

MARNR - DHM

VENEZUELA

GTZ - RODECO

ALEMANIA

INFORME TECNICO

***SOBRE LA MISION DE CORTO PLAZO
SEDIMENTACION DE EMBALSES***

Elaborado por:

DAVID PEREZ HERNANDEZ

Caracas, Agosto de 1994

MARNR - DHM

VENEZUELA

GTZ - RODECO

ALEMANIA

INFORME TECNICO

***SOBRE LA MISION DE CORTO PLAZO
SEDIMENTACION DE EMBALSES***

Elaborado por:

DAVID PEREZ HERNANDEZ

Caracas, Agosto de 1994

III JORNADAS NACIONALES DE INGENIERIA HIDRAULICA

PROCEDIMIENTO COMPUTARIZADO PARA EL ANALISIS DEL ATRAPE Y DISTRIBUCION DE LOS SEDIMENTOS EN EMBALSES

Autor: David Pérez Hernández
Jefe del Dpto. de Investigaciones Hidrológicas
Dirección de Hidrología - M.A.R.N.R.
Caracas, Venezuela

RESUMEN

En este trabajo se presenta un método computarizado para realizar los cálculos fundamentales requeridos para el diseño, análisis y evaluación de la distribución del depósito sólido en los embalses, utilizándose los procedimientos sugeridos por Brunne, Borland y Miller, los cuales permiten calcular la eficiencia de atrape y la distribución de los sedimentos al cabo de un período dado de operación.

Además de analizarse los principios analíticos de cada procedimiento, se reporta un ejemplo práctico que ilustra los resultados obtenidos. El trabajo es un extracto del Apéndice A del estudio "Características Hidrofísicas y Conservación de los Recursos Naturales Renovables en la Cuenca de Unare. Venezuela Oriental", preparado por el mismo autor.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	
1. NATURALEZA Y OBJETIVOS A LOGRARSE CON EL MODELO.....	1
2. ESTRUCTURA DEL PROGRAMA.....	2
2.1 BLOQUE TRAP.....	2
2.2 BLOQUE APRA.....	5
2.3 BLOQUE DIST.....	6
REFERENCIAS.....	17
TERMINOS Y CONCEPTOS.....	18

GRAFICOS

No.	Pág.
1	SEDIMENTACION DE EMBALSES..... 3
2	SECCION LONGITUDINAL DEL DESARROLLO TIPICO DE UN DELTA <u>SE</u> DIMENTARIO EN UN EMBALSE..... 4
3	DISTRIBUCION DE LOS SEDIMENTOS EN UN EMBALSE USANDO EL <u>ME</u> TODO DE LAS AREAS INCREMENTADAS..... 4
4	RELACIONES ADIMENSIONALES AREAS-PROFUNDIDADES RELATIVAS EN EMBALSES PATRONES..... 7
5	CURVA DE EFICIENCIA DE ATRAPE SEGUN BRUNNE..... 7
6	ESQUEMA CONCEPTUAL DEL BLOQUE APRA DEL SISTEMA SEDEM..... 8
7	ESQUEMA CONCEPTUAL SIMPLIFICADO DEL BLOQUE DIST DEL <u>SISTE</u> MA SEDEM..... 12

TABLAS

No.	Pág.
1	SALIDA DEL PROGRAMA SEDEM. UN EJEMPLO..... 13
2	SALIDA DEL PROGRAMA SEDEM. UN EJEMPLO..... 14
3	SALIDA DEL PROGRAMA SEDEM. UN EJEMPLO..... 15
4	SALIDA DEL PROGRAMA SEDEM. UN EJEMPLO..... 16

INTRODUCCION

La construcción de un embalse en una cuenca contribuye a modificar sustancialmente la forma de transporte sólido al perturbarse el régimen hidráulico-hidrológico del sistema fluvial. En el mismo instante en que se reduce la velocidad del flujo, un exceso del transporte de sedimentos, comienza a acumularse en el embalse, evolucionando el depósito como una estructura deposicional compleja tipo delta, cuya forma y estabilidad están condicionadas por la interacción compleja de un gran número de factores tanto dependientes de las condiciones del flujo, la morfología del vaso del embalse, como de aquellas propiedades inherentes al tipo y magnitud del transporte de los sedimentos. De aquí que la predicción de la distribución y evolución de las estructuras deposicionales en estas obras hidráulicas sea una tarea harto difícil. De otra parte, para los ingenieros proyectistas como para planificadores del uso del agua y manejo del futuro embalse, es fundamental evaluar con antelación aspectos básicos relativos a la acción y efectos de los sedimentos, tales como disposición de sólidos, extensión del depósito, pérdida de la capacidad del embalse con el tiempo, espesores de acumulación, etc., lo cual es útil como vía de predecir curvas de remanso en los deltas, localización de tomas y conductos, estructuras de generación de potencia hidroeléctrica, definir facilidades recreacionales y manejar con un criterio de máxima eficiencia, el volumen útil del embalse.

Otro aspecto importante necesario de ser evaluado, es la eficiencia de atrape del sedimento. Estas cuestiones, sin embargo, requieren de una gran cantidad de cálculos numéricos que pueden ser salvados mediante el uso de procedimientos computarizados. Ellos han probado ser útiles cuando se dispone de suficiente información y especialmente en los embalses operados en los últimos 50 años, existen datos suficientes como para lograr la calibración y verificación, de forma que alcanzar algunos de estos objetivos es el propósito del modelo propuesto en este trabajo.

1. NATURALEZA Y OBJETIVOS A LOGRARSE CON EL MODELO

El modelo es de tipo matemático-estadístico y permite evaluar secuencialmente los siguientes aspectos en la fase de diseño de un embalse:

- Eficiencia de atrape de los sedimentos en el embalse y su variación en término del tiempo de utilización.
- Cambios del peso unitario de los sedimentos.
- Distribución de los sedimentos en el vaso del embalse y corrección de las curvas de alturas-áreas-capacidades, utilizando el método de las áreas incrementadas y finalmente,
- Hacer uso del procedimiento alterno del método de reducción empírico de las áreas.

Estos procedimientos se fundamentan en relaciones analíticas deducidas estadísticamente de mediciones en prototipos con largos años de operación en embalses, especialmente de EE.UU. y revisadas periódicamente para ajustarlas a diversas condiciones de operatividad. El programa se ha implementado en un computador IBM-370 del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables y está preparado en Lenguaje PL-1. El programa ha demostrado ser de utilidad en la evaluación de la sedimentación de 15 embalses de diversas características, ejecutados en la cuenca de Unare, la cual se localiza en la región nor-oriental de Venezuela.

