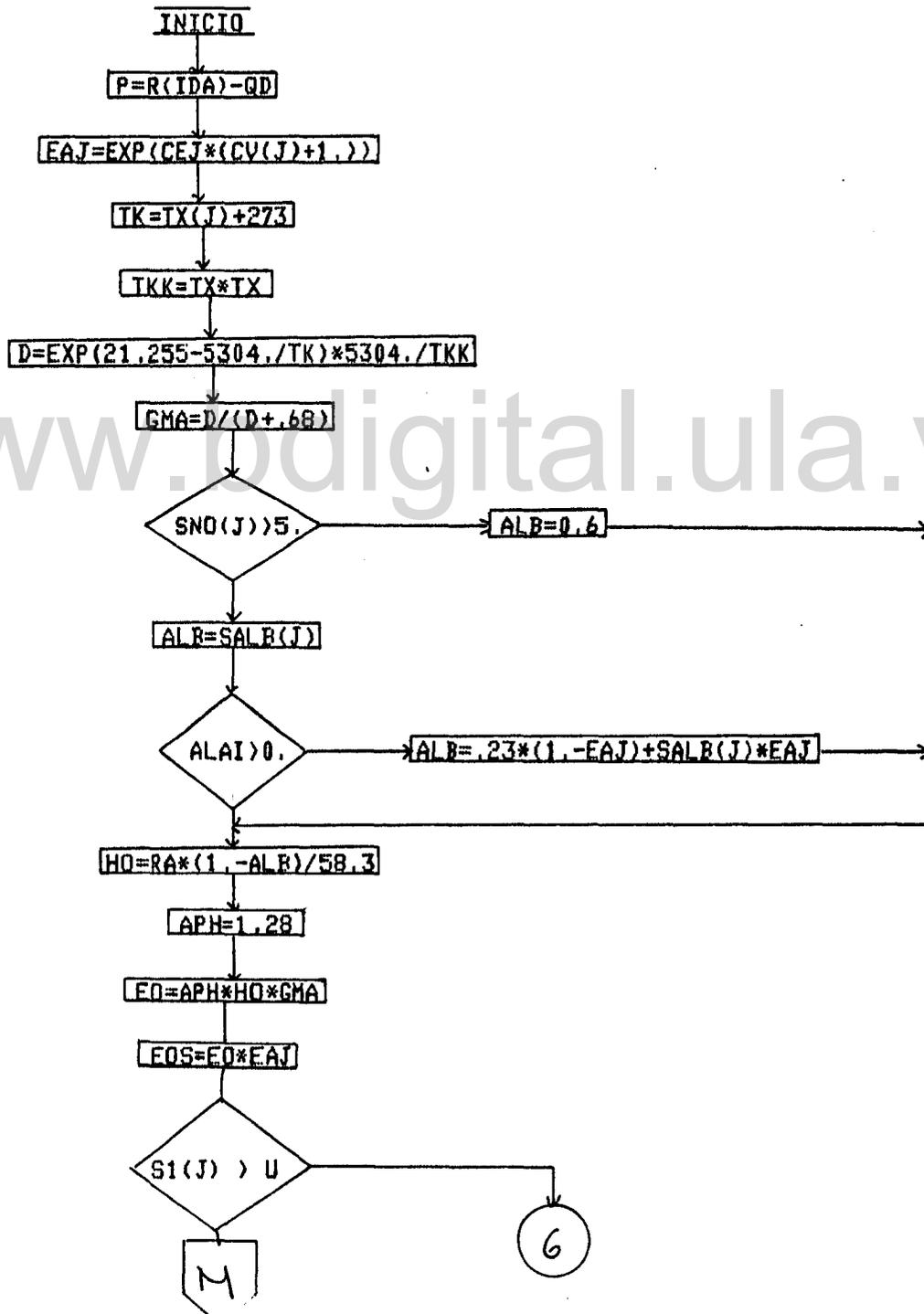


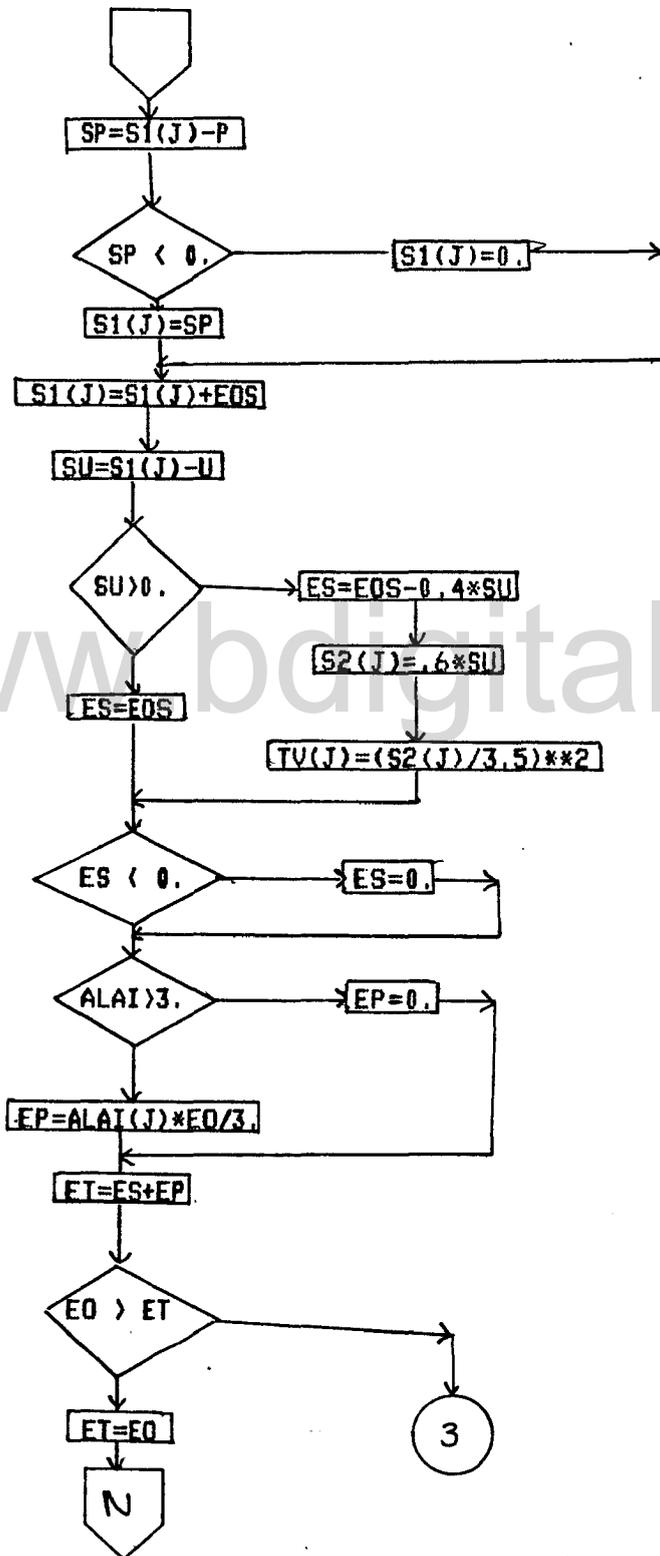


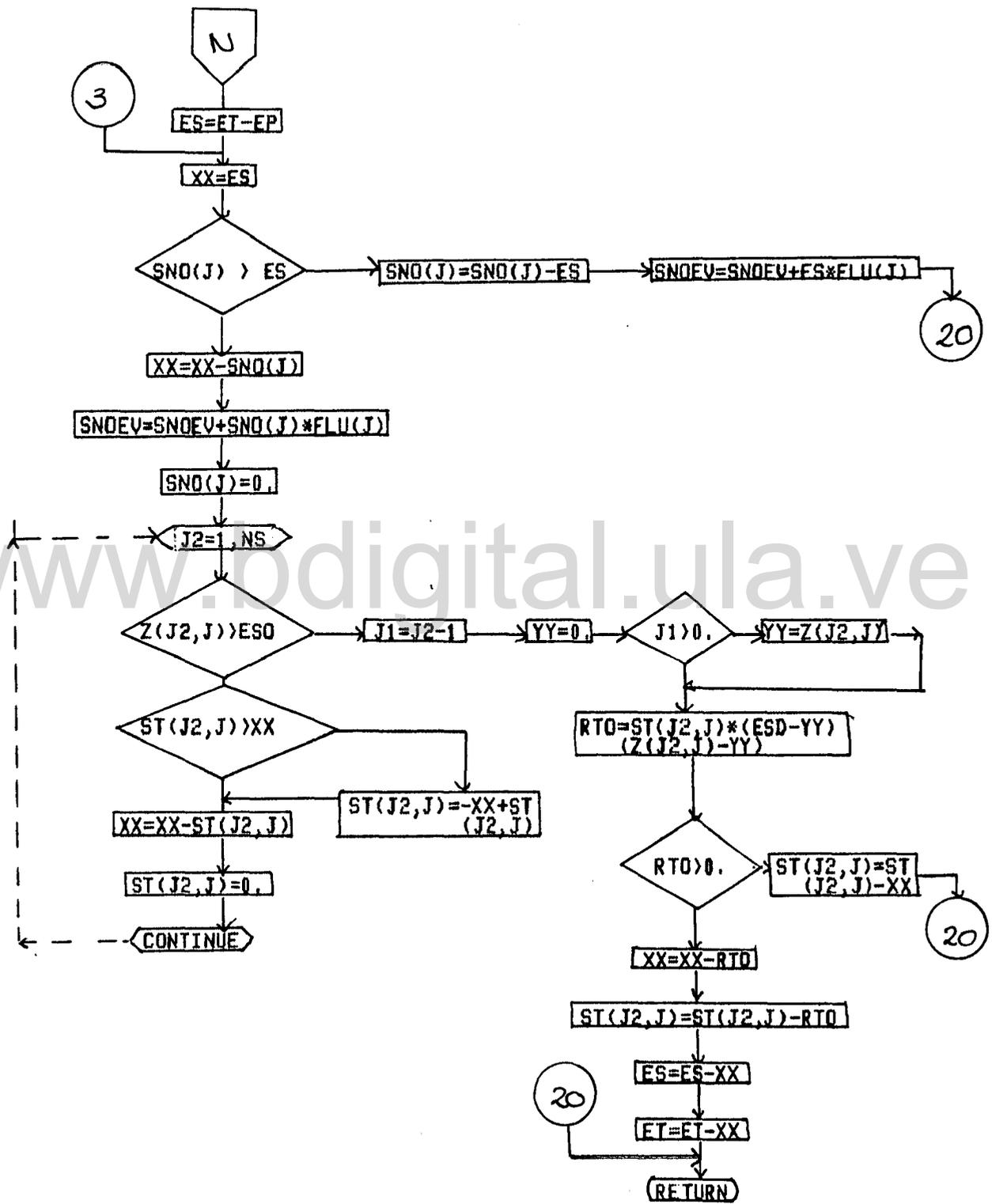


www.bdigital.ula.ve

SUBROUTINA EVAP







&SAN T=00004 IS ON CR00024 USING 00180 BLKS R=0000

```

0001 FTN
0002 $FILES(0,2)
0003 $EMA/BK1/,/BK5/,/BK9/
0004 PROGRAM SWRRB
0005 C
0006 COMMON /BK1/ST(10,5),UL(10,5),CLA(10,5),SC(10,5),HK(10,5),
0007 1FC(10,5),T(10,5),Z(10,5),WF(2,5),G(5),RT(5),ABD(5),UB,UOB,SEP,
0008 1SSF,SWW, SU,NS,J1,J2,LU,IRD(5),CF(5),BCV(5)
0009 COMMON /BK2/ S1(5),S2(5),SW(5),GR(5),TU,EO
0010 COMMON /BK3/ ALAI(5),SALB(5),DM(5),RD(5),UW,EP,ES,RAIN,WS,JE,J,IDA
0011 COMMON /BK4/ NC(13),IYR,NT,MO
0012 COMMON /BK5/ R(366),VMX(5),V(5),FLU(6),BP(5),HC(5),HCR(5),FP(5),CS
0013 1(5),SK(5),SMX(5),EV,SP,RL,Q1,Q,QD,AF,PQ,YP,AFF,AMPS,CN,SML,CFP(5)
0014 2,SWM(5),SFC(5),DK(5)
0015 COMMON /BK6/ VRF(5),VRS(5),VR(5),BR1(5),BR2(5),RRR(5),FR(5),
0016 1 CSR(5),CFR(5),QDR
0017 COMMON /BK7/ RST(12,3),T0(5),PRW(2,12),OBMX(12),OBMN(12),
0018 1OBSL(12),CVT(12),CVS(12),WFT(12),SUBP(5),SNO(5),SNOEV,K1(4),K2(4),
0019 2 K3(4),K4(4),K5(4),K6(4),K7(4),K8(4),K9(4),
0020 2 V1,V3,V5,V7,RA,TMXG,TMNG,RMX,YLS,YLC,PIT,ST0,AMP,AVT,TS,
0021 3 NSIM,MSIM,LW,TMX(5),TMN(5),TX(5),TB(5),TO(5),DMM(12,5),DM1(5)
0022 COMMON /BK8/ KR1,KR2,KR3,KR4,KW,KW1,KW2
0023 COMMON /BK9/ HYD(250,5),WI(12),TC(6),AL(5),AB,AB1,RN1,R1,PR,LUI
0024 *,VO,NMB,TP,TR,DDT
0025 COMMON /BK10/ CVM(5),CV(5),RSD(5),EK(5),YD,C,PHU(5),BLAI(5),IPL(5)
0026 *,IHV(5),ITIL(5),TF(4),TILOP(8),RSDI(4),DM2(5)
0027 DIMENSION VOBMX(12,5),VOBMN(12,5),ALAIM(12,5),CM(12,5),RSDM(12,5)
0028 DIMENSION SIL(10,5),SAN(10,5),TITULO(60),HED(41),SSB(39),SM(39),
0029 1SMY(39),SMM(39),PROG(20),SID(11),W1(10),W2(10),TT(6),CN2(5),DTH(5)
0030 2,BS(5),RDI(2),SAX(5),D50(5),SAF(5),SAS(5),SL(6),ECP(5),STP(6),
0031 3XIJ(5),YIJ(5),SBP(5),SSBP(5),CSS(5),RT1(5),SMQ(5),SYQ(5),SQ(5),
0032 4 SMSQ(5),SYSQ(5),SSQ(5),SYM(5),CHL(6),CHS(6),CHN(6),CHK(6),
0033 5 OVN(6),SYY(5),SY(5),KE(5),AM(13)
0034 DIMENSION PR2(5),CDP(5),CDG(5),CY1(5),DMY(5)
0035 DATA BOX/100./,CLT/57.296/,CU/.25/,SBP/5*0./,SSBP/5*0./,NSB,NNS/39
0036 1,39/,SID/' 1',' 2',' 3',' 4',' 5',' 6',' 7',' 8',
0037 2 ' 9',' 10',TOT//,DA1,DA2,DA3,TA1,TA2,TA3/6*0./,PROG/'SWRR',
0038 3 'B ',8/0','7/84',' VER','SION',14* ' '/,RDI/0.,2000./,
0039 4ALAIM/60*0./,CM/60*0./,RSDM/60*0./,AM/13*0./
0040 DATA HED/' R',' CN',' QD',' SSF',' PRK',' WY',' ET',' TMX',
0041 1 ' TMN',' RA',' SAY',' Y',' PIY',' POY',' PSY',' RIY',' ROY',
0042 2 ' RSY',' PEV',' PSP',' PRN',' PIQ',' PO',' REV',' RSP',' RRN',
0043 3 ' RIQ',' RO',' QP',' QP/Q',' QPQP',' WYWY',' PLQ',' RLQ',' RSMX',
0044 4 ' CVT',' CVS',' DUR',' DAYP',' ALPH',' RAIN'/
0045 AB=0.02083
0046 UB=3.065
0047 BOY=2.*BOX
0048 UU=0.

```

```

0049 C   TITULO = DESCRIPCION DEL PROBLEMA
0050     CALL LECIM
0051     1 READ (KR1,89) TITULO
0052     DO 2 I=1,5
0053     BS(I)=0.
0054     SMQ(I)=0.
0055     SYQ(I)=0.
0056     SQ(I)=0.
0057     SMSQ(I)=0.
0058     SYSQ(I)=0.
0059     SSQ(I)=0.
0060     SYM(I)=0.
0061     SYY(I)=0.
0062     SY(I)=0.
0063     S1(I)=0.
0064     S2(I)=0.
0065     2 CONTINUE
0066     WRITE (KW,88) TITULO
0067 C   NBYR = NUMERO DE ANOS A SIMULAR DE ESCORRENTIA
0068 C   IYR = AÑO INICIAL DE LA SIMULACION
0069 C   LU = NO DE SUBAREAS EN LA CUENCA.
0070 C   NS = NUMERO DE ESTRATOS DEL SUELO(MAX=10)
0071 C   IPD=1 PARA IMPRESION DIARIA,=0 PARA MENSUAL,=2 PARA ANUAL
0072 C   NSIM = CODIGO DE ENTRADA DE DATOS DE PRECIPITACION:
0073 C     NSIM = 1 PARA UNA MEDIDA SIMPLE DE PRECIPITACION
0074 C     NSIM = 2 PARA UNA SIMULACION DE PRECIPITACION
0075 C     NSIM = 3 PARA MULTIPLES MEDIDAS DE PRECIPITACION
0076 C     NSIM = 4 PARA SIMULACION MULTIPLE DE PRECIPITACION
0077 C   MSIM = COIGO DE ENTRADA DE DATOS DE TEMPERATURA
0078 C     MSIM = 1 PARA MEDIDAS MAX & MIN DE TEMPERATURA
0079 C     MSIM = 2 PARA SIMULAR MAX & MIN TEMP
0080 C     MSIM = 3 PARA SIMULAR MAX & MIN TEMP PARA CADA SUBCUENCA
0081 C   IGN = NUMERO DE CICLOS AL AZAR GENERADOS ANTES DE COMENZAR LA
0082 C     SIMULACION
0083 C   IHYD = CODIGO DE SALIDA DEL HIDROGRAMA
0084 C     IHYD = 0 PARA OMITIR EL CALCULO DEL HIDROGRAMA
0085 C     IHYD = 1 PARA CALCULAR E IMPRIMIR CADA HIDR. PARA CADA
0086 C     SUBCUENCA
0087     READ (KR1,90) NBYR,IYR,LU,NS,IPD,NSIM,MSIM,IGN,IHYD
0088     IF(IGN.EQ.0) GO TO 250
0089     CALL GCYCLE(IGN)
0090 250   LU1=LU+1
0091     XLU=LU
0092     FLU(LU1)=1.
0093     XN=NBYR
0094     NBMO=NBYR*12
0095     XMO=NBMO
0096 C   DA = AREA DE LA CUENCA (KM**2)
0097 C   P2=FACTOR DE CORRECCION POR LLUVIA
0098 C   TP5 = PRECIPITACION DE .5H(MM) PARA UNA FRECUENCIA DE 10 ANOS