2. ESTRUCTURA DEL PROGRAMA

El Programa está concebido de forma tal que, dado un embalse con sus características geométricas (curvas de alturas-áreas-capacidades), el rendimiento sólido-líquido de la cuenca y el peso unitario del sedimento, $\bar{\gamma}$, es factible definir la cantidad de sólidos atrapados en el embalse, la evolución del depósito sólido en el tiempo y además lograr la rectificación de las curvas de alturas-áreas-capacidades después de un largo período de operación. Estos aspectos son de importancia para el planeamiento del uso del agua y el aprovechamiento de estas obras, además de permitir conocer los posibles cambios futuros del depósito sólido, lo cual es de utilidad para los fines de diseño de algunas estructuras en las presas (tomas, conductos de alivio, descargas de fondo, etc.).

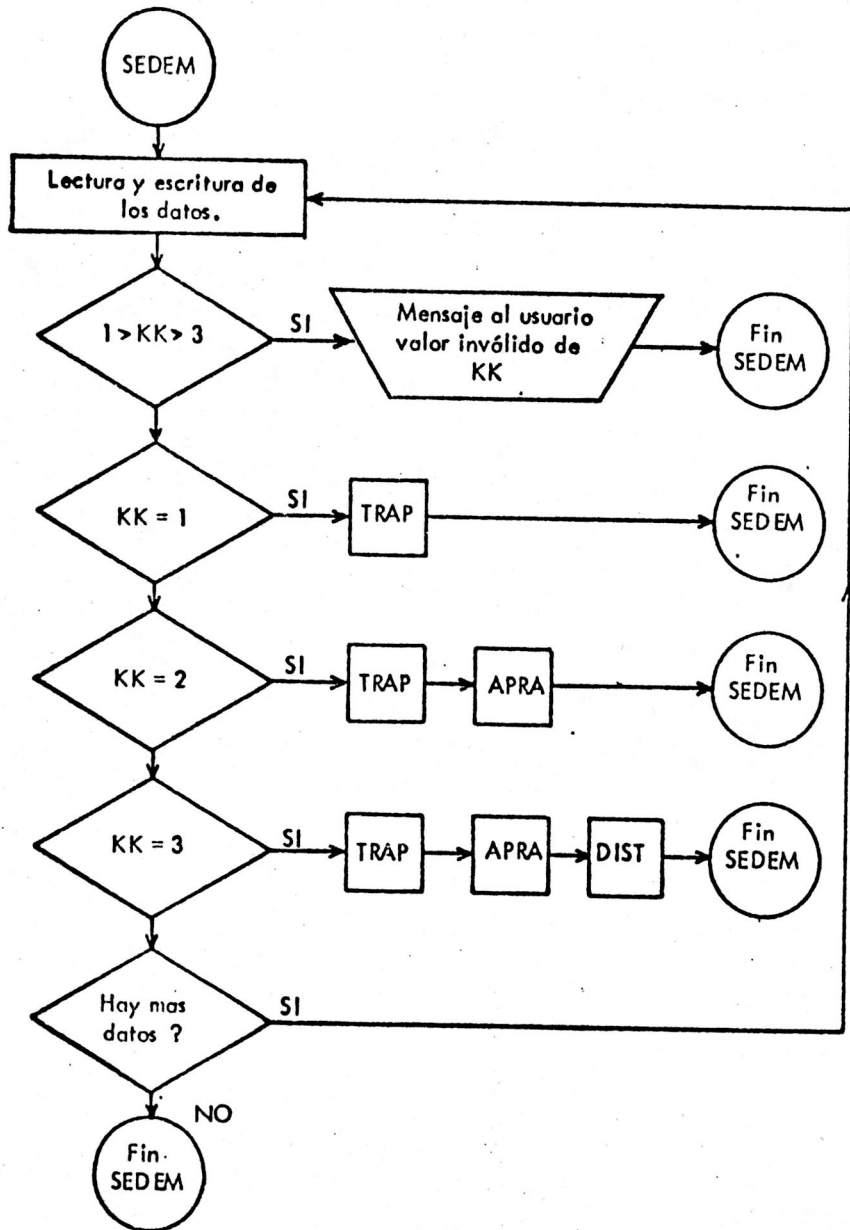
El Gráfico 1 muestra la estructura funcional y conceptual del sistema. El programa principal SEDEM realiza la lectura y verificación de los parámetros y datos de entrada, además de contener los bloques principales (TRAP, APRA, DIST), los cuales se ejecutan según el valor asignado a la variable de control (KK = 1,2,3), respectivamente.

2.1. BLOQUE TRAP

El Bloque TRAP (Gráfico No. 1), realiza la evaluación de la eficiencia de atrape del sedimento usando el criterio de Brunne, discriminando diferentes rangos de variación en la capacidad del embalse. El método asume que:

SEDIMENTACION DE EMBALSES

ESQUEMA SIMPLIFICADO DEL SISTEMA PARA EL CALCULO DE LA VIDA UTIL DE LOS EMBALSES Y DISTRIBUCION DEL DEPOSITO SOLIDO EN EL RESERVORIO



ESQUEMA CONCEPTUAL SIMPLIFICADO DEL BLOQUE TRAP DEL SISTEMA SEDEM

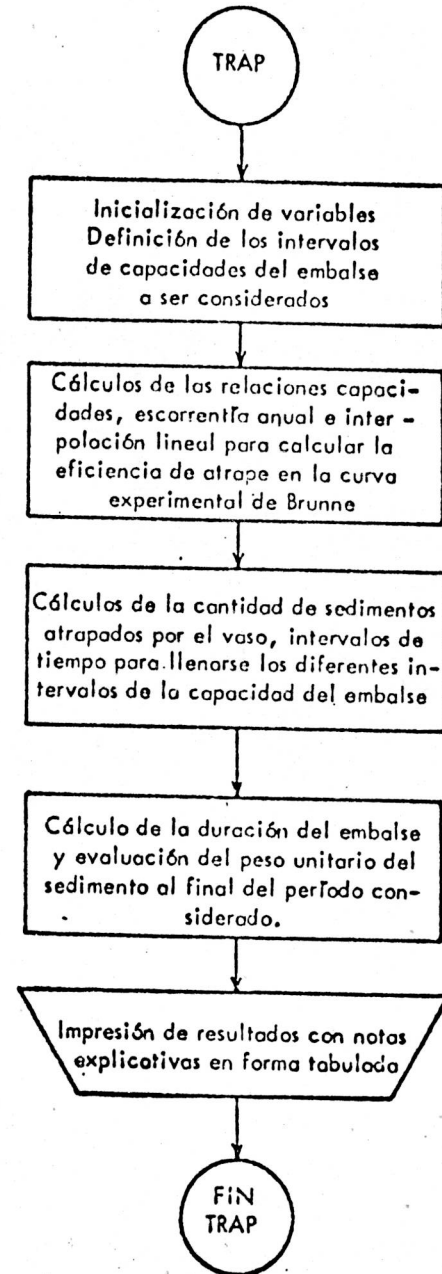
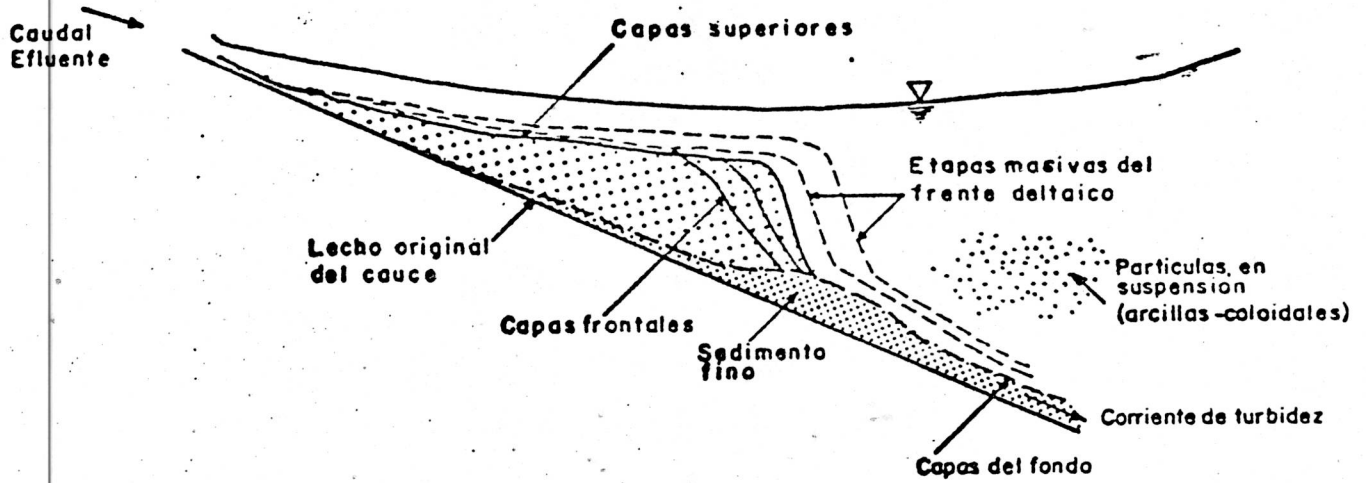
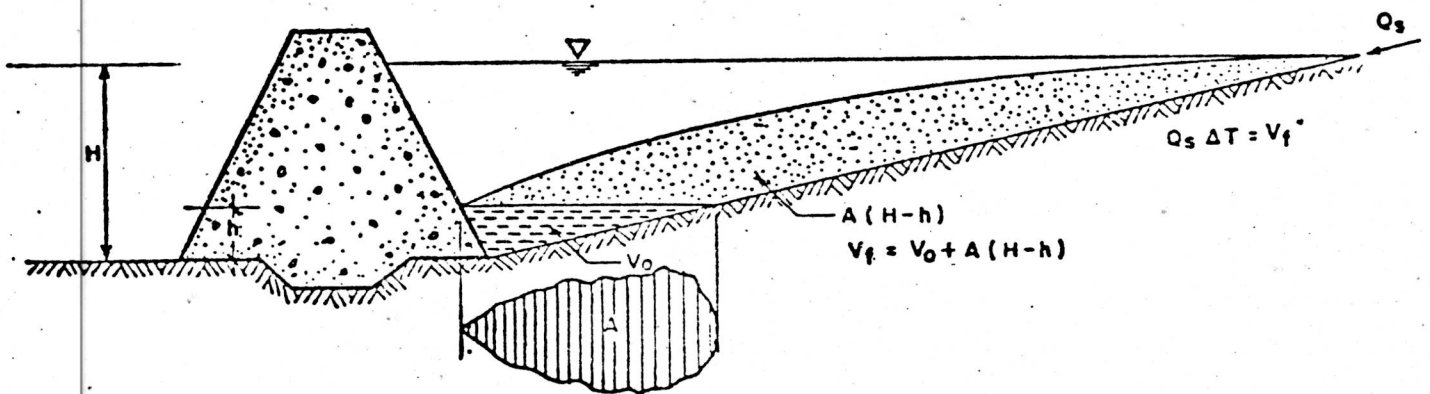


GRAFICO Nº 2



SECCION LONGITUDINAL DEL DESARROLLO TIPICO DE UN DELTA SEDIMENTARIO EN UN EMBALSE

GRAFICO Nº 3



DISTRIBUCION DE LOS SEDIMENTOS EN UN EMBALSE USANDO EL METODO DE LAS AREAS INCREMENTADAS.

$$(\%) T_o = f(\text{capacidad embalse/escorrimento anual}) \dots \dots (1-A)$$

En adición, el peso unitario del sedimento al cabo de un período de 100 años de operación es calculado usando las ecuaciones deducidas por Miller (1953) y las cuales se ajustan según el tipo de sedimento (fino predominante) y forma de operación del embalse (descensos moderados), usando la expresión deducida por Lara-Pemberton, que es de la forma:

$$\gamma_s = \gamma'_s + 0,434 k \left[\frac{2,3T}{T-1} L_{10}(T) - 1 \right] \dots \dots \dots (2-A)$$

relación que considera los cambios del peso unitario en el sedimento como consecuencia de la compactación del depósito con el tiempo. La expresión gráfica de la función de Brunne se muestra en el Gráfico No. 5 y la misma se pone en evidencia que la rata de atrape de los embalses disminuye conforme el tránsito del agua y sedimento a través del vaso se hace más efectivo a través del tiempo. Ello está condicionado bien por un exceso de la escorrentía respecto a la capacidad del embalse, o por el mismo carácter del material, que determina fundamentalmente la forma y tipo de su distribución.