```

```

0099 C   TP6 = PRECIPITACION DE 6H(MM) PARA UNA FRECUENCIA DE 10 ANOS
0100 C   TP24= NO DE ANOS REGISTRADOS CON .5H DE PRECIPITACION
0101 C   BD = COEFICIENTE DE DESAGREGACION DE SEDIMENTOS
0102 C   BA = COEFICIENTE DE AGREGACION DE SEDIMENTOS
0103 C   YLT = LATITUD
0104 C   BRT = TIEMPO DE RETARDO DE LA CUENCA(D)
0105 C   FFC = FRACCION DE CAPACIDAD DE CAMPO AL INICIO DEL ALMACENA-
0106 C   MIENTO(0.PARA QUE EL PROG CALCULE FFC)
0107     READ (KR1,134) DA,P2,TP5,TP6,TP24,BA,BD,YLT,BRT,FFC
0108     WRITE (KW,91) NBYR,DA,P2,TP5,TP6,TP24,BA,BD,YLT,BRT
0109     WRITE(KW,191) IGN
0110     WRITE (KW,92) K1,K2,K3,K4,K5,K6,K7,K8,K9
0111     AF=1000.*DA
0112     DA9=100.*DA
0113     XX=YLT/CLT
0114     YLS=SIN(XX)
0115     YLC=COS(XX)
0116     BRT=1.-EXP(-1./BRT)
0117     XY2=.5/TP24
0118     UOB=1.-EXP(-UB)
0119     IF (NSIM.NE.4) GO TO 7
0120 C   SI VAN A SER GENERADAS MULTIPLES MEDIDAS,LEER LAS COORDENADAS DE
0121 C   CENTROIDE DE CADA SUBCUENCA(KM)
0122     READ (KR1,134) (XIJ(I),YIJ(I),I=1,LU)
0123     WRITE (KW,93) (XIJ(I),YIJ(I),I=1,LU)
0124     BX=XIJ(1)
0125     SX=XIJ(1)
0126     BY=YIJ(1)
0127     YS=YIJ(1)
0128     DO 6 I=2,LU
0129         IF (XIJ(I).GT.BX) GO TO 3
0130         IF (XIJ(I).LT.SX) SX=XIJ(I)
0131         GO TO 4
0132     3   BX=XIJ(I)
0133     4   IF (YIJ(I).GT.BY) GO TO 5
0134         IF (YIJ(I).LT.YS) YS=YIJ(I)
0135         GO TO 6
0136     5   BY=YIJ(I)
0137     6   CONTINUE
0138     XSL=BX-SX+BOY
0139     YSL=BY-YS+BOY
0140     SX=SX-BOX
0141     YS=YS-BOX
0142 C   OBMX = PROMEDIO MAX MENSUAL DE TEMPERATURA DEL AIRE (C)
0143 C   OBMN = PROMEDIO MINIMO MENSUAL DE TEMPERATURA DEL AIRE (C)
0144 7     READ (KR1,147) OBMX
0145     READ (KR1,147) OBMN
0146     IF(MSIM.NE.3) GO TO 214
0147     DO 215 J=2,LU
0148     READ(KR1,147)(VOBMX(I,J),I=1,12)

```

```

0149      READ(KR1,147)(VOBMN(I,J),I=1,12)
0150 215  CONTINUE
0151 C    CVT = COEF DE VARIACION PARA LA TEMPERATURA MENSUAL
0152 214  READ (KR1,147) CVT
0153 C    OBSL = PROMEDIO MENSUAL DE RADIACION SOLAR
0154      READ (KR1,147) OBSL
0155 C    WI = MAX PREC MENSUAL DE .5H PARA EL PERIODO DE REGISTRO(MM)
0156      READ (KR1,147) WI
0157      WRITE (KW,94)
0158      WRITE(KW,189)
0159      GO TO(221,222,223,224),NSIM
0160 221  WRITE(KW,179)
0161      GO TO 228
0162 222  WRITE(KW,180)
0163      GO TO 228
0164 223  WRITE(KW,181)
0165      GO TO 228
0166 224  WRITE(KW,182)
0167 228  WRITE(KW,183)
0168      GO TO (225,226,227),MSIM
0169 225  WRITE(KW,184)
0170      GO TO 229
0171 226  WRITE(KW,185)
0172      GO TO 229
0173 227  WRITE(KW,186)
0174 229  WRITE (KW,100)
0175      DO 13 I=1,12
0176          R(I)=0.
0177 C    PRW(1)= PROBABILIDAD MENSUAL DE TENER UN DIA HUMEDO DESPUES
0178 C          DE UN DIA SECO.
0179 C    PRW(2)= PROBABILIDAD MENSUAL DE TENER UN DIA HUMEDO DESPUES
0180 C          DE UN DIA HUMEDO.
0181 C    RST = MEDIA MENSUAL, DESV STD, Y COEF DE VARIACION DE PRECIPITACION
0182 C          DIARIA.
0183      READ (KR1,134) PRW(1,I),PRW(2,I),(RST(I,J),J=1,3)
0184      WRITE (KW,101) PRW(1,I),PRW(2,I),(RST(I,J),J=1,3)
0185 13 CONTINUE
0186      SM(1)=(WI(12)+WI(1)+WI(2))/3.
0187      R(1)=WI(1)
0188      DO 14 I=2,11
0189          R(I)=R(1)+WI(I)
0190          SM(I)=(WI(I-1)+WI(1)+WI(I+1))/3.
0191 14 CONTINUE
0192      R(1)=R(1)/12.
0193      SM(12)=(WI(11)+WI(12)+WI(1))/3.
0194      WRITE (KW,102)
0195      WRITE (KW,103) HED(35),WI,R(1),HED(35)
0196      TBB=0.
0197      TS=100.
0198      R(1)=0.

```

```

0199      DO 15 I=1,12
0200          XM=NC(I+1)-NC(I)
0201          SMM(I)=XM*PRW(1,I)/(1.-PRW(2,I)+PRW(1,I))
0202          WFT(I)=SMM(I)/XM
0203          R25=RST(I,1)
0204          SMY(I)=SMM(I)*R25
0205          F=XY2/SMM(I)
0206          WI(I)=-SM(I)/ALOG(F)
0207          WI(I)=1.-EXP(-WI(I)/R25)
0208          IF (WI(I).LT..1) WI(I)=.1
0209          IF (WI(I).GT..95) WI(I)=.95
0210          R(1)=R(1)+OBMX(I)
0211          R(2)=R(2)+OBMN(I)
0212          R(3)=R(3)+WI(I)
0213          R(4)=R(4)+OBSL(I)
0214          R(5)=R(5)+CVT(I)
0215          R(8)=R(8)+SMY(I)
0216          R(9)=R(9)+SMM(I)
0217          TAV=(OBMX(I)+OBMN(I))/2.
0218          IF (TAV.GT.TBB) TBB=TAV
0219          IF (TAV.LT.TS) TS=TAV
0220      15 CONTINUE
0221      DO 16 I=1,7
0222          R(I)=R(I)/12.
0223      16 CONTINUE
0224          AVT=(R(1)+R(2))/2.
0225          AMP=(TBB-TS)/2.
0226          WRITE (KW,103) HED(8),OBMX,R(1),HED(8)
0227          WRITE (KW,103) HED(9),OBMN,R(2),HED(9)
0228          WRITE (KW,103) HED(10),OBSL,R(4),HED(10)
0229          WRITE (KW,103) HED(36),CVT,R(5),HED(36)
0230          WRITE (KW,103) HED(41),(SMY(I),I=1,12),R(8),HED(41)
0231          WRITE (KW,103) HED(39),(SMM(I),I=1,12),R(9),HED(39)
0232          WRITE (KW,103) HED(40),WI,R(3),HED(40)
0233          XX = R(8)
0234          IF(FFC .EQ. 0.) FFC=XX/(XX+EXP(9.043-.002135*XX))
0235      C      FLU = FRACCION DE LA CUENCA EN CADA SUBCUENCA.
0236          READ (KR1,134) (FLU(I),I=1,LU)
0237      C      LEE DATOS DE ENTRADA PARA CADA SUBCUENCA
0238      C      CN2 = II COND. NO DE CURVA DEL SCS.
0239          READ (KR1,134) (CN2(I),I=1,LU)
0240      C      SALB = REFLECCION DEL SUELO(ALBEDO)
0241          READ (KR1,134) (SALB(I),I=1,LU)
0242      C      SNO = CONTENIDO INICIAL DE AGUA PROCEDENTE DE NIEVE(MM)
0243          READ (KR1,134) (SNO(I),I=1,LU)
0244      C      TT = TIEMPO DE VIAJE DESDE LA SALIDA DE UNA SUBCUENCA HASTA LA
0245      C      SALIDA DE LA CUENCA(HR)
0246          READ (KR1,134) (TT(I),I=1,LU)
0247      C      CHL = LONGITUD DEL CAUCE DESDE EL PUNTO MAS ALEJADO(KM)
0248          READ (KR1,134) (CHL(I),I=1,LU)

```

```

0249 C   CHS = PENDIENTE PROMEDIO DEL CAUCE(M/M)
0250     READ (KR1,134) (CHS(I),I=1,LU1)
0251 C   CHK = CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA EFECTIVA EN CANALES ALUVIALES.
0252     READ(KR1,134) (CHK(I),I=1,LU1)
0253 C   CHN = VALOR N DEL CAUCE.
0254     READ (KR1,134) (CHN(I),I=1,LU1)
0255 C   OVN = VALOR N DE LA ESCORRENTIA.
0256     READ (KR1,134) (OVN(I),I=1,LU1)
0257 C   RT1 = TIEMPO DE RETORNO DEL FLUJO(D)
0258     READ (KR1,134) (RT1(I),I=1,LU)
0259 C   CONCENTRACION DE SEDIMENTO EN EL FLUJO DE RETORNO.
0260     READ (KR1,134) (CSS(I),I=1,LU)
0261 C   EK = FACTOR K DE LA ECUACION USLE
0262     READ (KR1,134) (EK(I),I=1,LU)
0263 C   ECP = FACTOR P DE LA EC USLE (PRACTICAS DE CONTROL).
0264     READ (KR1,134) (ECP(I),I=1,LU)
0265 C   SL = PENDIENTE PROMEDIO DEL LARGO DE CADA SUBCUENCA(M).
0266     READ (KR1,134) (SL(I),I=1,LU1)
0267 C   STP = PENDIENTE PROMEDIO DE CADA SUBCUENCA(M/M)
0268     READ (KR1,134) (STP(I),I=1,LU1)
0269 C   LEE LOS DATOS DE LA LAGUNA PATRON
0270 C   FP = FRACCION DE CADA SUBCUENCA QUE FLUYE HACIA LAS LAGUNAS
0271     READ (KR1,134) (FP(I),I=1,LU)
0272     SUM1=0.
0273     DO 240 I=1,LU
0274     SUM1=SUM1+FP(I)
0275     CS(I)=0.
0276 240 CONTINUE
0277     IF(SUM1.EQ.0.) GO TO 241
0278 C   SAX = AREA SUPERFICIAL TOTAL DE TODAS LAS LAGUNAS EN CADA
0279 C   SUBCUENCA(HA)
0280     READ (KR1,134) (SAX(I),I=1,LU)
0281 C   VMX = VOLUMEN DE ESCORRENTIA REQUERIDO PARA LLENAR LAGUNAS
0282 C   VACIAS PROVENIENTE DEL AREA DE LA LAGUNA DE CAPTACION.
0283     READ (KR1,134) (VMX(I),I=1,LU)
0284 C   V = VOLUMEN INICIAL DE LA LAGUNA(MM)
0285     READ (KR1,134) (V(I),I=1,LU)
0286 C   CS = CONCENTRACION INICIAL DE SEDIMENTOS EN LA LAGUNA(PPM)
0287     READ (KR1,134) (CS(I),I=1,LU)
0288 C   CFP = CONCENTRACION NORMAL DE SEDIMENTOS EN LA LAGUNA(PPM)
0289     READ (KR1,134) (CFP(I),I=1,LU)
0290 C   HC = CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA EN EL FONDO DE LA LAGUNA(MM/H)
0291     READ (KR1,134) (HC(I),I=1,LU)
0292 C   LEE LOS DATOS DEL EMBALSE
0293 C   FR = FRACCION DE CADA SUBCUENCA QUE FLUYE HACIA EL EMBALSE.
0294 241 READ (KR1,134) (FR(I),I=1,LU)
0295     SUM2=0.
0296     DO 242 I=1,LU
0297     SUM2=SUM2+FR(I)
0298     CSR(I)=0.

```

```

0299 242 CONTINUE
0300 IF(SUM2.EQ.0.) GO TO 243
0301 C SAF = AREA TOTAL DEL EMBALSE QUE FLUYE HACIA EL ALIVIAVERO DE
0302 C EMERGENCIA(HA)
0303 READ (KR1,134) (SAF(I),I=1,LU)
0304 C VRF = VOLUMEN DE ESCORRENTIA REQUERIDO PARA LLENAR EL ALIVIADE-
0305 C RO DE EMERGENCIA(MM).
0306 READ (KR1,134) (VRF(I),I=1,LU)
0307 C SAS = AREA TOTAL DEL EMBALSE QUE FLUYE HACIA EL ALIVIADERO
0308 C PRINCIPAL(HA).
0309 READ (KR1,134) (SAS(I),I=1,LU)
0310 C VRS = VOLUMEN DE ESCORRENTIA REQUERIDO PARA LLENAR EL ALIVIA-
0311 C DERO PRINCIPAL(MM)
0312 READ (KR1,134) (VRS(I),I=1,LU)
0313 C VR = VOLUMEN INICIAL DEL EMBALSE(MM).
0314 READ (KR1,134) (VR(I),I=1,LU)
0315 C RRR = PROMEDIO DE LA TASA DE DESCARGA DEL ALIVIADERO
0316 C PRINCIPAL(M**3/S/KM**2)
0317 READ (KR1,134) (RRR(I),I=1,LU)
0318 C CSR = CONCENTRACION INICIAL DE SEDIMENTO EN EL EMBALSE(PPM).
0319 READ (KR1,134) (CSR(I),I=1,LU)
0320 C CFR = CONCENTRACION NORMAL DE SEDIMENTO EN EL EMBALSE(PPM).
0321 READ (KR1,134) (CFR(I),I=1,LU)
0322 C HCR = CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA DEL FONDO DEL EMBALSE(MM/H)
0323 READ (KR1,134) (HCR(I),I=1,LU)
0324 243 DO 17 I=1,LU1
0325 OT=.0556*(SL(I)*OVN(I))**.6/STP(I)**.3
0326 CT=.31*CHL(I)*CHN(I)**.75/((DA*FLU(I))**.125*CHS(I))**.375)
0327 TC(I)=OT+CT
0328 17 CONTINUE
0329 WRITE (KW,104)
0330 WRITE (KW,105) (FLU(I),I=1,LU)
0331 WRITE (KW,106) (FP(I),I=1,LU)
0332 IF(SUM1.EQ.0.) GO TO 203
0333 WRITE (KW,107) (SAX(I),I=1,LU)
0334 WRITE (KW,108) (VMX(I),I=1,LU)
0335 WRITE (KW,109) (V(I),I=1,LU)
0336 WRITE (KW,110) (CS(I),I=1,LU)
0337 WRITE (KW,111) (CFP(I),I=1,LU)
0338 WRITE (KW,112) (HC(I),I=1,LU)
0339 203 WRITE (KW,113) (FR(I),I=1,LU)
0340 IF(SUM2.EQ.0.) GO TO 204
0341 WRITE (KW,114) (SAF(I),I=1,LU)
0342 WRITE (KW,115) (VRF(I),I=1,LU)
0343 WRITE (KW,116) (SAS(I),I=1,LU)
0344 WRITE (KW,117) (VRS(I),I=1,LU)
0345 WRITE (KW,118) (VR(I),I=1,LU)
0346 WRITE (KW,119) (RRR(I),I=1,LU)
0347 WRITE (KW,120) (CSR(I),I=1,LU)
0348 WRITE (KW,121) (CFR(I),I=1,LU)

```

```

0349      WRITE(KW,177)(HCR(I),I=1,LU)
0350 204  WRITE (KW,122) (CN2(I),I=1,LU)
0351      WRITE (KW,123) (SALB(I),I=1,LU)
0352      WRITE (KW,124) (SNO(I),I=1,LU)
0353      WRITE (KW,125) (CHL(I),I=1,LU)
0354      WRITE (KW,126) (CHS(I),I=1,LU)
0355      WRITE(KW,190) (CHK(I),I=1,LU)
0356      WRITE (KW,127) (CHN(I),I=1,LU)
0357      WRITE (KW,128) (OVN(I),I=1,LU)
0358      WRITE (KW,129) (TT(I),I=1,LU)
0359      WRITE (KW,130) (TC(I),I=1,LU)
0360      WRITE (KW,132) (CSS(I),I=1,LU)
0361      WRITE (KW,133) (RT1(I),I=1,LU)
0362      WRITE (KW,135) (SL(I),I=1,LU)
0363      WRITE (KW,136) (STP(I),I=1,LU)
0364      WRITE (KW,137) (EK(I),I=1,LU)
0365      WRITE (KW,138) (ECP(I),I=1,LU)
0366      DO 18 J=1,LU
0367          XM=.6*(1.-EXP(-35.835*STP(J)))
0368          SL(J)=(SL(J)/22.127)**XM*(65.41*STP(J)*STP(J)+4.56*STP(J)+.065)
0369 18 CONTINUE
0370      WRITE (KW,139) (SL(I),I=1,LU)
0371      A2=-ALOG10(TP5/TP6)/1.0792
0372      RN1=RANDN(K7)
0373      DA7=DA/3.6
0374      AB1=1.-AB
0375      DAT=DA7/TC(LU)
0376      SWW=0.
0377      SNOBI=0.
0378      FPD=0.
0379      FRD=0.
0380      VPW=0.
0381      VPY=0.
0382      VRW=0.
0383      VRY=0.
0384      WRITE (KW,140)
0385      WRITE (KW,141)
0386 C      LEE LAS PROPIEDADES HIDRAULICAS DEL SUELO DE CADA SUBCUENCA. EL
0387 C      SUELO EN CADA SUBCUENCA ES DIVIDIDO VERTICALMENTE EN ESTRATOS.
0388 C      CADA PROPIEDAD HIDRAULICA REQUIERE 1 LINEA EN EL ARCHIVO. EL USUA-
0389 C      RIO PUEDE USAR HASTA 10 ESTRATOS.
0390      DO 24 J=1,LU
0391 C      Z = PROFUNDIDAD DEL FONDO DEL ESTRATO(MM)
0392      READ (KR3,134) (Z(I,J),I=1,NS)
0393 C      T1 = DENSIDAD DE VOLUMEN(T/M**3)
0394      READ (KR3,134) (T(I,1),I=1,NS)
0395 C      T4 = CAPACIDAD DE AGUA APROVECHABLE(M/M)
0396      READ (KR3,134) (T(I,4),I=1,NS)
0397 C      SC = CONDUCTIVIDAD SATURADA(MM/H)
0398      READ(KR3,134) (SC(I,1),I=1,NS)

```

```

0399 C      CLA = CONTENIDO DE ARCILLA(%)
0400      READ (KR3,175) (CLA(I,J),I=1,NS)
0401 C      SIL = PASANTE POR EL TAMIZ #200(%)
0402      READ(KR3,175) (SIL(I,J),I=1,NS)
0403      EK(J)=EK(J)*ECP(J)*SL(J)*11.8
0404      AL(J)=TP6*(TC(J)/6.)*A2*DA7*FLU(J)/TP5
0405      SW(J)=0.
0406      SUM=0.
0407      SUM1=0.
0408      ABD(J)=0.
0409      ZZ=0.
0410      XX=0.
0411 C      DETERMINACION DE LOS COEFICIENTES DE DRENAJE DE CADA ALMACENA-
0412 C      MIENTO DEL SUELO
0413      DO 19 I=1,NS
0414          DG=Z(I,J)-XX
0415          SAN(1,J)=100.-SIL(I,J)
0416          SIL(I,J)=SIL(I,J)-CLA(I,J)
0417          XZ=T(I,1)*DG*10.
0418          ABD(J)=ABD(J)+XZ
0419          T(I,2)=0.4*CLA(I,J)*T(I,1)/100.
0420          T(I,3)=T(I,2)+T(I,4)
0421          T(I,1)=1.-T(I,1)/2.65
0422          UL(I,J)=(T(I,1)-T(I,2))*DG
0423          SUM1=SUM1+UL(I,J)
0424          FC(I,J)=DG*(T(I,3)-T(I,2))
0425          SUM=SUM+FC(I,J)
0426          ST(I,J)=FC(I,J)*FFC
0427          WRITE (KW,142) I,Z(I,J),T(I,1),T(I,2),T(I,3),FC(I,J),ST(I,
0428      1          J),SC(I,J),CLA(I,J),SIL(I,J),SAN(I,J)
0429          HK(I,J)=-2.655/ALOG10(FC(I,J)/UL(I,J))
0430          XX=Z(I,J)
0431          SW(J)=SW(J)+ST(I,J)
0432      19      CONTINUE
0433          WRITE (KW,143) SUM,SW(J)
0434          CL=0.0041*CLA(1,J)
0435          SI=0.0271*SIL(1,J)
0436          SA=0.0570*SAN(1,J)
0437          D50(J)=EXP(CL+SI+SA)
0438          WRITE(KW,193) D50(J)
0439          SWM(J)=0.
0440          RT(J)=1.-EXP(-1./RT1(J))
0441          SFC(J)=SUM
0442          SWW=SWW+SW(J)*FLU(J)
0443          SNOBI=SNOBI+SNO(J)*FLU(J)
0444          SNOB=SNOBI
0445          ABD(J)=ABD(J)/(10.*Z(NS,J))
0446          C2=CN2(J)*CN2(J)
0447          CN1=-16.911+1.3481*CN2(J)-.013793*C2+.00011772*C2*CN2(J)
0448          SMX(J)=254.*(100./CN1-1.)