En este sentido, algunos factores importantes a considerarse adicionalmente en los embalses de la cuenca de Unare, son:

- a. El carácter predominantemente fino de los materiales suministrados a los embalses.
- b. La presencia y abundancia de vegetación en los deltas y bordes de los embalses.
- c. La circulación interna del agua en los embalses condicionada por la acción de los vientos, oleaje, corrientes de turbidez, etc.
- d. Cambios y variaciones térmicas de las aguas, especialmente en áreas deláticas de escasa profundidad.

2.2 BLOQUE APRA

El Bloque APRA (Gráfico No. 6), permite ejecutar la distribución del depósito sólido usando el método de las áreas incrementadas. El método asume que el volumen sólido de un largo período se distribuye sobre el vaso según una relación de la forma:

$$V_f = \int_0^h A_h dy + K \int_h^H \frac{a}{A_h} dy \dots\dots\dots(3-A)$$

$$V_f = V_o + A(H-h) \dots\dots\dots(4-A)$$

para todo el depósito al cabo de n años de operación. (grafico N°3)

El proceso de cálculo verifica para los diferentes niveles del depósito sólido al pie de la presa si el volumen de sedimento a distribuirse, se aproxima dentro de un error permisible (error 2,5%), a la cantidad de sedimento suplido al embalse durante el período de vida útil considerado. Cuando ello no es logrado por la separación arbitraria asignada a los intervalos de elevación en las curvas de alturas-áreas-capacidades, entonces se orienta al usuario, a través de mensajes, a hacer las correcciones debidas en la entrada de datos.

2.3 BLOQUE DIST

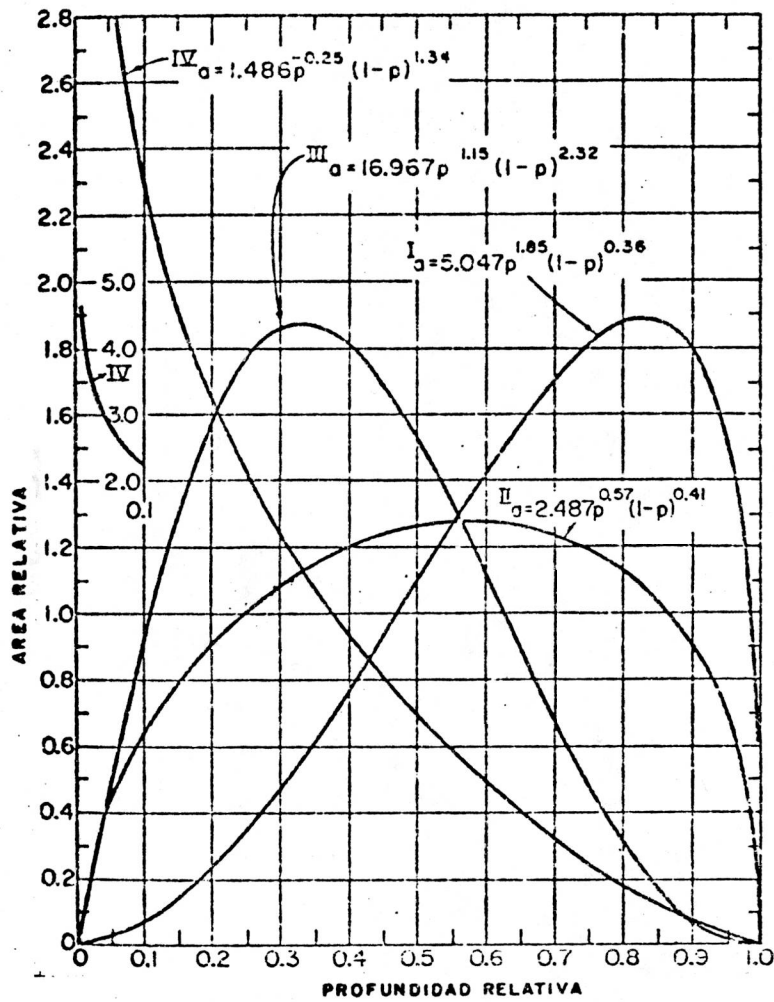
En este método (Gráfico No. 7), se define a partir de las curvas de altura-capacidades, la clasificación del embalse según el criterio de Van't Hut y se selecciona la forma standard apropiada para realizar la distribución del sedimento. Estas curvas han sido transformadas por Moody para ser aplicadas a las curvas de diseño, a través de relaciones experimentales de la forma general:

$$A_p = C_p^m (1-p)^n \dots\dots\dots(5-A)$$

El procedimiento permite predecir la distribución del depósito de acuerdo al método empírico modificado de las áreas reducidas, el cual es una forma transformada del método descrito anteriormente, mientras que la expresión (3-A) puede expresarse como:

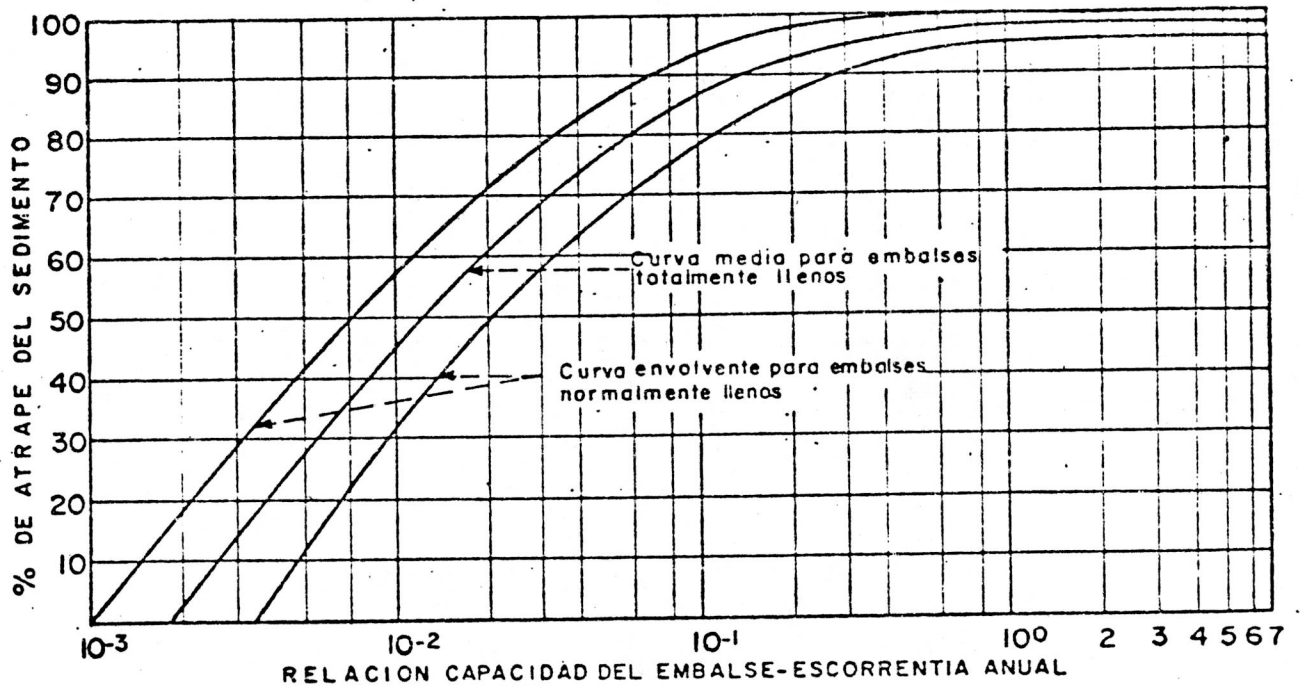
$$V = V_o + K \int_{P_o}^T \frac{a}{A} dp \dots\dots\dots(6-A)$$

GRAFICO Nº 4

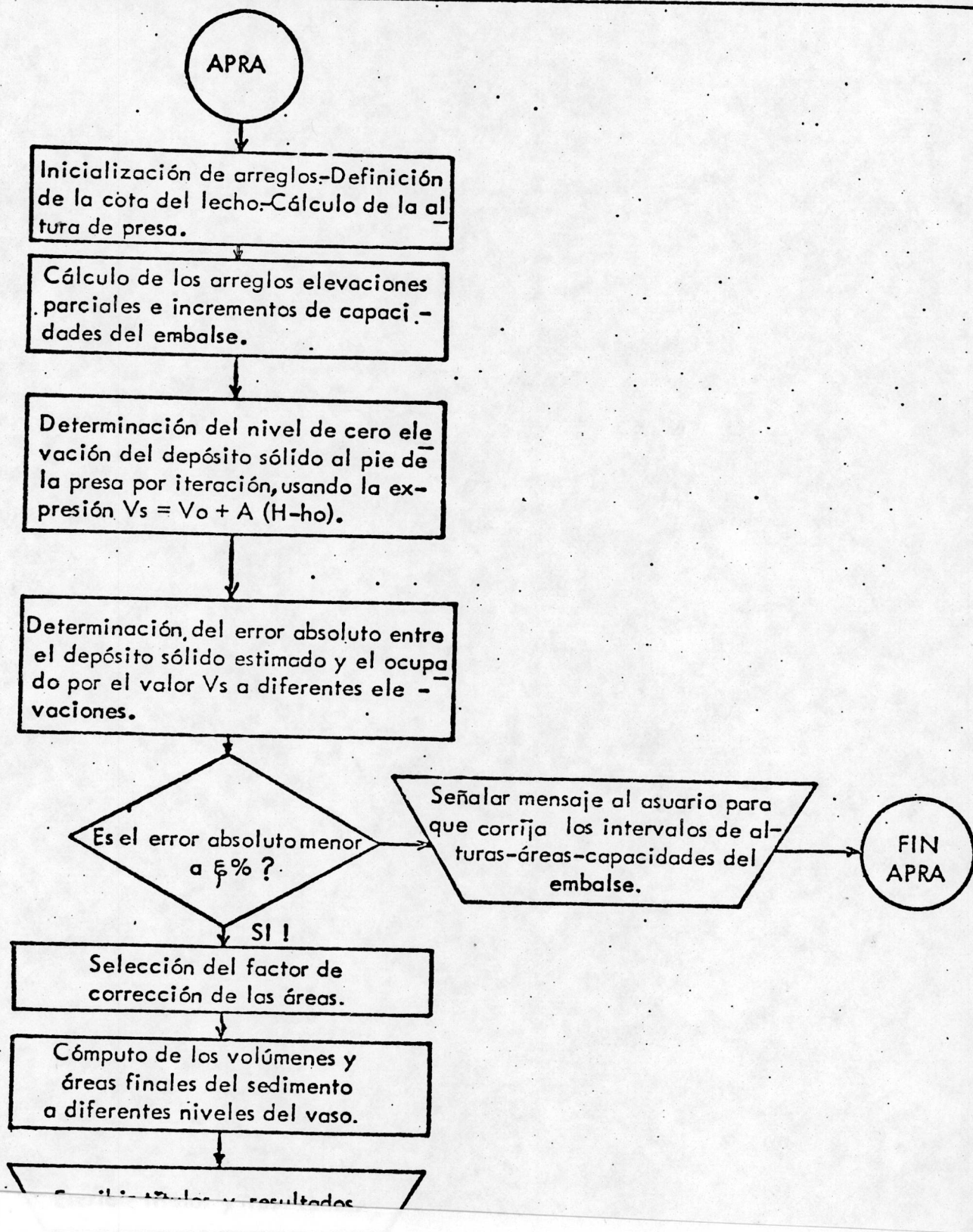


RELACIONES ADIMENSIONALES AREAS-PROFUNDIDADES RELATIVAS EN EMBALSES PATRONES.

GRAFICO Nº 5



CURVA DE EFICIENCIA DE ATRAPE SEGUN BRUNNE



La ecuación (6-A) para un valor definido de K puede indicarse en la forma:

$$V = V_0 + KH (1-V_0) \dots\dots\dots(8-A)$$

dado que:

$$V (A) = \int_0^h \frac{a}{A} dh \therefore V (1) = 1,0 \dots\dots\dots(9-A)$$

$$A = Ka_0 \dots\dots\dots(10-A)$$

así puede definirse una relación adimensional según las ecuaciones (8-A) y (10-A):

$$h (p) = \frac{1 - V_0}{a_0} = \frac{V - V_0}{H A_0} \dots\dots\dots(11-A)$$

En esta última relación (11-A), los índices (o) indican valores relativos propios del embalse tipo patrón o standard.