```

```

0449      CN3=CN2(J)*EXP(.006729*(100.-CN2(J)))
0450      S3=254.*(100./CN3-1.)
0451      ZZ=ALOG(SUM/(1.-S3/SMX(J))-SUM)
0452      WF(2,J)=(ZZ-ALOG(SUM1/(1.-2.54/SMX(J))-SUM1))/(SUM1-SUM)
0453      WF(1,J)=ZZ+WF(2,J)*SUM
0454      TTSB=2.53*(DA*FLU(J)*.6214)**0.2
0455      DK(J)=CHK(J)*TTSB+CHK(LU1)*TT(J)
0456      SK(J)=EXP(-.184*D50(J))
0457      DT=SQRT(D50(J))
0458      DS = SQRT(TT(J))
0459      D50(J)=-BD*DS/DT
0460      TT(J)=EXP(-BA*TT(J)*DT)
0461      ALB=SALB(J)
0462      IF(SNO(J).GT.5.) ALB=.6
0463      T0(J)=(OBMX(1)+OBMN(1))/2.
0464      CSS(J)=CSS(J)*1.E-6
0465      IF (FP(J).EQ.0.) GO TO 21
0466      FF=FLU(J)*FP(J)
0467      FPD=FPD+FF
0468      CS(J)=CS(J)*1.E-6
0469      CFP(J)=CFP(J)*1.E-6
0470      AFF=AF*FF
0471      VMX(J)=AFF*VMX(J)
0472      V(J)=AFF*V(J)
0473      VPW=VPW+V(J)
0474      VPY=VPY+V(J)*CS(J)
0475      BP(J)=SAX(J)/VMX(J)**.9
0476      GO TO 22
0477      21  V(J)=0.
0478      22  IF (FR(J).EQ.0.) GO TO 23
0479      FF=FLU(J)*FR(J)
0480      FRD=FRD+FF
0481      CSR(J)=CSR(J)*1.E-6
0482      CFR(J)=CFR(J)*1.E-6
0483      AFR=AF*FF
0484      VRF(J)=VRF(J)*AFR
0485      VRS(J)=VRS(J)*AFR
0486      VR(J)=VR(J)*AFR
0487      VRW=VRW+VR(J)
0488      VRY=VRY+VR(J)*CSR(J)
0489      RRR(J)=RRR(J)*86.4*AFR
0490      BR2(J)=(ALOG10(SAF(J))-ALOG10(SAS(J)))/(ALOG10(VRF(J))-
0491      1  ALOG10(VRS(J)))
0492      BR1(J)=SAF(J)/VRF(J)**BR2(J)
0493      GO TO 24
0494      23  VR(J)=0.
0495      24  CONTINUE
0496      FRU=FRD*DA9
0497      FPU=FPD*DA9
0498      WRITE (KW,144) SWW

```

```

0499      WRITE(KW,176)
0500      DO 25 J=1,LU
0501      C      MO = MES DE PLANTACION
0502      C      IDA = DIA DEL MES DE PLANTACION
0503      C      MOH = MES DE COSECHA
0504      C      IDH = DAY OF MO OF HARVEST
0505      READ(KR4,90) MO,IDA,MOH,IDH
0506      C      CVM = PROMEDIO ANUAL DEL FACTOR C PARA LA SUBCUENCA J
0507      C      BLAI = MAX INDICE DE AREA FOLIAR PARA LA SUBCUENCA J
0508      READ(KR4,175) CVM(J),BLAI(J)
0509      IPL(J)=JDT(NC,IDA,MO,NT)
0510      IHV(J)=JDT(NC,IDH,MOH,NT)
0511      DMM(I,J)=0.
0512      XX = 0.
0513      IF (IPL(J).LT.IHV(J)) GO TO 200
0514      TB(J)=0.
0515      TO(J)=13.
0516      PHU(J)=AHU(AMP,PIT,AVT,IPL(J),365)
0517      XX = PHU(J)
0518      PHU(J)=PHU(J)+AHU(AMP,PIT,AVT,1,IHV(J))
0519      GO TO 178
0520      200  PHU(J)=AHU(AMP,PIT,AVT,IPL(J),IHV(J))
0521      178  WRITE(KW,152) J,MO,IDA,MOH,IDH,PHU(J),CVM(J),BLAI(J)
0522      ALAI(J)=(XX/PHU(J))*BLAI(J)
0523      G(J)=XX/PHU(J)
0524      DM(J)=ALAI(J)*100.
0525      25  CONTINUE
0526      DO 31 K=1,NNS
0527      SM(K)=0.
0528      SMY(K)=0.
0529      SMM(K)=0.
0530      31  CONTINUE
0531      JE=1
0532      MOI=1
0533      VL=100.
0534      VB=0.
0535      PRB=0.
0536      RZL=1000.
0537      NCN=0
0538      IW=1
0539      NSM=0
0540      NPR=0
0541      IRO=0
0542      IDEG=0
0543      IH=0
0544      V1=RANDN(K2)
0545      V3=RANDN(K3)
0546      V5=RANDN(K4)
0547      V7=RANDN(K5)
0548      C      INICIO DE LA SIMULACION DE ESCORRENTIA

```

```

0549      DO 69 IY=1,NBYR
0550      JJ=0
0551      IF (IW.NE.IY) GO TO 36
0552      WRITE (KW,153)
0553      IW=IW+3
0554      36  MO=1
0555      NT=1
0556      IF(MOD(IYR,4).EQ.0) NT=0
0557      IDA=1
0558      ND=366-NT
0559      DO 69 I=1,ND
0560      WRITE(1,('DIA=",I4)') I
0561      IF (NSIM.NE.1 .AND. NSIM .NE. 3) GO TO 41
0562  C      SUBP = PRECIPITACION DIARIA PARA CADA SUBCUENCA
0563      READ(KR2,154)(SUBP(II),II=1,LU),(TMX(II),II=1,LU),(TMN(II),II=1,LU
0564      *)
0565      RMN=SUBP(1)*FLU(1)
0566      IF(NSIM.EQ.1) GO TO 40
0567      DO 39 K=2,LU
0568      RMN=RMN+SUBP(K)*FLU(K)
0569      39  CONTINUE
0570  40  R(I)=RMN
0571      CALL CLGEN
0572      GO TO 47
0573      41  CALL CLGEN
0574      IF (NSIM.EQ.4) GO TO 42
0575      RMN=R(I)
0576      R(I)=R(I)*P2
0577      GO TO 47
0578      42  RMN=R(I)
0579      IF (RMN.EQ.0.) GO TO 45
0580      V9=RANDN(K6)
0581      IF(SNOB.GT.0..AND.TMXG.GT.0.) GO TO 208
0582      SML=0.
0583      GO TO 209
0584      208  SML=4.57*TMXG
0585      IF(SML.GT.SNOB) SML=SNOB
0586      209  CALL ALPH(K7)
0587      DU=4.605/(-2.*ALOG(1.-R1))
0588      IF (DU.LT..5) DU=.5
0589      DUE=DU**(-.1478)
0590      V12=RANDN(K8)
0591      V13=RANDN(K9)
0592      XX=V12*XSL+5X
0593      YY=V13*YSL+YS
0594      SUM=0.
0595      DO 43 K=1,LU
0596      DIA=(XX-XIJ(K))**2+(YY-YIJ(K))**2
0597      ADA=.7854*DIA
0598      SL(K)=1.-ADA*DUE/(337.5+1.0935*ADA)

```

```

0599          SUM=SUM+SL(K)
0600      43  CONTINUE
0601          RTO=XLU*RMN/SUM
0602          RMN=0.
0603          DO 44 K=1,LU
0604              SUBP(K)=SL(K)*RTO*P2
0605              RMN=RMN+SUBP(K)*FLU(K)
0606      44  CONTINUE
0607          GO TO 47
0608      45  DO 46 K=1,LU
0609              SUBP(K)=0.
0610      46  CONTINUE
0611      47  DO 48 K=1,NSB
0612              SSB(K)=0.
0613      48  CONTINUE
0614          IF(MSIM.NE.3) GO TO 216
0615          TMX(1)=TMXG
0616          TMN(1)=TMNG
0617          DO 212 L=2,LU
0618              TMX(L)=TMXG+(VOBMX(MO,L)-OBMX(MO))
0619              TMN(L)=TMNG+(VOBMN(MO,L)-OBMN(MO))
0620      212  CONTINUE
0621      216  IF(MSIM.EQ.1) GO TO 217
0622          DO 213 L=1,LU
0623              TMX(L)=TMXG
0624              TMN(L)=TMNG
0625      213  CONTINUE
0626      217  BST=0.
0627          FL=0.
0628          SSB(8)=0.
0629          SSB(9)=0.
0630          SSB(10)=RA
0631          SNDB=0.
0632          SNOEV=0.
0633          PR=0.
0634          IPR=0
0635          IS=0
0636          CAVE=0.
0637  C      CALCULO DEL VOLUMEN DE ESCORRENTIA PARA CADA SUBCUENCA
0638          DO 60 J=1,LU
0639              QD=0.
0640              QI=0.
0641              PQ3=0.
0642              RQ3=0.
0643              YD=0.
0644              QDR=0.
0645              TWL=0.
0646              SML=0.
0647              C=0.
0648              SSB(8)=SSB(8)+TMX(J)*FLU(J)

```

```

0649      SSB(9)=SSB(9)+TMN(J)*FLU(J)
0650      TX(J)=(TMX(J)+TMN(J))/2.
0651      AFF=AF*FLU(J)
0652      IF(SNO(J).EQ.0.) GO TO 299
0653      IF(SNO(J).GT.120.) GO TO 801
0654      XX=SNO(J)/(SNO(J)+EXP(6.055-.3002*SNO(J)))
0655      GO TO 802
0656  801  XX=1.
0657  802  BCV(J)=AMAX1(XX,BCV(J))
0658  299  CALL SOLT
0659      IF(NSIM.LT.3) GO TO 49
0660      R(I)=SUBP(J)*P2
0661  49   SBP(J)=SBP(J)+R(I)
0662      SSBP(J)=SSBP(J)+R(I)*R(I)
0663      IF(TX(J).GT.0.) GO TO 52
0664      SSB(39)=SSB(39)+R(I)*FLU(J)
0665      SNO(J)=SNO(J)+R(I)
0666      R(I)=0.
0667      GO TO 56
0668  52   IF(SNO(J).GT.0.) CALL SNOM
0669      IF(R(I).EQ.0.) GO TO 56
0670      CALL VOLQ
0671      QI=QD
0672      CALL TRANS
0673      SSB(38)=SSB(38)+(QI-QD)*FLU(J)
0674      FL=FL+FLU(J)
0675      SSB(2)=SSB(2)+CN*FLU(J)
0676      SMQ(J)=SMQ(J)+QI
0677      SSB(3)=SSB(3)+QI*FLU(J)
0678      IF(QD.EQ.0.) GO TO 54
0679      IF(IPR.GT.0) GO TO 53
0680      CALL ALPH(K7)
0681      IPR=1
0682  53   CALL PKQ
0683      CALL YSED
0684  54   IF(CN.LT.VL) GO TO 55
0685      IF(CN.LT.VB) GO TO 56
0686      VB=CN
0687      GO TO 56
0688  55   VL=CN
0689  56   RAIN=R(I)-QD
0690      SNOB=SNOB+SNO(J)*FLU(J)
0691      SSB(36)=SSB(36)+SML*FLU(J)
0692      CF(J)=0.01*(1.-SW(J)/(SW(J)+EXP(7.0-0.11*SW(J))))
0693      CALL PURK
0694      SSB(5)=SSB(5)+SEP*FLU(J)
0695      SMSQ(J)=SMSQ(J)+SSF
0696  C    CALCULO DE ET.
0697      CALL EVAP
0698      CALL CRPMOD

```

```

0699      ALAIM(MO,J)=ALAI(J)+ALAIM(MO,J)
0700      CAVE=C*FLU(J)
0701      CM(MO,J)=C+CM(MO,J)
0702      SSB(37)=SSB(37)+SNOEV*FLU(J)
0703      UW=EP+ES
0704      SSB(7)=SSB(7)+UW*FLU(J)
0705 C     AJUSTE DE ESCORRENTIA PARA EL ALMACENAMIENTO EN LAGUNAS
0706      IF (FP(J).EQ.0.) GO TO 57
0707      PQ=YD*FP(J)
0708      YD=YD-PQ
0709      SSB(13)=SSB(13)+PQ
0710      CALL POND
0711      SSB(33)=SSB(33)+PQ*FLU(J)
0712      PQ3=PQ
0713      SSB(19)=SSB(19)+EV
0714      SSB(20)=SSB(20)+SP
0715      SSB(21)=SSB(21)+RL
0716      SSB(22)=SSB(22)+Q1
0717      SSB(23)=SSB(23)+0
0718      TWL=PQ
0719      YD=YD+YP
0720      SSB(14)=SSB(14)+YP
0721      SSB(15)=SSB(15)+AMPS
0722 57     SW(J)=0.
0723      DO 58 K=1,NS
0724          IF (ST(K,J).LT.RZL) RZL=ST(K,J)
0725          SW(J)=SW(J)+ST(K,J)
0726 58     CONTINUE
0727      XX=13.-0.05*SW(J)
0728      IF (XX.LT.-20.) XX=-20.
0729      RT(J)=RT1(J)*(1.-SW(J)/(SW(J)+EXP(XX)))
0730      IF (RT(J).LT.0.05) RT(J)=0.05
0731      RT(J)=1.-EXP(-1./RT(J))
0732      BS(J)=BS(J)+SSF
0733      SSF=BS(J)*BRT
0734      BS(J)=BS(J)-SSF
0735      SSB(4)=SSB(4)+SSF*FLU(J)
0736      BST=BST+BS(J)*FLU(J)
0737      YD=YD+SSF*AFF*CSS(J)
0738      QDR=QD+SSF-TWL
0739      IF (FR(J).EQ.0.) GO TO 59
0740      PQ=FR(J)*YD
0741      SSB(16)=SSB(16)+PQ
0742      YD=YD-PQ
0743      CALL RES
0744      RQ3=PQ
0745      SSB(24)=SSB(24)+EV
0746      SSB(25)=SSB(25)+SP
0747      SSB(26)=SSB(26)+RL
0748      SSB(27)=SSB(27)+Q1

```

```

0749          SSB(28)=SSB(28)+0
0750          SSB(17)=SSB(17)+YP
0751          SSB(18)=SSB(18)+AMPS
0752          YD=YD+YP
0753          SSB(34)=SSB(34)+PQ*FLU(J)
0754          QDR=QDR-PQ
0755          59      U=PR/(DA7*FLU(J))
0756          PR2(J)=PR
0757          U2=U
0758          SSB(11)=SSB(11)+YD
0759          SYM(J)=SYM(J)+YD
0760          TWL=QDR+AFF
0761          CY=YD/(TWL+1.E-20)
0762          CDP(J)=CY*TT(J)
0763          CDG(J)=(CU-CY)*(1.-EXP(D50(J)*U2))
0764          CY1(J)=CY
0765          YD=TWL*(CDP(J)+CDG(J))
0766          SSB(12)=SSB(12)+YD
0767          SSB(35)=SSB(35)+SW(J)*FLU(J)
0768          WY=QD+SSF-PQ3-RQ3
0769          VO=WY*DA*FLU(J)/3.6
0770          IF(IHYD.EQ.0) GO TO 60
0771          IF(PR.LE.0.) GO TO 60
0772          CALL HYDGR
0773          WRITE(KW,192) J,IDA,PR,DDT
0774          192      FORMAT(T5,'HIDROGRAMA SUBCUENCA',I3,3X,'DIA',I4,3X,'TASA PICO =',
0775          *F10.3,' M**3/S',3X,'DT = ',F6.3,' HR')
0776          WRITE(KW,134) (HYD(II,J),II=1,NMB)
0777          60      CONTINUE
0778          IF (NSIM.LT.3) GO TO 61
0779          R(I)=RMN*P2
0780          61      SSB(1)=R(I)
0781          IF(FL.LE.0.) GO TO 211
0782          NCN=NCN+1
0783          SSB(2)=SSB(2)/FL
0784          211      WY=SSB(3)+SSB(4)-SSB(33)-SSB(34)-SSB(38)+1.E-20
0785          SSB(6)=WY
0786          IF (SSB(3).LE.0.) GO TO 62
0787          C      CALCULO DE LA TASA DE FLUJO PICO(M**3/S)
0788          PR=DAT*R1*SSB(3)
0789          IF (PR.GT.PR8) PR8=PR
0790          SSB(29)=PR
0791          SSB(30)=PR/(WY+1.E-20)
0792          SSB(31)=PR*PR
0793          NPR=NPR+1
0794          62      SSB(12)=SSB(12)/DA9
0795          SSB(11)=SSB(11)/DA9
0796          DO 63 K=1,NNS
0797          SMM(K)=SMM(K)+SSB(K)
0798          63      CONTINUE

```

```

0799         IF (IPD.NE.1) GO TO 64
0800         II=ICL(I)
0801         TAV=(SSB(8)+SSB(9))/2.
0802         WRITE(KW,155)IDA,SSB(1),SSB(36),SSB(37),SSB(3),SSB(4),BST,SSB
0803         1(6),SSB(5),SSB(38),SSB(7),SSB(12),SSB(35),TAV,SSB(10)
0804     64     IDA=I+1
0805     C     DETERMINACION DEL MES PARA EL PROXIMO DIA
0806         CALL XMON
0807         IF (MO.EQ.MO1) GO TO 69
0808         XX=I-JJ
0809         XCN=NCN
0810         SMM(2)=SMM(2)/(XCN+1.E-20)
0811         SMM(8)=SMM(8)/XX
0812         SMM(9)=SMM(9)/XX
0813         SMM(10)=SMM(10)/XX
0814         SMM(32)=SMM(6)*SMM(6)
0815         NSM=NSM+NCN
0816         JJ=I
0817         NCN=0
0818         IF (IPD.EQ.2) GO TO 661
0819         TAV=(SMM(8)+SMM(9))/2.
0820         WRITE(KW,155)MO1,SMM(1),SMM(39),SMM(36),SMM(3),SMM(4),ALAI(1),
0821         1SMM(6),SMM(5),SMM(38),SMM(7),SMM(12),SSB(35),TAV,SMM(10)
0822     661    AM(MO1)=AM(MO1)+SMM(6)
0823         DO 65 K=1,NNS
0824         SMY(K)=SMY(K)+SMM(K)
0825         SMM(K)=0.
0826     65     CONTINUE
0827         DO 66 K=1,LU
0828         SYQ(K)=SYQ(K)+SMQ(K)
0829         SYSQ(K)=SYSQ(K)+SMSQ(K)
0830         SYY(K)=SYY(K)+SYM(K)
0831         SMQ(K)=0.
0832         SMSQ(K)=0.
0833         SYM(K)=0.
0834         XX=DM(K)
0835         IF (DM(K).EQ.0..AND. IDA.GT.IHV(K)) XX=DM2(K)
0836         DMM(MO1,K)=(XX-DM1(K))+DMM(MO1,K)
0837         DM1(K)=DM(K)
0838         DM2(K)=0.
0839     66     CONTINUE
0840         IF (MO.GT.MO1) GO TO 69
0841         SMY(2)=SMY(2)/12.
0842         SMY(9)=SMY(9)/12.
0843         SMY(10)=SMY(10)/12.
0844         SMY(8)=SMY(8)/12.
0845         TAV=(SMY(8)+SMY(9))/2.
0846         WRITE(KW,156)IYR,SMY(1),SMY(39),SMY(36),SMY(3),SMY(4),BST,SMY(6)
0847         1,SMY(5),SMY(38),SMY(7),SMY(12),SSB(35),TAV,SMY(10)
0848         DO 67 K=1,LU