Por analogía con (11-A), es factible expresar entonces una función similar aplicable al embalse a ser analizado, considerando el volumen total de sedimentos -S - a ser distribuido:

$$h' (p) = \frac{S - Vy}{H Ay} \dots\dots\dots(12-A)$$

Representando a escala semi-logarítmica estas relaciones (hp-h'p), se logra determinar el nivel del depósito sólido al pie de la presa, usando el punto de intersección de ambas gráficas, (curva patrón y distribución del depósito sólido en el embalse a analizar), al cual corresponde una altura relativa fija h:

$$h = p_0 H \dots\dots\dots(13-A)$$

Partiendo de esta elevación se determinan las áreas corregidas y volúmenes hasta distribuir el aporte sólido estimado, con un error permisible que en este caso se ha fijado en 1,5%. La expresión para evaluar los volúmenes entre dos curvas de nivel en el depósito sólido es el de las áreas promedios, que se expresa en la forma:

$$\Delta V = \left[\frac{A_i + A_{i+1}}{2} \right] \Delta h \dots\dots\dots(14-A)$$

donde Δh representa el incremento de elevación entre los sucesivos niveles h_i y $h_{(i+1)}$.

La relación entre los volúmenes $V(p)$ y áreas relativas $A(p)$, las profundidades relativas $p = y/H$ del depósito sólido, pueden expresarse según las formas analíticas:

$$V(p) = \frac{1}{p(m+1, n+1)} \int_0^p p^m (1-p)^n dp \dots\dots\dots(15-A)$$

$$A(p) = \frac{p^m (1-p)^n}{B(m+1, n+1)} = C p^m (1-p)^n \dots\dots\dots(16-A)$$

que nos recuerdan del cálculo integral a las funciones Gamma y Beta - $\Gamma(K)$, $\beta(p,q)$ - cuyas estructuras, interrelaciones y características fundamentales se dan a continuación:

$$\Gamma(K) = \int_0^\infty x^{K-1} e^{-x} dx; (K > 0) \dots\dots\dots(17-A)$$

$$\Gamma(K+1) = K!; K! = K(K-1)(K-2)\dots\dots(3)(2)(1) \dots\dots(18-A)$$

$$\int_0^\infty x^K e^{-sx} dx = \frac{\Gamma(K+1)}{s^{K+1}} \quad (s > 0) \dots\dots\dots(19-A)$$

verificándose que: $\Gamma(K+1) = K \Gamma(K) \dots\dots\dots(20-A)$

$$\text{Además: } \beta(p,q) = \int_0^1 x^{p-1} (1-x)^{q-1} dx \dots\dots\dots(21-A)$$

siendo: $(p > 0; q > 0)$

$$\phi(p, q) = \frac{\Gamma(p) \Gamma(q)}{\Gamma(p+q)} \dots\dots\dots(22-A)$$

En términos de esta función y de los coeficientes m y n deducidos estadísticamente de mediciones en prototipos usando la técnica de los mínimos cuadrados, han podido establecerse cuatro tipos patrones de vasos de embalses, cuya clasificación se hace indispensable para distribuir apropiadamente el depósito sólido en el reservorio.

Las ecuaciones que identifican a los embalses patrones son:

<u>Expresión analítica</u>	<u>Valor de m</u>	<u>Embalse tipo</u>
$A = 5.047 p^{1.85} (1-p)^{0.36}$	1- 1,5	I (23-A)
$A = 2.487 p^{0.57} (1-p)^{0.41}$	1,5 - 2,5	II (24-A)
$A = 16,97 p^{1.15} (1-p)^{0.32}$	2,5 - 3,5	III (25-A)
$A = 1,486 p^{-0.25} (1-p)^{1.34}$	4,5 - 3,5	IV (26-A)

En algunos casos la identificación de los embalses y su clasificación, se asocian a denominaciones fisiográficas, que en modo alguno guardan relación con la identificación formal con la cual se les identifica. La configuración de estas relaciones se muestran en el Gráfico No. 4 .