```

```

0849          BS(J)=0.0
0850          CDG(J)=0.0
0851          CDP(J)=0.0
0852          SQ(K)=SQ(K)+SYQ(K)
0853          SSQ(K)=SSQ(K)+SYSQ(K)
0854          SY(K)=SY(K)+SYY(K)
0855          SYQ(K)=0.
0856          SYSQ(K)=0.
0857          SYY(K)=0.
0858      67      CONTINUE
0859          DO 68 K=1,NNS
0860          SM(K)=SM(K)+SMY(K)
0861          SMY(K)=0.
0862          SMM(K)=0.0
0863      68      CONTINUE
0864          IYR=IYR+1
0865      69      MO1=MO
0866          DFPQ=0.
0867          DFPY=0.
0868          DFRQ=0.
0869          DFRY=0.
0870          XYR=NBYR
0871          DO 220 I=1,12
0872          XD=(NC(MO+1)-NC(MO))*XYR
0873          DO 220 J=1,LU
0874          ALAIM(I,J)=ALAIM(I,J)/XD
0875          RSDM(I,J)=RSDM(I,J)/XD
0876          CM(I,J)=CM(I,J)/XD
0877          DMM(I,J)=DMM(I,J)/XYR
0878      220     CONTINUE
0879          IF(NSIM.LT.3) GO TO 206
0880          SWW=SWW+SNOBI-SNOB
0881          SM(37)=0.
0882      206     CALL SWBL(SM(1),SM(3),SM(7),SM(4),SM(5),SSB(35),BST,SM(37),SM(38))
0883          IF(FPU.EQ.0.) GO TO 70
0884          CALL VBL(SM(19),SM(20),SM(21),SM(22),SM(23),VPW,VPY,SM(13),
0885      1 SM(14),SM(15),V,CS,FPU)
0886          DFPQ=VPW
0887          DFPY=VPY
0888      70     IF(FRU.EQ.0.) GO TO 71
0889          CALL VBL(SM(24),SM(25),SM(26),SM(27),SM(28),VRW,VRV,SM(16),
0890      1 SM(17),SM(18),VR,CSR,FRU)
0891          DFRQ=VRW
0892          DFRY=VRV
0893      71     SV=0.
0894          TOT=0.
0895          AAP=0.
0896          XIS=NSM
0897          XDA=XN*DA9
0898          DO 73 J=1,LU

```

```

0899      SSBP(J)=SSBP(J)-SBP(J)*SBP(J)/XIS
0900      SBP(J)=SBP(J)/XN
0901      SSBP(J)=SQRT(SSBP(J)/(XIS-1.))
0902      SY(J)=SY(J)/(FLU(J)*XDA)
0903      SQ(J)=SQ(J)/XN
0904      SSQ(J)=SSQ(J)/XN
0905      IF (FP(J).EQ.0.) GO TO 72
0906      SV=SV+V(J)
0907      XX=FLU(J)*FP(J)
0908      V(J)=V(J)/(XX*AF)
0909      CS(J)=CS(J)*1.E6
0910      72  IF (FR(J).EQ.0.) GO TO 73
0911      TOT=TOT+VR(J)
0912      XZ=FLU(J)*FR(J)
0913      VR(J)=VR(J)/(XZ*AF)
0914      CSR(J)=CSR(J)*1.E6
0915      73  CONTINUE
0916      IF (FPU.EQ.0.) GO TO 747
0917      ZF=FPU*10.
0918      SV=SV/ZF
0919      747 IF (FRU.EQ.0.) GO TO 74
0920      FZ=FRU*10.
0921      TOT=TOT/FZ
0922      74  WRITE (KW,83)
0923      WRITE (KW,164)
0924      WRITE (KW,84) (SID(I),I=1,NS),SID(11)
0925      DO 75 J=1,LU
0926      WRITE (KW,160) J,(ST(I,J),I=1,NS),SW(J)
0927      75  CONTINUE
0928      WRITE (KW,165) SSB(35)
0929      WRITE (KW,166) RZL
0930      WRITE (KW,85)
0931      DO 76 I=1,LU
0932      WRITE (KW,160) I,V(1),CS(I),VR(I),CSR(I)
0933      76  CONTINUE
0934      WRITE (KW,168) SV
0935      WRITE (KW,169) TOT
0936      WRITE (KW,92) K1,K2,K3,K4,K5,K6,K7,K8,K9
0937      WRITE (KW,173) SWW
0938      WRITE (KW,157)
0939      WRITE (KW,174) DFPQ,DFPY
0940      WRITE (KW,158)
0941      WRITE (KW,174) DFRQ,DFRY
0942      XWY=NBMO
0943      SM(32)=SM(32)-SM(6)*SM(6)/XWY
0944      SDV=SQRT(SM(32)/(XWY-1.))
0945      TW=SM(6)/XWY
0946      DO 77 K=1,18
0947      SM(K)=SM(K)/XN
0948      77  CONTINUE

```

```

0949      DO 232 I=36,39
0950      SM(I)=SM(I)/XN
0951 232  CONTINUE
0952      ATP=SM(15)/DA9
0953      ATR=SM(18)/DA9
0954      PL=SM(33)/XN
0955      TL=SM(34)/XN
0956      IF (FPU.EQ.0.) GO TO 79
0957      ZX=ZF*XN
0958      DO 78 K=19,23
0959          SM(K)=SM(K)/ZX
0960      78 CONTINUE
0961      SM(13)=SM(13)/FPU
0962      SM(14)=SM(14)/FPU
0963      79 IF (FRU.EQ.0.) GO TO 81
0964      ZXX=FZ*XN
0965      DO 80 K=24,28
0966          SM(K)=SM(K)/ZXX
0967      80 CONTINUE
0968      SM(16)=SM(16)/FRU
0969      SM(17)=SM(17)/FRU
0970      81 WRITE (KW,159)
0971      DO 82 J=1,LU
0972          WRITE (KW,160) J,SBP(J),SQ(J),SSQ(J),SY(J)
0973      82 CONTINUE
0974      WRITE(KW,188)
0975      DO 271 J=1,12
0976          AM(J)=AM(J)/XN
0977      271 CONTINUE
0978      WRITE(KW,272) (AM(J),J=1,12)
0979      DO 230 J=1,LU
0980          DMY(J)=0.
0981          DO 270 I=1,12
0982              DMY(J)=DMY(J)+DMM(I,J)
0983      270 CONTINUE
0984          XX=DMY(J)/188.7
0985          WRITE(KW,187) J,(ALAIM(I,J),I=1,12),(DMM(I,J),I=1,12)
0986          WRITE(KW,194) DMY(J),XX
0987      230 CONTINUE
0988          WRITE (KW,86)
0989          WRITE (KW,161)
0990          WRITE (KW,101) (SSBP(J),J=1,LU)
0991          WRITE (KW,170) SM(2),VB,VL
0992  C      CALCULO DE LA MEDIA Y DESVIACION STD PARA LA TASA DE FLUJO PICO
0993          IF(NPR.EQ.0) GO TO 231
0994          XPR=NPR
0995          SM(31)=SM(31)-SM(29)*SM(29)/XPR
0996          PR2(J)=SM(30)/XPR
0997          PRM=SM(29)/XPR
0998          IF(NPR.EQ.1) GO TO 233

```

```

0999      PSV=SQRT(SM(31)/(XPR-1.))
1000      GO TO 234
1001 231   PR2(J)=0.
1002      PRM=0.
1003 233   PSV=0.
1004 234   WRITE (KW,171) PRM,PSV,PR2(J),NPR,PRB
1005 C     CALCULO DE LA MEDIA Y DESV STD DE LA PREDICCIÓN DE PRODUCCIÓN DE
1006 C     AGUA DIARIA
1007      WRITE (KW,172) TW,SDV
1008      WRITE(KW,162)SM(1),SM(39),SM(36),SM(3),SM(4),SM(6),SM(5),SM(7),SM(
1009 138),SM(11),SM(12), (SM(K),K=19,22),SM(13),SM(23),SM(14), (SM(K),K=24
1010 2,27),SM(16),SM(28),SM(17)
1011      WRITE (KW,163) PL,ATP,TL,ATR
1012      STOP
1013 C
1014 C
1015      83 FORMAT (T5,'VALORES FINALES'/T5,15("_"))/)
1016      84 FORMAT ('+',3X,11(6X,A4))
1017      85 FORMAT (//T22,'CONTENIDO FINAL'/T11,'-----LAGUNAS-----',4X,
1018 1 '---EMBALSES---'/T11,'AGUA',T21,'SED',T31,'AGUA',T41,
1019 2 'SED'/T2,'SUBCUENCA-VOL',T20,'CONC',T32,'VOL',T40,'CONC'/T4,
1020 3 'NO',T12,'(MM)',T20,'(PPM)',T32,'(MM)',T40,'(PPM)')
1021      86 FORMAT (///T5,'ESTADÍSTICOS PARA LA CUENCA'/T5,27("_"))/)
1022 C     87 FORMAT ('1')
1023      88 FORMAT (/(T5,20A4))
1024      89 FORMAT (20A4)
1025      90 FORMAT (20I4)
1026      91 FORMAT (T10,'NO ANOS = ',I4/T10,'AREA DE LA CUENCA = ',F9.3,' KM**
1027 12'/T10,'FACTOR DE CORRECCION PARA LA PREC = ',F5.3/T10,
1028 2 'CANTIDAD DE PREC (10 ANOS FREQ) PARA DURACION'/T15,
1029 3 '0.5 H = ',F6.2,'MM'/T15,'6H=',F6.2,'MM'/T10,'NO ANOS MAX DE REG
1030 4ISTRO .5H PREC =', F5.1/T10,'COEF DE RT SED'/T15,'AGREGACION = ',
1031 5 E13.5/T15,'DESAGREGACION =',E13.5/T10,'LATITUD = ',
1032 6 F6.2,'DEG'/T10,'TIEMPO DE RETARDO DE LA CUENCA=',F7.2,'D')
1033      92 FORMAT (//T10,'SEMILLAS GENERADORAS'/(15X,4I4))
1034      93 FORMAT (/T10,'COORDENADAS DEL CENTROIDE DE LAS SUBC(KM)',/1X,10F8.
1035 12)
1036      94 FORMAT (/T5,'DATOS CLIMATICOS'/T5,16("_"))/)
1037      100 FORMAT (/T21,'-PROB MENS PREC--',3X,'-ESTADIST MENS DE PREC DIAR-'
1038 1/T22,'W/D',T32,'W/W',T41,'MEDIA',T51,'ST DV',T61,'SKW CF')
1039      101 FORMAT (15X,10F10.3)
1040      102 FORMAT(/T11,'ENE',6X,'FEB',6X,'MAR',6X,'ABR',6X,'MAY',6X,
1041 1 'JUN',6X,'JUL',6X,'AGO',6X,'SEP',6X,'OCT',6X,'NOV',6X,'DIC',6X,
1042 2 'YR')
1043      103 FORMAT (1X,A4,13F9.2,2X,A4)
1044      104 FORMAT (/T5,'DATOS DE LAS SUBCUENCAS'/T5,23("_"))/)
1045      105 FORMAT (/T10,'AREA SUBCUENCA/AREA CUENCA'/(13F10.3))
1046      106 FORMAT (/T10,'FRACCIÓN DE AREA DE CAP DE LA LAG'/(10F10.3))
1047      107 FORMAT (/T10,'AREA SUPERF DE LA LAG(HA)'/(10F10.2))
1048      108 FORMAT (/T10,'MAX ALMAC EN LAG(MM)'/(10F10.1))

```

1049 109 FORMAT (/T10,'ALMAC INICIAL EN LAG(MM)'/(10F10.1))
 1050 110 FORMAT (/T10,'CONC INICIAL DE SED EN LAG(PPM)'/(10F10.0))
 1051 111 FORMAT (/T10,'CONC NORMAL DE SED EN LAG(PPM)'/(10F10.0))
 1052 112 FORMAT (/T10,'CONDUCTIVIDAD SAT EN EL FONDO DE LAG Y EMBALSE(MM/H
 1053 1)'/(13F10.2))
 1054 113 FORMAT (/T10,'FRACCION DE AREA DE CAP DEL EMBALSE'/(10F10.3))
 1055 114 FORMAT (/T10,'AREA DEL EMBALSE QUE CORRESP AL ALIV DE EMERG(HA)'/
 1056 1 (10F10.2))
 1057 115 FORMAT (/T10,'VOLUMEN QUE CORRESPONDE AL ALIV DE EMERG(MM)'/
 1058 1 (10F10.1))
 1059 116 FORMAT (/T10,'AREA DEL EMBALSE QUE CORRESPONDE AL ALIV PRINC(HA)'/
 1060 1 (10F10.2))
 1061 117 FORMAT (/T10,'VOLUMEN QUE CORRESPONDE AL ALIV PRINC(MM)'/
 1062 1 (10F10.1))
 1063 118 FORMAT (/T10,'ALMACENAMIENTO INIC DEL EMBALSE(MM)'/(10F10.1))
 1064 119 FORMAT (/T10,'TASA PROM DE DESCARGA DEL EMBALSE(M**3/S/KM**2)'/
 1065 1 (10F10.5))
 1066 120 FORMAT (/T10,'CONC INIC DE SED EN EL EMBALSE(PPM)'/(10F10.0))
 1067 121 FORMAT (/T10,'CONC NORMAL DE SED EN EL EMBALSE(PPM)'/(10F10.0))
 1068 122 FORMAT (/T10,'COND II CN'/(13F10.1))
 1069 123 FORMAT (/T10,'ALBEDO DEL SUELO'/(10F10.2))
 1070 124 FORMAT (/T10,'CONTENIDO DE AGUA PROC DE NIEVE(MM)'/(10F10.1))
 1071 125 FORMAT (/T10,'LONG DEL CAUCE PRINC(KM)'/(10F10.2))
 1072 126 FORMAT (/T10,'PEND DEL CAUCE(M/M)'/(10F10.4))
 1073 127 FORMAT (/T10,'VALOR N DEL CAUCE'/(10F10.3))
 1074 128 FORMAT (/T10,'VALOR N DE LA VERTIENTE'/(10F10.3))
 1075 129 FORMAT (/T10,'TIEMPO DE VIAJE DESDE LA SALIDA DE LAS SUBCUENCAS HA
 1076 1STA LA SALIDA DE LA CUENCA(H)'/(10F10.2))
 1077 130 FORMAT (/T10,'TIEMPO DE CONC DE LAS SUBCUENCAS(H)'/(10F10.2))
 1078 132 FORMAT (/T10,'CONC DE SED EN EL FLUJO DE RETORNO(PPM)'/(10F10.0))
 1079 133 FORMAT (/T10,'TIEMPO DE VIAJE DEL FLUJO DE RETORNO(D)'/(10F10.3))
 1080 134 FORMAT (10F8.3)
 1081 135 FORMAT (/T10,'LONG DE PEND(M)'/(10F10.0))
 1082 136 FORMAT (/T10,'GRAD PROM DE PEND DE LA SUBC(M/M)'/(10F10.4))
 1083 137 FORMAT (/T10,'FACTOR DE ERODABILIDAD DEL SUELO (K)'/(10F10.2))
 1084 138 FORMAT (/T10,'FACTOR DE PRACTICA DE CONTROL DE EROSION(P)'/(10F10.
 1085 12))
 1086 139 FORMAT (/T10,'FACTOR LONG DE PEND Y GRAD DE PEND(LS)'/(10F10.2))
 1087 140 FORMAT (/T5,'DATOS DEL SUELO'/T5,15(" ")/)
 1088 141 FORMAT (/T16,'ESTRATO',T35,'15 ATM',4X,'.3 ATM',5X,'APROV',5X,
 1089 1 'INICIAL',3X,'SAT'/T9,'ST',5X,'PROF',4X,'POROSIDAD',T38,'SW',
 1090 2 T48,'SW',T57,'W ST',T67,'W ST',T76,'COND',T87,'ARCILLA',T98,'LIMO
 1091 3',T109,'ARENA'/T9,'NO',T17,'(MM)',T26,'(MM/MM)',T35,'(MM/MM)',T45,
 1092 4'(MM/MM)',T57,'(MM)',T67,'(MM)',T75,'(MM/H)',T88,'(%)',T99,'(%)',
 1093 5T110,'(%)')
 1094 142 FORMAT (I10,F10.1,3F10.2,6F10.1)
 1095 143 FORMAT (T5,'TOTALES',40X,2F10.1)
 1096 144 FORMAT (/T10,'COMPOSICION INICIAL ST= ',F7.1,' MM')
 1097 147 FORMAT (12F6.3)
 1098 152 FORMAT (/T8,'SUBCUENCA'/T10,I2,6X,'FECHA DE PLANT = ',I2,'/',I2/T18

```

1099     1,'FECHA COSECHA= ',I2,'/',I2/T18,'UNIDADES DE CALOR =',F6.0,'C'/
1100     2T18,'VALOR DE C PROM = ',F10.3/T18,'MAX LAI =',F4.1/)
1101 153 FORMAT (T5,'RESULTADOS'/T5,10("-")//T19,'NIEV',T28,'NIEV',T47,'SUE
1102 1',T55,'BASIN',T64,'WATER',T73,'PERCO',T82,'PERD'/T11,'R',T19,'CAID
1103 2A',T28,'DERR',T37,'SUP Q',T46,'SUP Q',T55,'ALMAC',T64,'PROD',T73,'
1104 3LAC',T82,'TRANS',T93,'ET',T102,'Y',T109,'SW',T118,'T PROM',T127,'R
1105 4A'/T10,'(MM)',T19,'(MM)',T28,'(MM)',T37,'(MM)',T46,'(MM)',T55,'(MM
1106 5)',T64,'(MM)',T73,'(MM)',T83,'(MM)',T92,'(MM)',T100,'(T/HA)',T108,'
1107 6'(SW)',T118,'(C)',T127,'(LY)')
1108 154 FORMAT (5X,15F5.1)
1109 155 FORMAT (I5,14F9.2)
1110 156 FORMAT (/I5,14F9.2//)
1111 157 FORMAT (/T10,'BALANCE DE LA LAG')
1112 158 FORMAT (/T10,'BALANCE DEL EMBALSE')
1113 159 FORMAT (/T5,'ESTADISTICOS DE LAS SUBCUENCAS '/T5,30("-")//T17,'VAL
1114 1ORES PROM ANUALES'/T32,'SUB'/T2,'SUBCUENCA PREC',T21,'SUP Q',T31,'
1115 2 SUR Q',T43,'Y'/T4,'NO',T12,'(MM)',T22,'(MM)',T32,'(MM)',T41,'(T/H
1116 3A)')
1117 160 FORMAT (I5,11F10.1)
1118 161 FORMAT (/T15,'DESV STD DE TORMENTAS')
1119 162 FORMAT (/T10,'VALORES PROM ANUALES PARA LA CUENCA'/T15,'PRECIP =
1120 1',F8.1,' MM'/T15,'NIEV CAID =',F8.2,' MM'/T15,'NIEV DERR =',F8.2,
1121 2'MM'/T15,'PRED FLUJO SUP =',F8.2,' MM'/T15,'FLUJO SUB SUP =',F8.2
1122 3,'MM'/T15,'PRED PROD AGUA =',F8.2,' MM'/T15,'PERC PROF =',F8.2,'
1123 3MM'/T15,'ET =',F8.1,' MM'/T15,'PERD TRANS =',F8.2,' MM'/T15,'PROD
1124 4 TOTAL DE SED POR SUBCUENCA =',F8.3,' T/HA'/
1125 5T15,'PROD DE SED DE LA CUENCA =',F8.3,' T/HA'/T15,'DATOS DE LAS L
1126 6AG'/T20,'EVAPORACION =',F8.3,' MM'/T20,'FILTRAC =',F8.3,' MM'/T2
1127 70,'PREC EN LA LAG =',F8.3,' MM'/T20,'AFUENCIA'/T25,'Q =',F8.3,'
1128 8MM'/T25,'Y =',F8.3,' T/HA'/T20,'EFLUENC'/T25,'Q =',F8.3,' MM'/T25,
1129 9'Y =',F8.3,' T/HA'/T15,'DATOS DEL EMBALSE'/T20,'EVAPORACION =',F8.3
1130 $,' MM'/T20,'FILTRAC =',F8.3,' MM'/T20,'PREC EN EL EMBALSE =',F8.
1131 13,' MM'/T20,'AFUENCIA'/T25,'Q =',F8.3,' MM'/T25,'Y =',F8.3,
1132 2' T/HA'/T20,'EFLUENC'/T25,'Q =',F8.3,' MM'/T25,'Y =',F8.3,
1133 3' T/HA')
1134 163 FORMAT (T15,'PERDIDAS PROD EN LAG'/T20,'Q =',F7.3,' MM'/T20,
1135 1 'Y =',F7.3,' T/HA'/T15,'PERDIDAS EN EL EMBALSE'/T20,'Q =',
1136 2 F7.3,' MM'/T20,'Y =',F7.3,' T/HA')
1137 164 FORMAT (IX,'SUBCUENCA',T15,'AGUA CONT EN EL ESTRATO NO'/T4,'NO')
1138 165 FORMAT (T10,'COMPOSICION FINAL ST =',F7.1,' MM')
1139 166 FORMAT (T10,'CONT MIN INDIVIDUAL DE AGUA ST =',F8.1,' MM')
1140 C 167 FORMAT ('1',/T5,20A4,T105,2(A2,'/'),A2,5X,2(I2,':') ,I2)
1141 168 FORMAT (T10,'COMPOSICION FINAL EN LAG ST =',F7.2,' MM')
1142 169 FORMAT (T10,'COMPOSICION FINAL EN EL EMBALSE ST =',F7.2,' MM')
1143 170 FORMAT (/T10,'VALOR PROM DE CN =',F6.3,5X,'MAX =',F6.3,5X,'MIN =
1144 1',F6.3)
1145 171 FORMAT (/T10,'PRED FLUJO PK'/T15,'MEDIA =',F9.3,' M**3/S',5X,
1146 1 'DESV ST =',F9.3,' M**3/S',5X,'MEDIA PK/VOL =',F9.3,
1147 2 ' M**3/S/MM'/T15,'NO PKS =',18,5X,'MAX =',F10.3,' M**3/S')
1148 172 FORMAT (/T10,'PRED DE PROD MENS DE AGUA'/T15,'MEDIA =',F7.2,' MM

```

```

1149      1'/T15,'DESV ST = ',F7.2,' MM'/)
1150      173 FORMAT (/T10,'BALANCE DE AGUA EN EL SUELO = ',E16.6,' MM')
1151      174 FORMAT (T10,'Q = ',E16.6,' MM',5X,'Y = ',E16.6,' T/HA')
1152      175 FORMAT(10F8.3)
1153      176 FORMAT(/T5,'DATOS DE CULTIVO'/T5,16("_"))/)
1154      177 FORMAT(/T10,'CONDUCTIVIDAD SAT DEL FONDO DEL EMBALSE (MM/H)'/(10F1
1155      *0.2))
1156      189 FORMAT(T10,'LOS DATOS DE PREC USADOS EN ESTA CORRIDA SON:')
1157      179 FORMAT(T11,'**MEDIDA SIMPLE DE PRECIPITACION**')
1158      180 FORMAT(T11,'**SIMULACION SIMPLE DE PRECIPITACION**')
1159      181 FORMAT(T11,'**MEDIDAS MULTIPLES DE PRECIPITACION**')
1160      182 FORMAT(T11,'**SIMULACION MULTIPLE DE PRECIPITACION**')
1161      183 FORMAT(/T10,'LOS DATOS DE TEMP USADOS EN ESTA CORRIDA SON: ')
1162      184 FORMAT(T11,'**MEDIDOS PARA CADA SUBCUENCA**')
1163      185 FORMAT(T11,'**SIMULACION SIMPLE DE TEMP**')
1164      186 FORMAT(T11,'**SIMULACION PARA CADA SUBCUENCA**')
1165      187 FORMAT(/1X,I2,1X,'LAI',15X,12F9.2,/4X,'MAT SECO(KG/HA)',4X,12F9.2)
1166      188 FORMAT(/T2,'VALORES PROMEDIOS MENS',//,T2,'SUBCUENCA',T27,'ENE',
1167      1T36,'FEB',T45,'MAR',T54,'ABR',T63,'MAY',T72,'JUN',T81,'JUL',T90,
1168      2'AGO',T99,'SEP',T108,'OCT',T117,'NOV',T126,'DIC'//)
1169      190 FORMAT(/T10,'CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA PARA CANALES ALUVIALES (MM/H
1170      *)'/(10F10.3))
1171      191 FORMAT(/T10,'CICLOS GENERADOS = ',I4)
1172      193 FORMAT(/T7,'DIAMETRO MEDIO DE LAS PART DE SED = ',F10.2)
1173      194 FORMAT(4X,'BIOMASA TOTAL =',5X,F8.2,'KG/HA',3X,'PROD =',F8.2,
1174      *'BU/AC')
1175      272 FORMAT(1X,'PROD DE AGUA',8X,12F9.2/)
1176      END

```

&GCYCL T=00004 IS ON CR00024 USING 00003 BLKS R=0000

```
0001  FTN
0002      SUBROUTINE GCYCLE(IGN)
0003      COMMON /BK7/ RST(12,3),T0(5),PRW(2,12),OBMX(12),OBMN(12),
0004      1OBSL(12),CVT(12),CVS(12),WFT(12),SUBP(5),SND(5),SNDEV,K1(4),
0005      2K2(4),K3(4),K4(4),K5(4),K6(4),K7(4),K8(4),K9(4),
0006      2  V1,V3,V5,V7,RA,TMXG,TMNG,RMX, YLS, YLC,PIT,ST0,AMP,AVT,TS,
0007      3  NSIM,MSIM,LW,TMX(5),TMN(5),TX(5),TB(5),TO(5),DMM(12,5),DM1(5)
0008      DO 1 I=1,IGN
0009      XX = RANDN(K1)
0010      XX = RANDN(K2)
0011      XX = RANDN(K3)
0012      XX = RANDN(K4)
0013      XX = RANDN(K5)
0014      XX = RANDN(K6)
0015      XX = RANDN(K7)
0016      XX = RANDN(K8)
0017      XX = RANDN(K9)
0018  1  CONTINUE
0019      RETURN
0020      END
```

www.bdigital.ula.ve

&RANDN T=00004 IS ON CR00024 USING 00003 BLKS R=0000

```

0001  FTN7X
0002  FUNCTION RANDN (K)
0003  C    ESTA FUNCION PROVEE NUMEROS ALEATORIOS EN EL RANGO DE 0 -1.
0004  DIMENSION K(4)
0005  K(4)=3*K(4)+K(2)
0006  K(3)=3*K(3)+K(1)
0007  K(2)=3*K(2)
0008  K(1)=3*K(1)
0009  I=K(1)/1000
0010  K(1)=K(1)-I*1000
0011  K(2)=K(2)+I
0012  I=K(2)/100
0013  K(2)=K(2)-100*I
0014  K(3)=K(3)+I
0015  I=K(3)/1000
0016  K(3)=K(3)-I*1000
0017  K(4)=K(4)+I
0018  I=K(4)/100
0019  K(4)=K(4)-100*I
0020  RANDN=(((FLOAT(K(1))* .001+FLOAT(K(2)))*.01+FLOAT(K(3)))*.001+
0021  1  FLOAT(K(4)))*.01
0022  RETURN
0023  END

```

&CLGEN T=00004 IS ON CR00024 USING 00010 BLKS R=0000

```

0001 FTN7X
0002 $EMA/BK1/,/BK5/
0003     SUBROUTINE CLGEN
0004 C     ESTA SUBROUTINA SIMULA RADIACION SOLAR DIARIA,PRECIPITACION,Y/O TEM
0005 C     PERATURA MAXIMA O MINIMA DEL AIRE SEGUN SEA LA OPCION DEL USUARIO
0006 C     LLAMA LAS FUNCIONES RANDN Y DSTN1
0007     COMMON /BK3/ ALAI(5),SALB(5),DM(5),RD(5),UW,EP,ES,RAIN,WS,JE,J,IDA
0008     COMMON /BK4/ NC(13),IYR,NT,MO
0009     COMMON /BK7/ RST(12,3),TO(5),PRW(2,12),OBMX(12),OBMN(12),
0010     1OBSL(12),CVT(12),CVS(12),WFT(12),SUBP(5),SNO(5),SNOEV,K1(4),K2(4),
0011     2 K3(4),K4(4),K5(4),K6(4),K7(4),K8(4),K9(4),
0012     2 V1,V3,V5,V7,RA,TMXG,TMNG,RMX,YLS,YLC,PIT,STO,AMP,AVT,TS,
0013     3 NSIM,MSIM,L,TMX(5),TMN(5),TX(5),TB(5),TO(5),DMM(12,5),DM1(5)
0014     COMMON /BK5/ R(366),VMX(5),V(5),FLU(6),BP(5),HC(5),HCR(5),FP(5),CS
0015     1(5),SK(5),SMX(5),VVL,SPL,RL,SQL,QL,QD,AF,PQ,YP,AFF,AMPS,CN,
0016     2 SML,CFP(5),SWM(5),SFC(5),DK(5)
0017     XI=IDA
0018     SD=.4102*SIN((XI-80.25)/PIT)
0019     CH=-YLS*TAN(SD)/YLC
0020     IF (CH.GE.1.) GO TO 1
0021     IF (CH.LE.-1.) GO TO 2
0022     H=ACOS(CH)
0023     GO TO 3
0024     1 H=0.
0025     GO TO 3
0026     2 H=3.1416
0027     3 YS=YLS*SIN(SD)
0028     YC=YLC*COS(SD)
0029     RMX=711.*(H*YS+YC*SIN(H))
0030     SUM=PRW(1,MO)*(1.-PRW(1,MO))+PRW(2,MO)*(1.-PRW(2,MO))
0031     XL=L
0032     IF (NSIM.EQ.1.OR.NSIM.EQ.3) GO TO 4
0033 C     CALL SSEED (ISEED)
0034 C     VV= URAN(1)
0035 C     WRITE(1,*) VV
0036     VV=RANDN(K1)
0037     IF (VV.GT.PRW(L,MO)) GO TO 6
0038     V8=RANDN(K5)
0039     R6=RST(MO,3)/6.
0040     XLV=(DSTN1(V7,V8)-R6)*R6+1.
0041     XLV=(XLV**3-1.)*2./RST(MO,3)
0042     V7=V8
0043     R(IDA)=XLV*RST(MO,2)+RST(MO,1)
0044     IF (R(IDA).LT..01) R(IDA)=.01
0045     GO TO 5
0046     4 IF (R(IDA).LE.0.) GO TO 6
0047     5 XX=1.-PRW(L,MO)
0048     L=2

```

```
0049      GO TO 7
0050      6 XX=PRW(L,MO)
0051      R(IDA)=0.
0052      L=1
0053      7 IF(MSIM.EQ.1) GO TO 8
0054      XX=XX/SUM
0055      V2=RANDN(K2)
0056      TMXG=XX*DSTN1(V1,V2)
0057      V1=V2
0058      V4=RANDN(K3)
0059      TMNG=XX*DSTN1(V3,V4)
0060      V3=V4
0061      TMXG=OBMX(MO)*(1.+TMXG*CVT(MO))
0062      TMNG=OBMN(MO)*(1.+TMNG*CVT(MO))
0063      IF (TMNG.GT.TMXG) TMNG=TMXG-2.*ABS(TMXG)
0064      8 V6=RANDN(K4)
0065      RA=XX*DSTN1(V5,V6)
0066      RX=RMX-OBSL(MO)
0067      IF (OBSL(MO).GT.RX) RX=OBSL(MO)
0068      RA=OBSL(MO)+RA*RX/4.
0069      IF (RA.LE.0.) RA=.05*RMX
0070      V5=V6
0071      RETURN
0072      END
```

&DSTN1 T=00004 IS ON CR00024 USING 00002 BLKS R=0000

```
0001 FTN
0002 FUNCTION DSTN1 (RN1,RN2)
0003 C   ESTA FUNCION CALCULA LA DISTANCIA DE LA MEDIA DE UNA DISTRIBUCION
0004 C   NORMAL CON MEDIA=0. Y DESV STD=1 DANDOLE DOS NUMEROS ALEATORIOS
0005     DSTN1=SQRT(-2.*ALOG(RN1))*COS(6.283185*RN2)
0006     RETURN
0007     END
```

www.bdigital.ula.ve

&ALPH T=00004 IS ON CR00024 USING 00004 BLKS R=0000

```

0001  FTN
0002  $EMA/BK1/,/BK5/,/BK9/
0003  SUBROUTINE ALPH (K7)
0004  C  ESTA SUBROUTINA CALCULA ALPHA, UN PARAMETRO UNIDIMENSIONAL QUE
0005  C  EXPRESA LA FRACC DEL TOTAL DE PREC QUE OCURRE DURANTE .5 HORAS
0006  COMMON /BK3/ ALAI(5),SALB(5),DM(5),RD(5),UW,EP,ES,RAIN,WS,JE,J,IDA
0007  COMMON /BK4/ NC(13),IYR,NT,MO
0008  COMMON /BK5/ R(366),VMX(5),V(5),FLU(6),BP(5),HC(5),HCR(5),FP(5),CS
0009  1(5),SK(5),SMX(5),EV,SP,RL,Q1,O,QD,AF,PQ,YP,AFF,AMPS,CN,SML,CFP(5)
0010  2,SWM(5),SFC(5),DK(5)
0011  COMMON /BK9/ HYD(250,5),WI(12),TC(6),AL(5),AB,ABI,RN1,R1,PR,LUI
0012  *,VO,NMB,TP,TR,DDT
0013  DIMENSION K7(4)
0014  EI=R(IDA)-SML
0015  AI=ABI/(WI(NO)-AB)
0016  IF (EI.LT.25.) GO TO 1
0017  AJP=1.-EXP(-125./EI)
0018  GO TO 2
0019  1 AJP=1.
0020  2 R1=DSTG(RN1,AI,K7)
0021  R1=(EI*(AB+R1*(AJP-AB))+SML*AB)/R(IDA)
0022  RETURN
0023  END

```

&DSTG T=00004 IS ON CR00024 USING 00002 BLKS R=0000

```
0001 FTN
0002     FUNCTION DSTG (RNI,AI,K7)
0003 C     ESTA FUNCION PROVEE NUMEROS ALEATORIO PARA LA DISTRIBUCION GAMMA,AL DAR
0004 C     LE DOS NUMEROS ALEATORIOS
0005     DIMENSION K7(4)
0006     DATA XN1/10./
0007     1 DSTG=RNI
0008     XX=RNI*AI
0009     RN=RANDN(K7)
0010     FU=XX**XN1*EXP(XN1*(1.-XX))
0011     RNI=RN
0012     IF (FU.LT.RN) GO TO 1
0013     RETURN
0014     END
```

www.bdigital.ula.ve

&SOLT T=00004 IS ON CR00024 USING 00007 BLKS R=0000

```

0001 FTN
0002 $EMA/BK1/,/BK5/
0003 SUBROUTINE SOLT
0004 C ESTÁ SUBROUTINA ESTIMA EL PROMEDIO DE TEMPERATURA EN EL FONDO DE
0005 C CADA ESTRATO DEL SUELO
0006 COMMON /BK1/ST(10,5),UL(10,5),CLA(10,5),SC(10,5),HK(10,5),FC(10,5)
0007 1,T(10,5),Z(10,5),WF(2,5),G(5),RT(5),ABD(5),UB,UOB,SEP,SSF,SWW,
0008 1 SU,NS,J1,J2,LU,IRD(5),CF(5),BCV(5)
0009 COMMON /BK4/ NC(13),IYR,NT,MO
0010 COMMON /BK5/ R(366),VMX(5),V(5),FLU(6),BP(5),HC(5),HCR(5),FP(5),CS
0011 1(5),SK(5),SMX(5),EV,SP,RL,Q1,Q,QD,AF,PQ,YP,AFF,AMPS,CN,SML,CFP(5)
0012 2,SWM(5),SFC(5),DK(5)
0013 COMMON /BK2/ S1(5),S2(5),SW(5),GR(5),TU,EO
0014 COMMON /BK3/ ALAI(5),SALB(5),DM(5),RD(5),UW,EP,ES,RAIN,WS,JE,J,IDA
0015 COMMON /BK7/ RST(12,3),T0(5),PRW(2,12),OBMX(12),OBMN(12),
0016 IOBSL(12),CVT(12),CVS(12),WFT(12),SUBP(5),SNO(5),SNOEV,K1(4),K2(4),
0017 2 K3(4),K4(4),K5(4),K6(4),K7(4),KB(4),K9(4),
0018 2 V1,V3,V5,V7,RA,TMXG,TMNG,RMX,YLS,YLC,PIT,ST0,AMP,AVT,TS,
0019 3 NSIM,MSIM,LW,TMX(5),TMN(5),TX(5),TB(5),TO(5),DMM(12,5),DMI(5)
0020 XI=IDA
0021 ALX=(XI-200.)/PIT
0022 F=ABD(J)/(ABD(J)+686.*EXP(-5.63*ABD(J)))
0023 DP=1000.+2500.*F
0024 WW=.356-.144*ABD(J)
0025 B=ALOG(500./DP)
0026 WC=SW(J)/(WW*Z(NS,J))
0027 F=EXP(B*((1.-WC)/(1.+WC))*2)
0028 DD=F*DP
0029 IF(R(IDA).GT.0.) GO TO 1
0030 ST0=WFT(MO)*(TMX(J)-TX(J))+TX(J)
0031 GO TO 3
0032 1 ST0=WFT(MO)*(TX(J)-TMN(J))+TMN(J)
0033 3 TA=AVT+AMP*COS(ALX)
0034 XX=BCV(J)*T0(J)+(1.-BCV(J))*ST0
0035 DT=XX-TA
0036 T0(J)=ST0
0037 XX = 0.
0038 DO 2 K=1,NS
0039 ZD=-Z(K,J)/DD
0040 T(K,J)=AVT+(AMP*COS(ALX+ZD)+DT)*EXP(ZD)
0041 2 CONTINUE
0042 RETURN
0043 END

```

&VOLQ T=00004 IS ON CR00024 USING 00005 BLKS R=0000

```

0001 FTN
0002 $EMA/BK1/,/BK5/
0003 SUBROUTINE VOLQ
0004 C ESTA SUBROUTINA PREDICE LA ESCORRENTIA DIARIA AL DARLE LA PRECIPI-
0005 C TACION DIARIA Y LA CANTIDAD DE NIEVE DERRETIDA USANDO UNA APROXI-
0006 C MACION MODIFICADA DE LA CURVA NUMERO DEL SCS
0007 COMMON /BK1/ST(10,5),UL(10,5),CLA(10,5),SC(10,5),HK(10,5),FC(10,5)
0008 1,T(10,5),Z(10,5),WF(2,5),G(5),RT(5),ABD(5),UB,UOB,SEP,SSF,SWW,
0009 1 SU,NS,J1,J2,LU,IRD(5),CF(5),BCV(5)
0010 COMMON /BK3/ ALAI(5),SALB(5),DM(5),RD(5),UW,EP,ES,RAIN,WS,JE,J,IDA
0011 COMMON /BK5/ R(366),VMX(5),V(5),FLU(6),BP(5),HC(5),HCR(5),FP(5),CS
0012 1(5),SK(5),SMX(5),EV,SP,RL,Q1,Q,QD,AF,PQ,YP,AFF,AMPS,CN,SML,CFP(5)
0013 2,SWM(5),SFC(5),DK(5)
0014 SUM = 0.
0015 DO 1 K=1,NS
0016 SUM=SUM+ST(K,J)
0017 1 CONTINUE
0018 XX=WF(1,J)-WF(2,J)*SUM
0019 IF (XX.LT.-20.)XX=-20.
0020 R2=SMX(J)*(1.-SUM/(SUM+EXP(XX)))
0021 IF (T(1,J).LE.0.) R2=R2/2.
0022 CN=25400./(R2+254.)
0023 R2=25400./CN-254.
0024 BB=.2*R2
0025 PB=R(IDA)-BB
0026 IF (PB.LE.0.) GO TO 2
0027 QD=PB*PB/(R(IDA)+.8*R2)
0028 2 RETURN
0029 END