ESQUEMA CONCEPTUAL SIMPLIFICADO DEL BLOQUE DIST DEL SISTEMA SEDEM

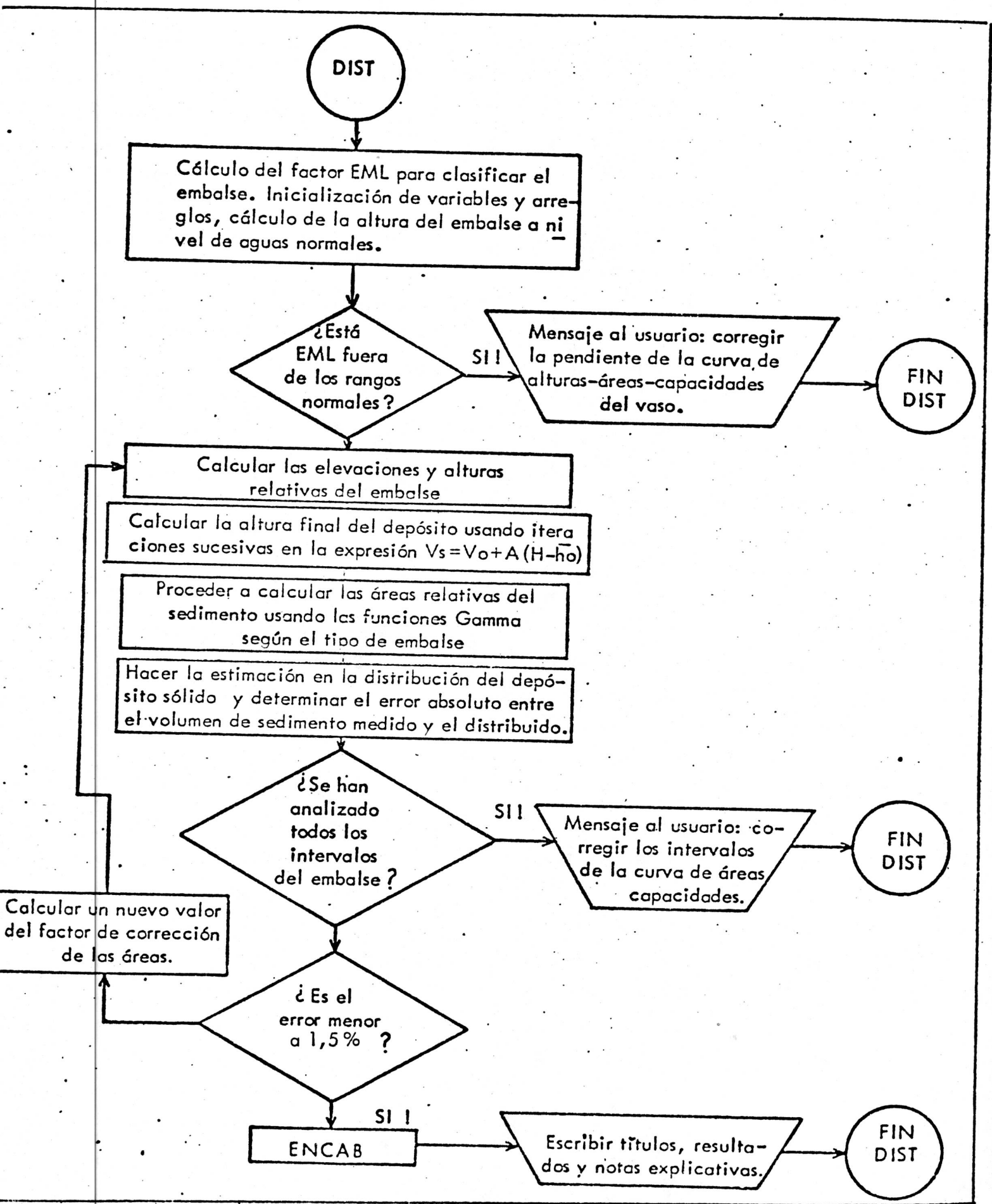


TABLA No. 2

MARNR/HIDROLOGIA
DEPARTAMENTO DE
INV. HIDCLIM.

NOMBRE DEL EMBALSE: VISTA ALEGRE

CAPACIDAD DEL EMBALSE = 50.0 MILLONES DE M³
 ESCURRIMIENTO MEDIO ANUAL = 40. MILLONES DE M³
 INCREMENTOS DE LA CAPACIDAD CONSIDERADOS = 6.3 MILLONES DE M³
 ACARREO MEDIO ANUAL = 0.22 MILLONES DE TONELADAS
 PESO UNITARIO DEL SEDIMENTO = 0.900 TON/M³

CALCULO DE LA EFICIENCIA DE ATRAPE DEL SEDIMENTO USANDO EL METODO DE BRUNNE

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	50.0	1.250	99.0	98.0	0.22	0.24	26.1
2	43.8	1.094	98.0	98.0	0.22	0.24	26.1
3	37.5	0.938	98.0	98.0	0.22	0.24	26.1
4	31.3	0.781	97.9	97.6	0.21	0.24	26.2
5	25.0	0.625	97.3	96.9	0.21	0.24	26.4
6	18.8	0.469	96.5	95.5	0.21	0.23	26.8
7	12.5	0.313	94.6	92.8	0.20	0.23	27.6
8	6.3	0.156	90.9				

DURACION TOTAL ESTIMADA..... 185.3 AÑOS

EL PESO UNITARIO PROMEDIO DEL SEDIMENTO AL PERIODO DE 100 AÑOS SERA
 DE..... 1.025 TON/M³

NOTAS EXPLICATIVAS:

COLUMNA(1): NUMERO DE INTERVALOS EN QUE SE SUBDIVIDE LA CAPACIDAD
 COLUMNA(2): FRACCIONES DE LA CAPACIDAD EN MILLONES DE M³
 COLUMNA(3): RELACION CAPACIDAD/ESCORRIMIENTO ANUAL
 COLUMNA(4): EFICIENCIA DE ATRAPE AL VOLUMEN INDICADO (%)
 COLUMNA(5): EFICIENCIA DE ATRAPE PROMEDIO A CADA INTERVALO DE CAPACIDAD EN (%)
 COLUMNA(6): ATRAPE ANUAL DEL SEDIMENTO EN MILL. DE TONS.
 COLUMNA(7): ATRAPE ANUAL DEL SEDIMENTO EN MILL. DE M³
 COLUMNA(8): TIEMPO EN AÑOS PARA COLMATARSE CADA FRACCION DE LA CAPACIDAD

Salida del Programa SEDEM. Un ejemplo.

TABLA No. 3

MAPAR/HIDROLOGIA
DEPARTAMENTO DE
INV. HIDCLIM.

NOMBRE DEL EMBALSE: VISTA ALEGRE

DISTRIBUCION DEL DEPOSITO SOLIDO.- CALCULOS CON EL METODO DE LAS AREAS INCREMENTADAS

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	82.00								
2	89.00	7.00	2.10	70.00	225.00	2.10	2.10		
3	90.00	8.00	3.50	150.00	225.00	3.50	3.50		
4	90.50	8.50	5.50	210.00	225.00	5.50	5.50		
5	90.75	8.75	6.50	225.00	225.00	6.50	6.50		
6	91.70	9.70	7.50	250.00	225.00	2.14	8.64	25.00	1.14
7	93.00	11.00	13.00	350.00	225.00	2.93	11.56	125.00	1.44
8	95.00	13.00	20.00	550.00	225.00	4.50	16.06	325.00	3.94
9	96.00	14.00	25.00	620.00	225.00	2.25	18.31	395.00	6.69
10	97.00	15.00	34.00	800.00	225.00	2.25	20.56	575.00	13.44
11	98.50	16.50	49.00	980.00	225.00	3.38	23.94	755.00	25.06

NOTAS EXPLICATIVAS:

COLUMNA(1): INTERVALOS EN QUE SE SUBDIVIDE LA CUERVA DE ALTURAS-AREAS-CAPACIDADES
 COLUMNA(2): COTAS EN M.S.N.M. DE CADA NIVEL DEL VASO
 COLUMNA(3): ELEVACIONES EN METROS MEDIDAS DESDE EL FONDO DEL VALLE AL PIE DE LA PRESA (M)
 COLUMNA(4): CAPACIDADES DEL EMBALSE EN MILLS. DE M**3 A LOS NIVELES INDICADOS
 COLUMNA(5): AREAS DEL RESERVOIRIO EN HAS. A LOS NIVELES INDICADOS
 COLUMNA(6): AREA DE COBRECCION A LA CUAL CORRESPONDE UNA ELEVACION CERO DEL DEPOSITO
 COLUMNA(7): VOLUMENES PARCIALES DEL DEPOSITO A CADA INTERVALO EN MILLONES DE M**3.
 COLUMNA(8): VOLUMENES ACUMULADOS DEL DEPOSITO SOLIDO EN MILLS. DE M**3.
 COLUMNA(9): AREAS REVISADAS AL FINAL DEL PERIODO CONSIDERADO EN HAS.
 COLUMNA(10): VOLUMENES REVISADOS EN MILLS. DE M**3. AL FINAL DEL PERIODO
 LA ALTURA FINAL DEL DEPOSITO SOLIDO AL PIE DE LA PRESA SE HA OBTENIDO DE LA ECUACION
 VS=VEALHT-H) DESPUES DE 5 ITERACIONES
 EL ERROR DE COMPUTO PARA EL DEPOSITO SOLIDO DISTRIBUIDO RESPECTO AL CALCULADO ES DE .021

Salida del Programa SEDEM. Un ejemplo.

TABLA No. 4

MARAP/HIDROLOGIA
DEPARTAMENTO DE
INV. PICCLIN.

DISTRIBUCION PROBABLE DEL DEPOSITO SOLIDO AL FINAL DEL PERIODO DE VIDA UTIL. METODO EMPIRICO DE LAS AREAS REDUCIDAS
ELEVACION AL PIE DE LA PRESA= 82.00 ELEVACION MAXIMA DE LA SUPERFICIE DEL AGUA= 98.50 ACARREO ANUAL=0.244

DEPOSITO SOLIDO AL FINAL DEL PERIODO CONSIDERADO= 24.44 MILL. DE M**3

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
82.00									
89.00	7.00	70.00	2.10	0.42	1.22	154.48	8.19		
90.00	8.00	150.00	3.50	0.48	1.25	200.51	10.16		
90.50	8.50	210.00	5.50	0.52	1.27	202.46	11.17	7.54	
90.75	8.75	225.00	6.50	0.53	1.27	203.17	11.68	21.83	
91.70	9.70	250.00	7.50	0.55	1.28	204.22	13.61	45.78	
93.00	11.00	350.00	13.00	0.67	1.26	201.12	16.25	148.88	
95.00	13.00	550.00	20.00	0.79	1.15	183.79	20.09	366.21	
96.00	14.00	620.00	25.00	0.85	1.04	167.02	21.85	452.98	3.15
97.00	15.00	800.00	34.00	0.91	0.88	140.85	23.39	659.11	10.61
98.50	16.50	980.00	49.00	1.00	0.00	0.00	24.44	980.00	24.56

NOTAS EXPLICATIVAS:

COLUMNA (1): COTAS EN M.S.N.M PARA CADA NIVEL DEL EMBALSE
 COLUMNA (2): ELEVACION EN METROS MEDIDOS SOBRE EL FONDO DEL VALLE AL PIE DE LA PRESA
 COLUMNA (3) Y (4): MAGNITUDES DEFINIDAS POR LA CURVA DE AREAS CAPACIDADES
 COLUMNA (5): ALTURAS RELATIVAS DEL EMBALSE REFERIDAS A LA ALTURA DE LA PRESA EN (%)
 COLUMNA (6): AREAS RELATIVAS PARA EL EMBALSE PATRON SELECCIONADO EN (%).
 COLUMNA (7): FACTOR DE CORRECCION DE LAS AREAS COLUMNAS
 COLUMNA (8): VOLUMEN DEL SEDIMENTO ACUMULADO A CADA DOS ALTURAS CONSECUTIVAS, EVALUADOS POR EL METODO DE
 LAS AREAS PROMEDIAS ENTRE CADA INTERVALO DE NIVEL DADOS EN MILL. DE M**3
 COLUMNA (9): DIFERENCIA ENTRE COL (3) Y COL (7) EN HAS.
 COLUMNA (10): DIFERENCIA ENTRE COL (4) Y COL (8) EN MILL. DE M**3.
 LA ALTURA FINAL DEL DEPOSITO SOLIDO AL PIE DE LA PRESA SERA DE 91.70 M.S.N.M.
 LOS RESULTADOS FINALES SE HAN OBTENIDO DESPUES DE 6 ITERACIONES
 EL ERROR DE COMPUTO EN EL CALCULO DE LA DISTRIBUCION DEL DEPOSITO SOLIDO ES DE .000

Salida del Programa SEDEM. Un ejemplo.

REFERENCIAS

- U.S. Department of Agriculture, 1975, Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yields and Sources. Agriculture Research Service.
- Bates, C., Freeman, J., 1953, "Rational Theory of Delta Formation". Bulletin of the American Association of Petroleum. Geologist, vol.37, Pag. 2119-1162.
- Borland, W. y Miller, C., 1960, "Distribution of Sediment in Large Reservoirs". Journal of Hidraulics, Div. ASCE, vol.84. Proceedings Paper 1587.
- Brunne, G., 1953, Trap Efficiency of Reservoirs. Trans. American Geophysical Union, vol.34, No.3.
- Graf, W., Hydraulics of Sediment Transport. McGraw Hill Book Company, N.Y.
- Henderson, F., 1966, Open Channel Flow. McMillan Co. N.Y.
- Koelzer, V. y Lara, J., 1958, Densities and Compactation Rates of Deposited Sediments. Journal of Hidraulics Div., ASCE, vol.84.
- Lara, J. y Pemberton, E., 1963, Initial Unit Weight of Deposited Sediments. Federal Interagency Sedimentation Conference, Jackson, Wy. EE.UU.
- Lara, J., Revision of the Procedure to Compute Distribution in Large Reservoirs. U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation.
- Lopez, J.L., 1978, Mathematical Modeling of Sediment Deposition in Reservoirs. Ph.D. Tesis. Colorado State University, Fort Collins, EE.UU.
- Perez Hernandez, D., 1980, Características Hidrofísicas y Conservación de los Recursos Naturales Renovables en la Cuenca del Unare, Venezuela. MARNR-DGIIA- Dirección de Hidrología. Págs. 158-170.
- Vanoni, V., 1975, Sedimentation Engineering. Task Committee for the Preparation of the Manual on Sedimentation of the Sedimentation Committee of the Hydraulics Division. U.S.A.