```

&SNOM T=00004 IS ON CR00024 USING 00005 BLKS R=0000

```

0001 FTN
0002 $EMA/BK1/,/BK5/
0003     SUBROUTINE SNOM
0004 C     ESTA SUBROUTINA PREDICE LA CANTIDAD DE NIEVE DERRTIDA CUANDO EL PROME
0005 C     DIO DE TEMP EXCEDE LOS 0 GRADOS CENTIGRADOS
0006     COMMON /BK3/ ALAI(5),SALB(5),DM(5),RD(5),UW,EP,ES,RAIN,WS,JE,J,IDA
0007     COMMON /BK4/ NC(13),IYR,NT,MO
0008     COMMON /BK5/ R(366),VMX(5),V(5),FLU(6),BP(5),HC(5),HCR(5),FP(5),CS
0009     1(5),SK(5),SMX(5),EV,SP,RL,Q1,D,QD,AF,PQ,YP,AFF,AMPS,CN,SML,CFP(5)
0010     2,SWM(5),SFC(5),DK(5)
0011     COMMON /BK7/ RST(12,3),T0(5),PRW(2,12),OBMX(12),OBMN(12),
0012     10BSL(12),CVT(12),CVS(12),WFT(12),SUBP(5),SNO(5),SNOEV,K1(4),K2(4),
0013     2 K3(4),K4(4),K5(4),K6(4),K7(4),K8(4),K9(4),
0014     2 V1,V3,V5,V7,RA,TMXG,TMNG,RMX,YLS,YLC,PIT,ST0,AMP,AVT,TS,
0015     3 NSIM,MSIM,LW,TMX(5),TMN(5),TX(5),TB(5),TO(5),DMM(12,5),DM1(5)
0016     IF (TMX(J).LE.0.) GO TO 1
0017     SML=4.57*TMX(J)
0018     IF (SML.GT.SNO(J)) SML=SNO(J)
0019     SNO(J)=SNO(J)-SML
0020     R(IDA)=R(IDA)+SML
0021     GO TO 2
0022     1 SML=0.
0023     2 RETURN
0024     END

```

&TRANS T=00004 IS ON CR00024 USING 00003 BLKS R=0000

```
0001 FTN
0002 $EMA/BK1/,/BK5/
0003     SUBROUTINE TRANS
0004 C     ESTA SUBROUTINA PREDICE LAS PERDIDAS EN CAUCES TORRENTOSOS
0005     COMMON /BK3/ ALAI(5),SALB(5),DM(5),RD(5),UW,EP,ES,RAIN,WS,JE,J,IDA
0006     COMMON /BK5/ R(366),VMX(5),V(5),FLU(6),BP(5),HC(5),HCR(5),FP(5),CS
0007     1(5),SK(5),SMX(5),EV,SP,RL,Q1,O,QD,AF,PQ,YP,AFF,AMPS,CN,SML,CFP(5)
0008     2,SWM(5),SFC(5),DK(5)
0009     Q1=QD
0010     SWF=1-(SWM(J)/(SWM(J)+EXP(3.966-.02305*SWM(J))))
0011     TLF=0.99*(1.-(DK(J)/(DK(J)+EXP(7.131-.0075*DK(J))))
0012     QD=QD-QD*(1.-TLF)*SWF
0013     IF(QD.LT.0.) QD=0.
0014     RETURN
0015     END
```

www.bdigital.ula.ve

&YSED T=00004 IS ON CR00024 USING 00004 BLKS R=0000

```

0001 FTN
0002 $EMA/BK1/,/BK5/,/BK9/
0003 SUBROUTINE YSED
0004 C ESTA SUBROUTINA PREDICE LA PERDIDA DIARIA DEL SUELO CAUSADA POR
0005 C LA LLUVIA USANDO LA ECUACION UNIVERSAL MODIFICADA
0006 COMMON /BK3/ ALAI(5),SALB(5),DM(5),RD(5),UW,EP,ES,RAIN,WS,JE,J,IDA
0007 COMMON /BK4/ NC(13),IYR,NT,MO
0008 COMMON /BK5/ R(366),VMX(5),V(5),FLU(6),BP(5),HC(5),HCR(5),FP(5),CS
0009 1(5),SK(5),SMX(5),EV,SP,RL,Q1,O,QD,AF,PQ,YP,AFF,AMPS,CN,SML,CFP(5)
0010 2,SWM(5),SFC(5),DK(5)
0011 COMMON /BK9/ HYD(250,5),WI(12),TC(6),AL(5),AB,ABI,RNI,R1,PR,LUI
0012 *,VO,NMB,TP,TR,DDT
0013 COMMON /BK10/ CVM(5),CV(5),RSD(5),EK(5),YD,C,PHU(5),BLAI(5),IPL(5)
0014 *,IHV(5),ITIL(5),TF(4),TILOP(8),RSDI(4),DM2(5)
0015 C=CVM(J)
0016 YD=(QD*PR*AFF)**.56*EK(J)*C
0017 RETURN
0018 END

```

www.bdigital.ula.ve

&EVAP T=00004 IS ON CR00024 USING 00015 BLKS R=0000

```

0001 FTN
0002 $EMA/BK1/,/BK5/
0003     SUBROUTINE EVAP
0004 C     ESTA SUBROUTINA CALCULA LA CANTIDAD DE EVAPORACION DEL SUELO Y LA
0005 C     EVAPORACION POTENCIAL DE LAS PLANTAS USANDO EL MODELO DE RITCHIE
0006     COMMON /BK1/ST(10,5),UL(10,5),CLA(10,5),SC(10,5),HK(10,5),FC(10,5)
0007     1,T(10,5),Z(10,5),WF(2,5),G(5),RT(5),ABD(5),UB,UOB,SEP,SSF,SWW,
0008     1 SU,NS,J1,J2,LU,IRD(5),CF(5),BCV(5)
0009     COMMON /BK2/ S1(5),S2(5),SW(5),GR(5),U,EO
0010     COMMON /BK3/ ALAI(5),SALB(5),DM(5),RD(5),UW,EP,ES,RAIN,WS,JE,J,IDA
0011     COMMON /BK5/ R(366),VMX(5),V(5),FLU(6),BP(5),HC(5),HCR(5),FP(5),CS
0012     1(5),SK(5),SMX(5),EV,SP,RL,Q1,Q,QD,AF,PQ,YP,AFF,AMPS,CN,SML,CFP(5)
0013     2,SWM(5),SFC(5),DK(5)
0014     COMMON /BK7/ RST(12,3),T0(5),PRW(2,12),OBMX(12),OBMN(12),
0015     1OBSL(12),CVT(12),CVS(12),WFT(12),SUBP(5),SNO(5),SNOEV,K1(4),K2(4),
0016     2 K3(4),K4(4),K5(4),K6(4),K7(4),K8(4),K9(4),
0017     2 V1,V3,V5,V7,RA,TMXG,TMNG,RMX,YLS,YLC,PIT,ST0,AMP,AUT,TS,
0018     3 NSIM,MSIM,LW,TMX(5),TMN(5),TX(5),TB(5),T0(5),DMM(12,5),DM1(5)
0019     COMMON /BK10/ CVM(5),CV(5),RSD(5),EK(5),YD,C,PHU(5),BLAI(5),IPL(5)
0020     *,IHV(5),ITIL(5),IF(4),TILOP(8),RSDI(4),DM2(5)
0021     DIMENSION TV(5)
0022     DATA ESD/300./,TV/5*0./,CEJ/-2.9E-5/
0023     P=R(IDA)-QD
0024     EAJ=EXP(CEJ*(CV(J)+.1))
0025     TK=TX(J)+273.
0026     TKK=TK*TK
0027     D=EXP(21.255-5304./TK)*5304./TKK
0028     GMA=D/(D+.68)
0029     IF (SNO(J).GT.5.) GO TO 1
0030     ALB=SALB(J)
0031     IF (ALAI(J).GT.0.) ALB=.23*(1.-EAJ)+SALB(J)*EAJ
0032     GO TO 2
0033     1 ALB=.6
0034     2 HO=RA*(1.-ALB)/58.3
0035     APH=1.28
0036     EO=APH*HO*GMA
0037     EOS=EO*EAJ
0038     IF (S1(J).GE.U) GO TO 6
0039     SP=S1(J)-P
0040     IF (SP.LE.0.) GO TO 3
0041     S1(J)=SP
0042     GO TO 4
0043     3 S1(J)=0.
0044     4 S1(J)=S1(J)+EOS
0045     SU=S1(J)-U
0046     IF (SU.GT.0.) GO TO 5
0047     ES=EOS
0048     GO TO 10

```

```

0049      5 ES=EOS-.4*SU
0050      S2(J)=.6*SU
0051      TV(J)=(S2(J)/3.5)**2
0052      GO TO 10
0053      6 SB=P-S2(J)
0054      IF (SB.LT.0.) GO TO 7
0055      P=SB
0056      S1(J)=U-P
0057      TV(J)=0.
0058      IF (S1(J).LT.0.) GO TO 3
0059      GO TO 4
0060      7 TV(J)=TV(J)+1.
0061      ES=3.5*SQRT(TV(J))-S2(J)
0062      IF (P.GT.0.) GO TO 8
0063      IF (ES.GT.EOS) ES=EOS
0064      GO TO 9
0065      8 ESX=0.8*P
0066      IF (ESX.LE.ES) ESX=ES+P
0067      IF (ESX.GT.EOS) ESX=EOS
0068      ES=ESX
0069      9 S2(J)=S2(J)+ES-P
0070      TV(J)=(S2(J)/3.5)**2
0071      10 IF (ES.LE.0.) ES=0.
0072      IF (ALAI(J).GT.3.0) GO TO 11
0073      EP=ALAI(J)*EO/3.
0074      GO TO 12
0075      11 EP=EO
0076      12 ET=ES+EP
0077      IF (EO.GE.ET) GO TO 13
0078      ET=EO
0079      ES=ET-EP
0080      13 XX=ES
0081      IF (SNO(J).GE.ES) GO TO 19
0082      XX=XX-SNO(J)
0083      SNOEV=SNOEV+SNO(J)*FLU(J)
0084      SNO(J)=0.
0085      DO 14 J2=1,NS
0086      IF (Z(J2,J).GT.ESD) GO TO 16
0087      IF (ST(J2,J).GT.XX) GO TO 15
0088      XX=XX-ST(J2,J)
0089      ST(J2,J)=0.
0090      14 CONTINUE
0091      GO TO 17
0092      15 ST(J2,J)=-XX+ST(J2,J)
0093      GO TO 20
0094      16 J1=J2-1
0095      YY=0.
0096      IF (J1.GT.0) YY=Z(J1,J)
0097      RTO=ST(J2,J)*(ESD-YY)/(Z(J2,J)-YY)
0098      IF (RTO.GT.XX) GO TO 18

```

```
0099      XX=XX-RTD
0100      ST(J2,J)=ST(J2,J)-RTD
0101      17 ES=ES-XX
0102      ET=ET-XX
0103      GO TO 20
0104      18 ST(J2,J)=ST(J2,J)-XX
0105      GO TO 20
0106      19 SNO(J)=SNO(J)-ES
0107      SNOEV=SNOEV+ES*FLU(J)
0108      20 RETURN
0109      END
```

www.bdigital.ula.ve

&PURK T=00004 IS ON CR00024 USING 00009 BLKS R=0000

```

0001 FTN
0002 $EMA/BK1/,/BK5/
0003 SUBROUTINE PURK
0004 C ESTA SUBROUTINA ES EL COMPONENTE PRINCIPAL DE LA PERCOLACION DIVI-
0005 C DE CADA ESTRATO DEL SUELO EN 4 MM, MANEJA EL PROCESO DE TRANSITOS.
0006 C LLAMA PERC Y PKRN
0007 COMMON /BK1/ST(10,5),UL(10,5),CLA(10,5),SC(10,5),HK(10,5),FC(10,5)
0008 1,T(10,5),Z(10,5),WF(2,5),G(5),RT(5),ABD(5),UB,UOB,SEP,PRK,SWW,
0009 1 SU,NS,J1,J2,LU,IRD(5),CF(5),BCV(5)
0010 COMMON /BK3/ ALAI(5),SALB(5),DM(5),RD(5),UW,EP,ES,RAIN,WS,JE,J,IDA
0011 COMMON /BK8/ KR1,KR2,KR3,KR4,KW,KW1,KW2
0012 DIMENSION V(11)
0013 DATA AMT/4./
0014 N2=0
0015 V(1)=ST(1,J)-FC(1,J)
0016 IF (V(1).LT.0.) GO TO 1
0017 ST(1,J)=FC(1,J)
0018 GO TO 2
0019 1 V(1)=0.
0020 2 V(1)=V(1)+RAIN
0021 IF (V(1).LE.0.) GO TO 3
0022 N1=1
0023 N2=1
0024 3 DO 5 K=2,NS
0025 V(K)=ST(K,J)-FC(K,J)
0026 IF (V(K).LE.0.) GO TO 4
0027 ST(K,J)=FC(K,J)
0028 IF (N2.GT.0) GO TO 5
0029 N2=1
0030 N1=K
0031 GO TO 5
0032 4 V(K)=0.
0033 5 CONTINUE
0034 V(NS+1)=0.
0035 TOT=0.
0036 ADD=0.
0037 6 IF (N2.EQ.0) GO TO 10
0038 N2=0
0039 DO 9 J1=N1,NS
0040 SUM=0.
0041 J2=J1+1
0042 IF (J1.EQ.NS) J2=NS
0043 IF (V(J1).LE.0.) GO TO 9
0044 IF (N2.GT.0) GO TO 7
0045 N2=1
0046 N3=J1
0047 7 SU=V(J1)
0048 IF (SU.GT.AMT) SU=AMT

```

```
0049      ST(J1,J)=ST(J1,J)+SU
0050      SEP=0.
0051      CALL PKRN
0052      ST(J1,J)=ST(J1,J)-SEP
0053      SUM=SEP
0054      IF (SU.EQ.SEP) GO TO 8
0055      IF (ST(J1,J).LE.FC(J1,J)) GO TO 8
0056      CALL PERC
0057      ST(J1,J)=ST(J1,J)-SEP-PRK
0058      SUM=SUM+SEP
0059      ADD=ADD+PRK
0060      8  V(J1)=V(J1)-SU
0061      J2=J1+1
0062      V(J2)=V(J2)+SUM
0063      9  CONTINUE
0064      TOT=TOT+SUM
0065      N1=N3
0066      GO TO 6
0067      10 SEP=TOT
0068      PRK=ADD
0069      RETURN
0070      END
```

www.bdigital.ula.ve

&PERC T=00004 IS ON CR00024 USING 00005 BLKS R=0000

```

0001 FTN
0002 $EMA/BK1/,/BK5/
0003 SUBROUTINE PERC
0004 C ESTA SUBROUTINA CALCULA PERCOLACION Y FLUJO LATERAL SUBSUPERFI-
0005 C CIAL DE UN ESTRATO DEL SUELO CUANDO LA CAPACIDAD DE CAMPO SE
0006 C EXCEDE.
0007 COMMON /BK1/ST(10,5),UL(10,5),CLA(10,5),SC(10,5),HK(10,5),FC(10,5)
0008 1,T(10,5),Z(10,5),WF(2,5),G(5),RT(5),ABD(5),UB,UOB,SEP,PRK,SWW,
0009 1 SU,NS,J1,J2,LU,IRD(5),CF(5),BCV(5)
0010 COMMON /BK3/ ALAI(5),SALB(5),DM(5),RD(5),UW,EP,ES,RAIN,WS,JE,J,IDA
0011 SUP=SU-SEP
0012 STZ=ST(J1,J)/UL(J1,J)
0013 IF (STZ.LT.1.) GO TO 1
0014 FX=1.
0015 GO TO 2
0016 1 FX=STZ**HK(J1,J)
0017 2 STU=ST(J2,J)/UL(J2,J)
0018 IF (STU.LT.1.) GO TO 3
0019 SEP=0.
0020 GO TO 5
0021 3 IF (T(J1,J).GT.0.) GO TO 4
0022 SEP=0.
0023 GO TO 7
0024 4 CR=SQRT(1.-STU)
0025 ZZ=24.*FX*CR*SC(J1,J)/SUP
0026 IF (ZZ.GT.10.) GO TO 6
0027 SEP=SUP*(1.-EXP(-ZZ))
0028 SUP=SUP-SEP
0029 5 PRK=RT(J)*SUP
0030 GO TO 8
0031 6 SEP=SUP
0032 7 PRK=0.
0033 8 RETURN
0034 END

```

&PKRN T=00004 IS ON CR00024 USING 00003 BLKS R=0000

```
0001 FTN
0002 $EMA/BK1/,/BK5/
0003     SUBROUTINE PKRN
0004 C     ESTA SUBROUTINA CALCULA LA PERCOLACION DEBIDA AL FLUJO POR GRIETAS
0005     COMMON /BK1/ST(10,5),UL(10,5),CLA(10,5),SC(10,5),HK(10,5),FC(10,5)
0006     1,T(10,5),Z(10,5),WF(2,5),G(5),RT(5),ABD(5),UB,UOB,SEP,PRK,SWW,
0007     1 SU,NS,J1,J2,LU,IRD(5),CF(5),BCV(5)
0008     COMMON /BK3/ ALAI(5),SALB(5),DM(5),RD(5),UW,EP,ES,RAIN,WS,JE,J,IDA
0009 C     DATA CF/.005/
0010 C     CF(J)=0.005*SC(J1,J)
0011     ZZ=24.*CF(J)/SU
0012     IF (ZZ.GT.10.) GO TO 1
0013     SEP=SU*(1.-EXP(-ZZ))
0014     GO TO 2
0015     1 SEP=SU
0016     2 RETURN
0017     END
```

www.bdigital.ula.ve

&CRPMO T=00004 IS ON CR00024 USING 00008 BLKS R=0000

```

0001 FTN
0002 $EMA/BK1/,/BK5/
0003 SUBROUTINE CRPMOD
0004 C ESTA SUBROUTINA PREDICE EL POTENCIAL DIARIO DE CRECIMIENTO DE TO-
0005 C TAL DE LA BIOMASA DE LAS PLANTAS Y DE LAS RAICES Y CALCULA EL
0006 C INDICE DEL AREA FOLIAR.LLAMA LA SUBROUTINA SWU
0007 COMMON /BK1/ST(10,5),UL(10,5),CLA(10,5),SC(10,5),HK(10,5),FC(10,5)
0008 1,T(10,5),Z(10,5),WF(2,5),G(5),RT(5),ABD(5),UB,UOB,SEP,SSF,SWW,
0009 1 SU,NS,J1,J2,LU,IRD(5),CF(5),BCV(5)
0010 COMMON /BK3/ ALAI(5),SALB(5),DM(5),RD(5),UW,EP,ES,RAIN,WS,JE,J,IDA
0011 COMMON /BK4/ NC(13),IYR,NT,MO
0012 COMMON /BK7/ RST(12,3),TO(5),PRW(2,12),OBMX(12),OBMN(12),
0013 1OBSL(12),CVT(12),CVS(12),WFT(12),SUBP(5),SNO(5),SNOEV,K1(4),K2(4),
0014 2 K3(4),K4(4),K5(4),K6(4),K7(4),K8(4),K9(4),
0015 2 V1,V3,V5,V7,RA,TMXG,TMNG,RMX, YLS,YLC,PIT,STO,AMP,AVT,TS,
0016 3 NSIM,MSIM,LW,TMX(5),TMN(5),TX(5),TB(5),TO(5),DMM(12,5),DM1(5)
0017 COMMON /BK10/ CVM(5),CV(5),RSD(5),EK(5),YD,C,PHU(5),BLAI(5),IPL(5)
0018 *,IHV(5),ITIL(5),TF(4),TILOP(8),RSDI(4),DM2(5)
0019 C=CVM(J)
0020 IF(IPL(J)-IHV(J))184,185,185
0021 184 IF(IDA-IPL(J))176,185,179
0022 185 IF(IDA-IPL(J))179,178,180
0023 178 G(J)=0.
0024 DM(J)=0.
0025 GO TO 180
0026 179 IF(IDA-IHV(J)) 180,181,176
0027 181 DM2(J)=DM(J)
0028 IF(IRD(J).EQ.3) RSD(J)=RSD(J)/0.53
0029 DM(J)=0.
0030 ALAI(J)=0.
0031 IF(IRD(J).EQ.1) G(J)=0.
0032 CALL SWU
0033 GO TO 176
0034 180 CALL SWU
0035 TGX = TX(J)-TB(J)
0036 IF(TGX.GT.0.) GO TO 182
0037 TS = 0.
0038 GO TO 183
0039 182 CALL TSTR(TGX)
0040 183 DDM=.5*RA*(1.-EXP(-.65*(ALAI(J)+.05)))
0041 XX=DM(J)+DDM
0042 DM(J)=DM(J)+DDM*WS*TS
0043 G(J)=G(J)+TX(J)/PHU(J)
0044 IF(G(J).GT. .75) GO TO 177
0045 WLV=.8*XX
0046 F=WLV/(WLV+EXP(9.5-.0006*WLV))
0047 ALAI(J)=BLAI(J)*F
0048 GO TO 176

```

```
0049 177      ALAI(J)=16.*BLAI(J)*(1.-G(J))**2
0050 176      RETURN
0051          END
```

www.bdigital.ula.ve

&HYDGR T=00004 IS ON CR00024 USING 00005 BLKS R=0000

```

0001 FTN
0002 $EMA/BK9/
0003 SUBROUTINE HYDGR
0004 C ESTA SUBROUTINA CALCULA LAS DOS PARTES DEL HIDROGRAMA TRIANGULAR
0005 C PARA CADA SALIDA DE LAS SUBCUENCAS
0006 COMMON /BK3/ ALAI(5),SALB(5),DM(5),RD(5),UW,EP,ES,RAIN,WS,JE,J,IDA
0007 COMMON /BK8/ KR1,KR2,KR3,KR4,KW,KW1,KW2
0008 COMMON /BK9/ HYD(250,5),WI(12),TC(6),AL(5),AB,AB1,RN1,R1,PR,LUI
0009 *,VO,NMB,TP,TR,DDT
0010 DATA DMX/245./
0011 DDT=.25
0012 TP=TC(J)
0013 TR=(VO/PR-1.2*TP)/0.2
0014 IF(TR.GE.TP) GO TO 4
0015 TR=TP
0016 PR=VO/(1.4*TP)
0017 4 TB1=2*TP+TR
0018 IF(TB1/DDT.GT.DMX) DDT=TB1/DMX
0019 HYD(1,J)=0.
0020 NMB=TP/DDT+1
0021 D1=DDT
0022 DO 1 I=2,NMB
0023 HYD(I,J)=D1*PR/TP
0024 D1=D1+DDT
0025 1 CONTINUE
0026 D1=D1-TP
0027 I1=NMB+1
0028 I2=NMB+NMB-1
0029 DO 2 I=I1,I2
0030 HYD(I,J)=0.4*PR+0.6*PR*(TP-D1)/TP
0031 D1=D1+DDT
0032 2 CONTINUE
0033 D1=D1-TP
0034 I1=I2+1
0035 I2=TB1/DDT+1
0036 NMB=I2+1
0037 DO 3 I=I1,I2
0038 HYD(I,J)=0.4*PR*(TR-D1)/TR
0039 D1=D1+DDT
0040 3 CONTINUE
0041 HYD(NMB,J)=0.
0042 RETURN
0043 END

```

```
0049      PQ=(QDR*AFR-0)/AFF
0050      CSR(J)=(CSR(J)-CFR(J))*SK(J)+CFR(J)
0051      AMRS=S1*CS1+PQ1-YP-CSR(J)*VR(J)
0052      7 RETURN
0053      8 FORMAT (T5,'RESERVOIR STORAGE = 0 (AREA ',I2,' )',4E13.5)
0054      9 FORMAT(T5,'EMERGENCY SPILLWAY IS EXCEEDED IN AREA',I2,' RES. VOLUM
0055      *E = ',F8.2)
0056      END
```

www.bdigital.ula.ve

&RES T=00004 IS ON CR00024 USING 00008 BLKS R=0000

```

0001 FTN
0002 $EMA/BK1/,/BK5/
0003 SUBROUTINE RES
0004 C ESTA SUBROUTINA TRANSITA EL AGUA Y LOS SEDIMENTOS EN LOS RESER-
0005 C VORIOS,CALCULA TAMBIEN LA EVAPORACION Y LA FILTRACION EN ELLOS.
0006 COMMON /BK2/ S(5),S2(5),SW(5),GR(5),TU,EO
0007 COMMON /BK3/ ALAI(5),SALB(5),DM(5),RD(5),UW,EP,ES,RAIN,WS,JE,J,IDA
0008 COMMON /BK5/ R(366),VMX(5),V(5),FLU(6),BP(5),HC(5),HCR(5),FP(5),CS
0009 1(5),SK(5),SMX(5),EV,SP,R1,Q1,O,QD,AF,PQ,YP,AFF,AMRS,CN,SML,CFP(5)
0010 2,SWM(5),SFC(5),DK(5)
0011 COMMON /BK6/ VRF(5),VRS(5),VR(5),BR1(5),BR2(5),RRR(5),FR(5),
0012 1 CSR(5),CFR(5),QDR
0013 COMMON /BK8/ KR1,KR2,KR3,KR4,KW,KW1,KW2
0014 S1=VR(J)
0015 YP=0.
0016 PQ1=PQ
0017 CS1=CSR(J)
0018 SA=BR1(J)*VR(J)**BR2(J)
0019 EV=6.*EO*SA
0020 SP=HC(J)*SA*240.
0021 R1=R(IDA)*SA*10.
0022 AFR=AFF*FR(J)
0023 Q1=QDR*10.*(AFR/10.-SA)
0024 VR(J)=VR(J)-SP-EV+R1+Q1
0025 IF (VR(J).GE.0.) GO TO 2
0026 VV=VR(J)
0027 SP=SP+VR(J)
0028 IF (SP.GE.0.) GO TO 1
0029 EV=EV+SP
0030 SP=0.
0031 1 VR(J)=0.
0032 WRITE (KW,8) J,VV,SP,EV,VR(J)
0033 GO TO 7
0034 2 VRR=VR(J)-VRF(J)
0035 O=0.
0036 IF (VRR.LE.0.) GO TO 3
0037 O=VRR
0038 WRITE(KW,9) J,O
0039 3 VVR=VR(J)-VRS(J)
0040 IF (VVR.LE.0.) GO TO 6
0041 IF (VVR.GT.RRR(J)) GO TO 4
0042 O=O+VVR
0043 GO TO 5
0044 4 O=RRR(J)+O
0045 5 VR(J)=VR(J)-O
0046 6 O2=O/2.
0047 CSR(J)=(PQ-CS1*(O2-S1))/(VR(J)+O2+1.E-10)
0048 S1=(CS1+CSR(J))*O2

```

&XMON T=00004 IS ON CR00024 USING 00006 BLKS R=0000

```

0001 FTN
0002 SUBROUTINE XMON
0003 C ESTA SUBROUTINA DETERMINA EL MES DANDO LE EL DIA DEL AÑO
0004 COMMON /BK3/ ALAI(5),SALB(5),DM(5),RD(5),UW,EP,ES,RAIN,WS,JE,J,IDA
0005 COMMON /BK4/ NC(13),IYR,NT,MO
0006 IF (IDA.LE.NC(2)) GO TO 2
0007 DO 1 MO=2,12
0008 M1=MO+1
0009 NDA=NC(M1)-NT
0010 IF (IDA.LE.NDA) GO TO 3
0011 1 CONTINUE
0012 2 MO=1
0013 3 RETURN
0014 END
0015 FUNCTION AHU (AMP,PIT,TAV,J,K)
0016 C ESTA SUBROUTINA ACUMULA UNIDADES DE CALOR Y RADIACION PARA CALCULAR
0017 C LAS UNIDADES DE CALOR POTENCIALES PARA CADA CULTIVO ANTES QUE LA
0018 DIMENSION TG(12)
0019 AHU=0.
0020 DO 1 L=J,K
0021 XL=L
0022 TA=TAV+AMP*COS((XL-200.)/PIT)
0023 IF (TA.LE.0.) GO TO 1
0024 AHU=AHU+TA
0025 1 CONTINUE
0026 RETURN
0027 END
0028 FUNCTION JDT (NC,I,M,NT)
0029 C ESTA SUBROUTINA CALCULA EL DIA DEL AÑO DANDO LE EL MES Y EL DIA DEL
0030 C MES.
0031 DIMENSION NC(13)
0032 IF (M.GT.2) GO TO 1
0033 JDT=NC(M)+I
0034 GO TO 2
0035 1 JDT=NC(M)-NT+I
0036 2 RETURN
0037 END
0038 FUNCTION ICL (ID)
0039 C ESTA FUNCTION CALCULA EL DIA DEL MES DANDO LE EL DIA DEL CALENDARIO
0040 C JULIANO.
0041 COMMON /BK4/ NC(13),IYR,NT,MO
0042 IF (MO.GT.2) GO TO 1
0043 ICL=ID-NC(MO)
0044 GO TO 2
0045 1 ICL=ID-NC(MO)+NT
0046 2 RETURN
0047 END

```

&POND T=00004 IS ON CR00024 USING 00006 BLKS R=0000

```

0001 FTN
0002 $EMA/BK1/,/BK5/
0003 SUBROUTINE POND
0004 C ESTA SUBRUTINA TRANSITA EL AGUA Y SEDIMENTOS EN LAS LAGUNAS, TAM-
0005 C BIEN CALCULA LA EVAPORACION Y LA FILTRACION EN LAS MISMAS
0006 COMMON /BK2/ S(5),S2(5),SW(5),GR(5),TU,EO
0007 COMMON /BK3/ ALAI(5),SALB(5),DM(5),RD(5),UW,EP,ES,RAIN,WS,JE,J,IDA
0008 COMMON /BK5/ R(366),VMX(5),V(5),FLU(6),BP(5),HC(5),HCR(5),FP(5),CS
0009 1(5),SK(5),SMX(5),EV,SP,R1,Q1,O,QD,AF,PQ,YP,AFF,AMPS,CN,SML,CFP(5)
0010 2,SWM(5),SFC(5),DK(5)
0011 COMMON /BK8/ KR1,KR2,KR3,KR4,KW,KW1,KW2
0012 S1=V(J)
0013 YP=0.
0014 PQ1=PQ
0015 CS1=CS(J)
0016 SA=BP(J)*V(J)**.9
0017 EV=6.*EO*SA
0018 SP=HC(J)*SA*240.
0019 R1=R(IDA)*SA*10.
0020 AFP=AFF*FP(J)
0021 Q1=QD*10.*(AFP/10.-SA)
0022 V(J)=V(J)-SP-EV+R1+Q1
0023 IF (V(J).GE.0.) GO TO 2
0024 VV=V(J)
0025 SP=SP+V(J)
0026 IF (SP.GE.0.) GO TO 1
0027 EV=EV+SP
0028 SP=0.
0029 1 V(J)=0.
0030 WRITE (KW,6) J,VV,SP,EV,V(J)
0031 GO TO 5
0032 2 IF (V(J).GT.VMX(J)) GO TO 3
0033 O=0.
0034 GO TO 4
0035 3 O=V(J)-VMX(J)
0036 V(J)=VMX(J)
0037 4 O2=O/2.
0038 CS(J)=(PQ-CS1*(O2-S1))/(V(J)+O2+1.E-10)
0039 YP=(CS1+CS(J))*O2
0040 PQ=(QD*AFP-O)/AFF
0041 CS(J)=(CS(J)-CFP(J))*SK(J)+CFP(J)
0042 AMPS=S1*CS1+PQ1-YP-CS(J)*V(J)
0043 5 RETURN
0044 6 FORMAT (T5,'POND STORAGE = 0(AREA ',I2,' )',4E13.5)
0045 END

```

&TSTR T=00004 IS ON CR00024 USING 00003 BLKS R=0000

```

0001 FTN
0002     SUBROUTINE TSTR(TGX)
0003     COMMON /BK3/ ALAI(5),SALB(5),DM(5),RD(5),UW,EP,ES,RAIN,WS,JE,J,IDA
0004     COMMON /BK7/ RST(12,3),T0(5),PRW(2,12),OBMX(12),OBMN(12),
0005     1OBSL(12),CVT(12),CVS(12),WFT(12),SUBP(5),SNO(5),SNOEV,K1(4),K2(4),
0006     2 K3(4),K4(4),K5(4),K6(4),K7(4),K8(4),K9(4),
0007     2 V1,V3,V5,V7,RA,TMXG,TMNG,RMX,YLS,YLC,PIT,ST0,AMP,AVT,TS,
0008     3 NSIM,MSIM,LW,TMX(5),TMN(5),TX(5),TB(5),T0(5),DMM(12,5),DMI(5)
0009     IF(TX(J).GT.T0(J))TGX=2.*T0(J)-TB(J)-TX(J)
0010     RTO=((T0(J)-TX(J))/TGX)**2
0011     IF(RTO.GT.200.) GO TO 1
0012     TS = EXP(-0.1054*RTO)
0013     GO TO 2
0014 1     TS = 0.
0015 2     IF(TMN(J).LE.AVT-15.) TS=0.
0016     RETURN
0017     END

```

www.bdigital.ula.ve

&SWU T=00004 IS ON CR00024 USING 00007 BLKS R=0000

```

0001 FTN
0002 $EMA/BK1/,/BK5/
0003     SUBROUTINE SWU
0004 C     ESTA SUBRUTINA DISTRIBUYE LA EVAPORACION POTENCIAL DE LAS PLANTAS
0005 C     A TRAVES DE LA ZONA RADICULAR Y CALCULA EL USO DE AGUA ACTUAL EN
0006 C     LAS PLANTAS BASADO EN EL AGUA APROVECHABLE EN EL SUELO, TAMBIEN
0007 C     ESTIMA EL FACTOR DE FUERZA DEL AGUA A SER USADO EN CRPMOD.
0008     COMMON /BK1/ST(10,5),UL(10,5),CLA(10,5),SC(10,5),HK(10,5),FC(10,5)
0009     1,T(10,5),Z(10,5),WF(2,5),G(5),RT(5),ABD(5),UB,UOB,SEP,PRK,SWW,
0010     1 SU,NS,J1,J2,LU,IRD(5),CF(5),BCV(5)
0011     COMMON /BK3/ ALAI(5),SALB(5),DM(5),RD(5),UW,EP,ES,RAIN,WS,JE,J,IDA
0012     COMMON /BK8/ KR1,KR2,KR3,KR4,KW,KW1,KW2
0013     DIMENSION U(10)
0014     DO 1 K=1,NS
0015         U(K)=0.
0016     1 CONTINUE
0017     IF (EP.GT.0.) GO TO 10
0018     WS=0.
0019     GO TO 7
0020 10    K=1
0021     IR=0
0022     SUM=0.
0023     IF(IRD(J).NE.1) GO TO 8
0024     RD(J)=2.5*G(J)*Z(NS,J)
0025     IF(RD(J).LE.Z(NS,J))GO TO 9
0026 8    RD(J)=Z(NS,J)
0027 9    XX=0.
0028     DO 6 K=1,NS
0029     IF(IR.GT.0) GO TO 11
0030         IF (RD(J).GT.Z(K,J)) GO TO 2
0031         GX=RD(J)
0032         IR=K
0033         GO TO 3
0034 2    GX=Z(K,J)
0035 3    IF(RD(J).GT.0.) GO TO 13
0036     SUM=EP/UOB
0037     GO TO 14
0038 13    SUM=EP*(1.-EXP(-UB*GX/RD(J)))/UOB
0039 14    U(K)=SUM-XX
0040     UL4=UL(K,J)/4.
0041     IF (ST(K,J).GE.UL4) GO TO 4
0042     U(K)=U(K)*ST(K,J)/UL4
0043 4    IF (ST(K,J).GE.U(K)) GO TO 5
0044     U(K)=ST(K,J)
0045 5    ST(K,J)=ST(K,J)-U(K)
0046     XX=XX+U(K)
0047     6 CONTINUE
0048 11    WS=XX/EP

```

```
0049      EP=XX  
0050  7    RETURN  
0051      END
```

www.bdigital.ula.ve

&DATA T=00004 IS ON CR00024 USING 00007 BLKS R=0000

```

0001 FTN7X
0002 $EMA/BK1/,/BK9/
0003 BLOCK DATA
0004 C SUBROUTINE--INITIALIZES VARIABLES THAT ARE IN COMMON. IT ALSO
0005 C CONTAINS TILLAGE OPERATION FACTORS AND GENERATOR SEEDS FOR THE
0006 C WEATHER GENERATOR
0007 COMMON /BK1/ST(10,5),UL(10,5),CLA(10,5),SC(10,5),HK(10,5),FC(10,5)
0008 1,T(10,5),Z(10,5),WF(2,5),G(5),RT(5),ABD(5),UB,UOB,SEP,PRK,SWW,
0009 1 SU,NS,J1,J2,LU,IRD(5),CF(5),BCV(5)
0010 COMMON /BK2/ S1(5),S2(5),SW(5),GR(5),TU,EO
0011 COMMON /BK4/ NC(13),IYR,NT,MO
0012 COMMON /BK7/ RST(12,3),T0(5),PRW(2,12),OBMX(12),OBMN(12),
0013 1OBSL(12),CVT(12),CVS(12),WFT(12),SUBP(5),SNO(5),SNOEV,K1(4),K2(4),
0014 2 K3(4),K4(4),K5(4),K6(4),K7(4),K8(4),K9(4),
0015 2 V1,V3,V5,V7,RA,TMXG,TMNG,RMX,YLS,YLC,PIT,ST0,AMP,AVT,TS,
0016 3 NSIM,MSIM,LW,TMX(5),TMN(5),TX(5),TB(5),TO(5),DMM(12,5),DM1(5)
0017 COMMON /BK8/ KR1,KR2,KR3,KR4,KW,KW1,KW2
0018 COMMON /BK9/ HYD(250,5),WI(12),TC(6),AL(5),AB,AB1,RN1,R1,PR,LU1
0019 *,VO,NMB,TP,TR,DDT
0020 COMMON /BK10/ CVM(5),CV(5),RSD(5),EK(5),YD,C,PHU(5),BLAI(5),IPL(5)
0021 *,IHV(5),ITIL(5),TF(4),TILOP(8),RSDI(4),DM2(5)
0022 DATA K1/9,98,915,92/,K2/135,28,203,85/,K3/43,54,619,33/,K4/645,9,
0023 *948,65/,K5/885,41,696,62/,K6/51,78,648,0/,K7/227,57,929,37/,K8/205
0024 1,90,215,31/,K9/320,73,631,49/
0025 DATA TILOP/'FALL','PLOW','SPRG','PLOW','CONS','TILL','ZERO','TILL'
0026 */,TF/.05,.25,.50,1.0/,RSDI/300.,1000.,3000.,8000./
0027 DATA NC/0,31,60,91,121,152,182,213,244,274,305,335,366/,
0028 1 NT/1/,KR1,KR2,KR3,KR4,KW,KW1,KW2/2,2,2,2,6,4,7/,TU/6./,LW/1/,
0029 2 PIT/58.13/,DM2/5*0./,DMM/60*0./,DM1/5*0./,TB/5*10./
0030 3,TO/5*25./
0031 END

```

&ICL T=00004 IS ON CR00024 USING 00002 BLKS R=0000

```
0001 FTN
0002     FUNCTION ICL (ID)
0003 C     ESTA FUNCION CALCULA EL DIA DEL MES DANDOLE EL DIA DEL CALEN
0004 C     DARIO JULIANO.
0005     COMMON /BK4/ NC(13),IYR,NT,MO
0006     IF (MO.GT.2) GO TO 1
0007     ICL=ID-NC(MO)
0008     GO TO 2
0009     1 ICL=ID-NC(MO)+NT
0010     2 RETURN
0011     END
```

www.bdigital.ula.ve

&JDT T=00004 IS ON CR00024 USING 00002 BLKS R=0000

```
0001 FTN
0002     FUNCTION JDT (NC,I,M,NT)
0003 C     ESTA SUBROUTINA CALCULA EL DIA DEL AÑO DANDOLE EL MES Y EL DIA DEL
0004 C     MES.
0005     DIMENSION NC(13)
0006     IF (M.GT.2) GO TO 1
0007     JDT=NC(M)+I
0008     GO TO 2
0009     1 JDT=NC(M)-NT+I
0010     2 RETURN
0011     END
```

www.bdigital.ula.ve

&AHU T=00004 IS ON CR00024 USING 00002 BLKS R=0000

```
0001 FTN
0002     FUNCTION AHU (AMP,PIT,TAV,J,K)
0003 C     ESTA SUBROUTINA ACUMULA UNIDADES DE CALOR Y RADIACION PARA CALCULAR
0004 C     LAS UNIDADES DE CALOR POTENCIALES PARA CADA CULTIVO ANTES QUE LA
0005 C     SIMULACION COMIENZE
0006     DIMENSION TG(12)
0007     AHU=0.
0008     DO 1 L=J,K
0009         XL=L
0010         TA=TAV+AMP*COS((XL-200.)/PIT)
0011         IF (TA.LE.0.) GO TO 1
0012         AHU=AHU+TA
0013     1 CONTINUE
0014     RETURN
0015     END
```

www.bdigital.ula.ve

&VBL T=00004 IS ON CR00024 USING 00003 BLKS R=0000

```

0001 FTN
0002 $EMA/BK1/,/BK5/
0003 SUBROUTINE VBL (EV,SP,PP,QIN,O,V,VY,YI,YO,YS,VX,C,AKM)
0004 C   ESTA SUBROUTINA CHEQUEA EL BALANCE DE AGUA Y SEDIMENTO PARA LAG
0005 C   Y RESERVORIOS AL FINAL DE LA SIMULACION
0006 COMMON /BK1/ST(10,5),UL(10,5),CLA(10,5),SC(10,5),HK(10,5),FC(10,5)
0007      1,T(10,5),Z(10,5),WF(2,5),G(5),RT(5),ABD(5),UB,UOB,SEP,PRK,SWW,
0008      1,SU,NS,J1,J2,LU,IRD(5),CF(5),BCV(5)
0009 COMMON /BK8/ KR1,KR2,KR3,KR4,KW,KW1,KW2
0010 DIMENSION VX(5), C(5)
0011 VYF=0.
0012 VF=0.
0013 DO 1 I=1,LU
0014     VF=VF+VX(I)
0015     VYF=VYF+VX(I)*C(I)
0016 1 CONTINUE
0017 DFW=V-EV-SP+QIN+PP-O-VF
0018 DFY=VY+YI-YO-YS-VYF
0019 V=.1*DFW/AKM
0020 VY=DFY/AKM
0021 RETURN
0022 END

```

&SWBL T=00004 IS ON CR00024 USING 00003 BLKS R=0000

```
0001 FTN
0002 $EMA/BK1/,/BK5/
0003 SUBROUTINE SWBL (P,Q,ET,SSF,O,SX,BST,SNOEV,TRANL)
0004 C ESTA SUBROUTINA CHEQUEA EL BALANCE DE AGUA DEL SUELO AL FINAL DE LA
0005 C SIMULACION.
0006 COMMON /BK1/ST(10,5),UL(10,5),CLA(10,5),SC(10,5),HK(10,5),FC(10,5)
0007 1,T(10,5),Z(10,5),WF(2,5),G(5),RT(5),ABD(5),UB,UOB,SEP,PRK,SWW,
0008 1 SU,NS,J1,J2,LU,IRD(5),CF(5),BCV(5)
0009 COMMON /BK5/ R(366),VMX(5),V(5),FLU(6),BP(5),HC(5),HCR(5),FP(5),CS
0010 1(5),SK(5),SMX(5),VVL,SPL,RL,SQL,DL,QD,AF,PQ,YP,AFF,AMPS,CN,
0011 2 SML,CFP(5),SWM(5),SFC(5),DK(5)
0012 COMMON /BK8/ KR1,KR2,KR3,KR4,KW,KW1,KW2
0013 SWW=SWW+P-Q-SSF-BST-ET-O-SX+SNOEV+TRANL
0014 RETURN
0015 C
0016 END
```

www.bdigital.ula.ve

www.bdigital.ula.ve

www.bdigital.ula.ve
A P E N D I C E 3
TABLAS PARA EL ANALISIS DE SENSIBILIDAD

www.bdigital.ula.ve

Tabla 3.1. Variación del factor C (creciente) para el Análisis de Sensibilidad.

Valor de C	% Variac.	Prod. de Sed. de la C (T/ha)	% Variac.
0.003-0.004	100%	1.714	94
0.006-0.008		3.316	
0.006-0.008	90%	3.316	87%
0.0114-0.0152		6.201	
0.0114-0.152	80%	6.201	81
0.021-0.027		11.249	
0.021-0.027	70%	11.249	71
0.036-0.046		19.262	
0.036-0.046	60	19.262	60
0.058-0.074		30.826	
0.058-0.074	50	30.826	50
0.087-0.11		46.183	
0.087-0.111	40	46.183	40
0.122-0.155		64.665	
0.122-0.155	35	64.665	35
0.165-0.21		87.448	
0.165-0.21	30	87.448	30
0.215-0.27		213.62	
0.215-0.27	25	113.62	25
0.269-0.338		142.144	
0.269-0.338	20	142.144	20
0.323-0.406		170.669	
0.323-0.406	15	170.669	15
0.371-0.47		196.311	

CIBINT

BANCO DE PROGRAMAS

INSTITUTO VENEZOLANO DE
ESTADÍSTICA Y CANTIDAD DE
SERVICIOS Y TIENEAS

PROGRAMA: SWRRB

CODIGO:

LENGUAJE

FORTRAN

PAG.

8

TARJETA	VARIABLE	FORMATO	DESCRIPCION	UNIDADES	OPSERVACIONES
39	VRS	10 F8.3	Volumen necesario para llenar el aliviadero principal	mm	El rango está entre 0 - 100
40	VR	10 F8.3	Volumen inicial en el embalse	mm	El rango está entre 0 - 100
41	RRR	10 F8.3	Tasa promedio de descarga del aliviadero principal	m ³ /s/km ²	El rango está entre 0 - 1
42	CSR	10 F8.3	Concentración inicial de sedimentos en el embalse	ppm	El rango está entre 0 - 5000
43	CFR	10 F8.3	Concentración normal de sedimentos en el embalse	ppm	
44	HCR	10 F8.3	Conductividad hidráulica en el fondo del embalse	mm/hr	
45	Z	10 F8.3	Profundidad en el fondo del estrato	mm	El rango está entre 10 - 3500
46	TJ	10 F8.3	Densidad de volumen	t/m ³	El rango está entre 0.05 - 2.6

270

Tabla 3.2. Variación del factor C (decreciente) para el
Análisis de Sensibilidad.

Rango de Valores C	% Variac.	Prod. Sed. de la C	% Variac.
0.45 - 0.43		219.858	
0.383- 0.366	15%	187.150	15
0.383- 0.360	20	187.150	21
0.306-0.288		147.663	
0.306-0.288	25	147.663	25
0.230-0.216		110.815	
0.230-0.216	30	110.815	30
0.16 -0.151		77.438	
0.16 - 0.151	35	77.438	34
0.104-0.100		51.163	
0.104-0.106	40	51.163	38
0.062-0.064		31.724	
0.104-0.106	50	51.163	48
0.052-0.053		26.571	
0.0.61-0.069	60	31.724	60
0.025-0.026		12.874	
0.104-0.106	70	51.163	69
0.034-0.031		16.079	
0.034-0.031	80	16.079	80
0.007-0.06		3.235	
0.104-0.106	90	51.163	90
0.010-0.011		5.265	

Tabla 3.3. Variación del factor K (creciente) para el
Análisis de Sensibilidad.

Rango de Valores K	% Variac.	Prod. Sed. de la C (T/ha)	% Variac.
0.13 - 0.15	20	2.417	20
0.16 - 0.18		2.908	
0.16 - 0.18	25	2.908	26
0.20 - 0.23		3.652	
0.20 - 0.23	30	3.652	27
0.26 - 0.29		4.634	
0.29 - 0.29	35	4.634	34
0.35 - 0.39		6.196	
0.35 - 0.39	40	6.196	40
0.49 - 0.546		8.666	
0.26 - 0.29	50	4.634	50
0.39 - 0.44		6.940	
0.39 - 0.44	60	6.940	58
0.62 - 0.70		10.973	
0.26 - 0.29	70	4.634	67
0.44 - 0.49		7.759	
0.35 - 0.39	80	6.196	78
0.63 - 0.70		11.047	
0.16 - 0.18	90	2.908	84
0.30 - 0.34		5.378	
0.30 - 0.34	100	5.378	98
0.60 - 0.68		10.645	

Tabla 3.4. Variación del factor K (decreciente) para el Análisis de Sensibilidad.

Rango de Valores K	% Variac.	Prod. Sed. Cuen (T/ha)	% Variac.
0.80 - 0.78	10%	13.054	10
0.72 - 0.70		11.745	
0.72 - 0.70	15%	11.745	15
0.612- 0.60		10.037	
0.612- 0.60	20%	10.037	20
0.49 - 0.48		8.055	
0.49 - 0.48	25%	8.055	24
0.37 - 0.36		6.092	
0.37 - 0.36	30%	6.092	30
0.26 - 0.25		4.292	
0.26 - 0.25	35%	4.292	34
0.17 - 0.16		2.819	
0.612- 0.60	40%	10.037	39
0.37 - 0.36		6.092	
0.72 - 0.70	50%	11.745	50
0.36 - 0.35		5.928	
0.80 - 0.78	60%	13.054	60
0.32 - 0.31		5.273	
0.81 - 0.79	70%	13.218	70
0.24 - 0.23		3.964	
0.81 - 0.74	80%	13.218	80
0.162- 0.158		2.655	

Tabla 3.5. Variación del factor S (creciente) para el
Análisis de Sensibilidad.

Rango de Valores S	% Variac.	Prod. Sed. Cuenca	% Variac.
0.11 - 0.13	100%	3.235	225
0.22 - 0.26		10.512	
0.19 - 0.22	90%	7.859	222
0.36 - 0.42		25.288	
0.19 - 0.22	80%	7.859	176
0.34 - 0.40		21.719	
0.11 - 0.13	70%	3.235	143
0.19 - 0.22		7.859	
0.19 - 0.22	60%	7.859	130
0.30 - 0.35		18.077	
0.07 - 0.10	50%	1.928	93.4
0.11 - 0.15		3.728	
0.05 - 0.07	40%	1.159	66
0.07 - 0.10		1.928	
0.18 - 0.24	35%	11.092	26
0.24 - 0.32		14.026	
0.24 - 0.32	30%	14.026	64
0.31 - 0.42		23.004	
0.18 - 0.24	25%	11.092	13
0.23 - 0.30		12.528	
0.23 - 0.30	20%	12.528	41
0.28 - 0.30		17.608	

Tabla 3.6. Variación del factor S (decreciente) para el
Análisis de Sensibilidad.

Rango de Valores S	% Variac.	Prod. Sed. Cuenca	% Variac.
0.40 - 0.36	15	23.988	26
0.34 - 0.32		17.797	
0.34 - 0.31	20	17.797	33
0.27 - 0.25		11.872	
0.27 - 0.25	25	11.872	40
0.20 - 0.19		7.163	
0.20 - 0.19	30	7.163	46
0.14 - 0.13		3.886	
0.20 - 0.19	35	7,163	52
0.13 - 0.12		3.435	
0.27 - 0.25	40	11.872	59
0.16 - 0.15		4.869	
0.34 - 0.31	50	17.797	70
0.17 - 0.16		5.301	
0.34 - 0.31	60	17.797	79
0.14 - 0.12		3.674	
0.41 - 0.37	70	25.165	88
0.12 - 0.11		3.01	
0.40 - 0.36	80	23.988	93
0.08 - 0.07		1.575	

Tabla 3.7. Variación del factor P (creciente) para el
Análisis de Sensibilidad.

Rango de Valores de P	% Variac.	Prod. de Sed.	% Variac.
0.10 - 0.17	90	0.465	70
0.19 - 0.23		0.788	
0.19 - 0.23	80	0.788	68
0.34 - 0.41		1.321	
0.34 - 0.41	70	1.321	65
0.58 - 0.70		2.177	
0.34 - 0.41	60	1.321	55
0.54 - 0.66		2.053	
0.54 - 0.66	50	2.053	44
0.81 - 0.99		2.955	
0.54 - 0.66	40	2.053	38
0.76 - 0.92		2.823	
0.10 - 0.12	35	0.465	27
0.14 - 0.16		0.590	
0.14 - 0.16	30	0.596	24
0.18 - 0.21		0.738	
0.18 - 0.21	25	0.738	22
0.23 - 0.26		0.895	
0.34 - 0.41	20	1.321	18
0.41 - 0.49		1.563	
0.41 - 0.49	15	1.563	13
0.47 - 0.56		1.774	

Tabla 3.8. Variación del factor P (decreciente) para el Análisis de Sensibilidad.

Rango de Valores P	% Variac.	Prod. Sed. de la Cuenca	% Variac.
1 - 0.96	80	3.153	77
0.2- 0.19		0.718	
0.5 - 0.54	70	1.756	66
0.15- 0.16		0.603	
1 - 0.96	60	3.153	58
0.4 - 0.38		1.319	
1 - 0.96	50	3.153	48
0.5 - 0.48		1.632	
0.5 - 0.48	40	1.632	37
0.3 - 0.29		1.025	
0.3 - 0.29	35	1.025	30
0.2 - 0.19		0.718	
0.2 - 0.19	30	0.718	27
0.14- 0.13		0.525	
0.2 - 0.19	25	0.718	23
0.15- 0.14		0.556	
1 - 0.96	20	3.153	19
0.8 - 0.77		2.546	
0.8 - 0.77	19	2.546	15
0.68 - 0.65		2.171	

Tabla 3.9. Variación del factor λ (creciente) para el Análisis de Sensibilidad.

Rango de Valores λ	% Variac.	Prod. Sed. Cuenca	% Variac.
10 - 20	100	1.412	40
20 - 40		1.971	
20 - 40	90	1.971	36
38 - 76		2.678	
20 - 40	80	1.971	32
36 - 72		2.610	
20 - 40	70	1.971	29
34 - 68		2.540	
34 - 68	60	2.540	25
54.4 - 108.8		3.170	
34 - 68	50	2.540	21
51 - 102		3.076	
34 - 68	40	2.540	17
47.6 - 95.2		2.978	
47.6 - 95.2	35	2.978	15
64.3 - 128.5		3.425	
47.6 - 95.2	30	2.978	13
61.8 - 123.8		3.366	
47.6 - 95.2	25	2.978	11
59.5 - 119		3.311	
47.6 - 95.2	20	2.978	8
57.12 - 114.24		3.242	
47.6 - 95.2	15	2.978	6
54.7 - 109.48		3.179	

Tabla 3.10. Variación del Factor λ (decreciente) para el Análisis de Sensibilidad.

Rango de Valores λ	% Variac.	Prod. Sed. Cuenca.	% Variac.
125 - 117	80	3.704	54
125 - 23.4		1.721	
125 - 117	70	3.704	43
37.5 - 35		2.093	
125 - 117	60	3.704	35
50 - 46.8		2.405	
85.04 - 79.6	50	3.094	28
42.5 - 39.8		2.224	
29.02 - 27.2	40	1.849	22
17.4 - 16.3		1.444	
44.7 - 41.8	35	2.278	19
29.0 - 27.2		1.849	
63.8 - 59.7	30	2.701	16
44.7 - 41.8		2.278	
85.04 - 79.6	25	3.094	13
63.8 - 59.7		2.701	
106.3- 99.5	20	3.435	9
85.04-79.6		3.094	
125 - 117	15	3.704	7
106.3- 99.5		3.435	

Tabla 3.11. Variación del parámetro CN (creciente) para el Análisis de Sensibilidad.

Rango de Valores CN	% Variac.	Prod. Sed. Cuenca.	% Variac.
25 - 30	20	0.032	156
30 - 36		0.082	
30 - 36	25	0.082	176
38 - 45		0.226	
38 - 45	30	0.226	185
49 - 59		0.643	
49 - 59	35	0.643	337
60 - 80		2.812	
38 - 45	40	0.226	319
53 - 63		0.947	
38 - 45	50	0.226	514
57 - 68		1.388	
38 - 45	60	0.226	719
61 - 72		1.851	
38 - 45	70	0.226	10628
65 - 77		2.628	
30 - 36	80	0.082	12365
54 - 65		1.096	
30 - 65	90	0.082	15927
57 - 68		1.388	
30 - 36	100	0.082	2163
60 - 72		1.856	

Tabla 3.12, Variación del parámetro CN (decreciente) para el Análisis de Sensibilidad.

Rango de Valores CN	% Variac.	Prod. Sed. Cuenca	% Variac.
91 - 94 27 - 28	70	11.646 0.032	99
91 - 94 30 - 38	60	11.646 0.092	99
91 - 94 46 - 47	50	11.646 0.352	97
91 - 94 55 - 56	40	11.646 0.797	93
86 - 91 56 - 59	35	8.967 0.959	89
86 - 91 60 - 64	30	8.967 1.262	86
86 - 91 65 - 68	25	8.967 1.978	77
86 - 91 69 - 73	20	8.967 2.650	70
86 - 91 73 - 77	15	8.967 3.465	61

Tabla 3.13. Variación de la rugosidad de la vertiente
(creciente) para el Análisis de Sensibilidad.

Rango de Valores N	% Variac.	Prod. Sed. Cuenca	% Variac.
0.008 0.016	100	3.715 3.566	4
0.016 0.03	90	3.566 3.397	5
0.03 0.054	80	3.397 3.209	6
0.054 0.092	70	3.209 3.017	6
0.092 0.15	60	3.017 2.827	6
0.054 0.081	50	3.209 3.065	4.5
0.054 0.076	40	3.209 3.088	4
0.081 0.11	35	3.065 2.949	4
0.11 0.14	30	2.949 2.854	3
0.14 0.18	25	2.854 2.753	3.6
0.18 0.22	20	2.753 2.671	3.0
0.22 0.25	15	2.671 2.619	2

Tabla 3.14. Variación de la rugosidad de la vertiente n
(decreciente) para el Análisis de Sensibilidad.

Rango de Valores n	% Variac.	Prod. Sed. Cuenca	% Variac.
0.41 0.04	90	2.413 3.304	37
0.41 0.08	80	2.413 3.069	27
0.6 0.18	70	2.256 2.753	22
0.4 0.16	60	2.424 2.801	16
0.4 0.2	50	2.424 2.711	12
0.4 0.24	40	2.424 2.636	8
0.24 0.16	35	2.636 2.801	6
0.16 0.11	30	2.801 2.949	5
0.16 0.12	25	2.801 2.915	4
0.12 0.1	20	2.915 2.986	2
0.4 0.34	15	2.424 2.491	2.7

COSTOS DE PRODUCTOS QUIMICOS USADOS EN LA
PLANTA DE TRATAMIENTO DEL INOS

Gas cloro	3855	Bs/cilindro de 2000 lbs
Carbonato de sodio	1090,80	Bs/tonelada métrica
Hipoclorito de calcio	396,63	Bs/tambor de 42 kg.
Cal hidratada	930	Bs/tonelada métrica
Sílico fluoruro de sodio	3493,75	Bs/tonelada métrica
Polímero N-100	28087,5	Bs/tonelada métrica
Sulfato de aluminio	4134,38	Bs/tonelada métrica

INSTITUTO NACIONAL DE OBRAS SANITARIAS
PLANTA DE TRATAMIENTO "DR. ENRIQUE BOURGOIN"
SISTEMA MERIDA

CONSUMO DE SUSTANCIAS QUIMICAS
AÑO 1987

Mes	Gas cloro (kg)	Sulfato de aluminio (kg)	Cal (kg)	Carbonato de sodio (kg)	Polí- meros (kg)	Hipoclo- rito de calcio (kg)
Enero	8.267	30.679	36.353	11.250	20	125
Febrero	8.858	35.874	31.133	12.500	8	138
Marzo	8.431	30.745	36.390	11.250	13	106
Abril	7.642	40.540	24.401	27.500	19	125
Mayo	11.203	41.955	30.439	12.500	20	275
Junio	7.744	29.456	23.713	13.200	10	110
Julio	7.876	27.713	27.267	9.900	15	132
Agosto	9.559	36.445	32.885	7.500	15	165
Septiembre	10.134	45.996	25.429	12.500	21	219
Octubre	10.811	54.475	27.626	25.000	23	238
Noviembre	9.891	43.050	35.006	12.500	20	231
Diciembre	8.050	28.970	29.093	11.000	11	77