

# CUANTIFICACION DEL SEDIMENTO HASTA EL SITIO DE PRESA MISBAQUE Y SU DISTRIBUCION EN EL EMBALSE

**Ing. Jacinto Rivero Solorzano**

Profesor Investigador del Instituto de Investigaciones y  
Estudios Avanzados de la Facultad de Ciencias  
Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil.

**S**e presenta la evaluación del potencial de sedimentos de la Cuenca del Río Paján hasta el sitio de Presa Misbaque, que involucra metodologías basadas en las fuentes de sedimento, en muestreos regionales y en mediciones directas. En función de lo dicho se estima la distribución del sedimento y se establece la altura del azolvamiento al pie de la Presa.

## 1.- INTRODUCCION

La planificación de una gran variedad de formas de utilización de aguas y estructuras de control tales como Presas, Canales de Derivación, etc., requieren de un conocimiento respecto a la producción potencial de sedimento de una cuenca de drenaje y aquel que alcanza la obra de nuestro interés, dado que una adecuada predicción de las mismas, dará lugar al diseño óptimo de un determinado proyecto de utilización de agua.

Refiriéndonos exclusivamente a los problemas de sedimentación de embalses o reservorios, es necesario de manera inicial hacer notar que cuando una presa es construida en un curso fluvial, formará un reservorio de agua que ocasionará una disminución o una desaparición total de la velocidad del flujo que entra a dicho reservorio. Por tal motivo, la mayor parte o todo, el sedimento transportado por el río será depositado en el embalse de agua y en el tramo de influencia de la curva de remanso.

En este contexto, todos los embalses formados por presas en cursos naturales de agua estarán sujetos a algún grado de deposición del sedimento que entra a dicho lago artificial, y que considerando las limitaciones del conocimiento actual, la sedimentación total del embalse parece inevitable y necesitará ser tomada en cuenta a efectos de llevar a cabo la planificación y el diseño del proyecto, lo que implica proveer un suficiente almacenamiento que pueda recetar las acumulaciones previstas en un período de años escogido (generalmente 50 años), sin interferir con aquel almacenamiento funcional del embalse creado.

Por lo anotado en líneas precedentes, el planificador del proyecto tendrá que confrontar el problema de estimar la producción de sedimento de la cuenca que alcanza el embalse, la tasa de deposición del mismo en el embalse y el período de tiempo en que dicha deposición de sedimento interferirá con la función del mismo. Se define entonces, una serie de pasos básicos a seguir al estudiar el proceso de sedimentación de un embalse.

El sedimento transportado por el río hacia el embalse es depositado y/o transportado en una tasa que se reduce a medida que entra el embalse, la distancia es dependiente del decrecimiento de las velocidades de agua. A medida que se acumula el sedimento, se disminuye la capacidad de almacenamiento del embalse.

La continúa deposición desarrolla una forma de distribución dentro del embalse que es grandemente influenciada por la operación del mismo y las características de las grandes avenidas que llegan hacia él.

El estudio de sedimentología es el producto final que tiene que ser llevado a cabo, circunscribe al conocimiento del sedimento de entrada al embalse y el consecuente proceso de deposición o distribución del mismo.

## 2. EVALUACION DEL SEDIMENTO QUE ENTRA AL EMBALSE

Es conocido por todos que el sedimento es el producto final de los procesos erosivos que ocurren en la superficie de la tierra los mismos que son arrastrados por efectos del viento y del agua, particularmente por esta última que es la que tiene la incidencia directa en el desarrollo de proyectos de recursos hídricos.

Sin embargo, no todo el material erosionado alcanza el sistema fluvial; parte de él es atrapado por barreras naturales o artificiales existentes en la misma cuenca de drenaje y otra parte es depositado en el propio curso fluvial o en la llanura de inundación del mismo.

Por esta razón la evaluación del sedimento o la producción del sedimento, se referirá a aquel sedimento que es transportado por el sistema de ríos de la cuenca y alcanza finalmente el punto de nuestro interés.

La cuantificación del volumen de que quedará atrapados en el embalse producido por la presa Misbaque, se constituye de gran importancia, no solamente para definir el almacenamiento disponible del embalse, sino porque del mismo dependiera en gran parte la bondad del Proyecto.

Los procedimientos para la evaluación son variables y están condicionados casi siempre a la información con que se cuente tanto como en calidad como en cantidad. Lo dicho, da lugar a que la mayoría de los métodos para predecir al producción de sedimentos de una cuenca se basen en evaluaciones directas a partir del resultado de mediciones. Las mediciones directas de la producción de sedimentos se consideran el método más idóneo para la realización de una predicción. Estas mediciones pueden ser realizadas en embalses construidos a través de realizar batimetrías periódicas en el, o muestreando directamente en el río, la carga de sedimento.

Otra forma de evaluar la forma de sedimento es utilizando procedimientos empíricos tales como la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelos. Dado que en el proyecto que nos ocupa no existe un registro satisfactorio, las metodologías a utilizar en la evaluación del sedimento que entrará a la presa Misbaque, incluirá todas aquellas referidas en el párrafo anterior, y se basarán en algunas mediciones directas realizadas en el sitio y en la región, y en la experiencia que al respecto se tiene en otras latitudes.

En todo caso, el problema que se enfrenta tendrá como efectivo fundamental, evaluar la producción de sedimento de la cuenca hasta el sitio de presa Misbaque y consecuentemente determinar la tasa de deposición del mismo y el período de tiempo antes de que el sedimento interfiera con la función útil del embalse.

## 2.1 EVALUACION BASADA EN LA EROSION POTENCIAL

La presente evaluación se basa en un estudio de erosión y sedimentación (1988) realizado para la Provincia de Manabí, dentro del Plan Integral del Desarrollo de los Recursos Hídricos de la Provincia (referencia No.1).

El cálculo de la erosión actual, en dicho trabajo, se la obtuvo de la erosión potencial castigada por un factor de cobertura, para lo cual se utilizó el método propuesto por la FAO. Además, se propone una curva de sedencia o de coeficiente de entrega versus área de drenaje de la cuenca, basadas en unas batimetrías del embalse Poza Honda, con la finalidad de no usar aquellas propuestas por el ASCE (1977) deducidas a partir de batimetrías realizadas en embalses con cuencas de drenaje variables. En función de la curva de cedencia planteada, se evalúa el volumen de sedimentos anual que ingresaría a una corriente, multiplicando la erosión actual por el factor de cedencia.

Analizada la metodología en la referencia nombrada, se aprecia la bondad del cálculo de la erosión por cuencas de drenaje, al aplicar aquella recomendada por FAO, que considera los factores climáticos, edáficos, topográficos y humanos. En realidad, la información existente permitió evaluar con gran certidumbre los procesos erosivos resultantes de la consideración de los factores anotados.

Sin embargo, debido a que la curva de cedencia se basó en batimetrías realizadas en el embalse Poza Honda, las mismas que presentan una serie de incongruencias y por lo tanto no son confiables (situación que en cierta forma se plantea en el informe al que

hacemos referencia), hace que la evaluación de la producción de sedimentos considerando dicha curva de cedencia no tenga la confiabilidad del caso.

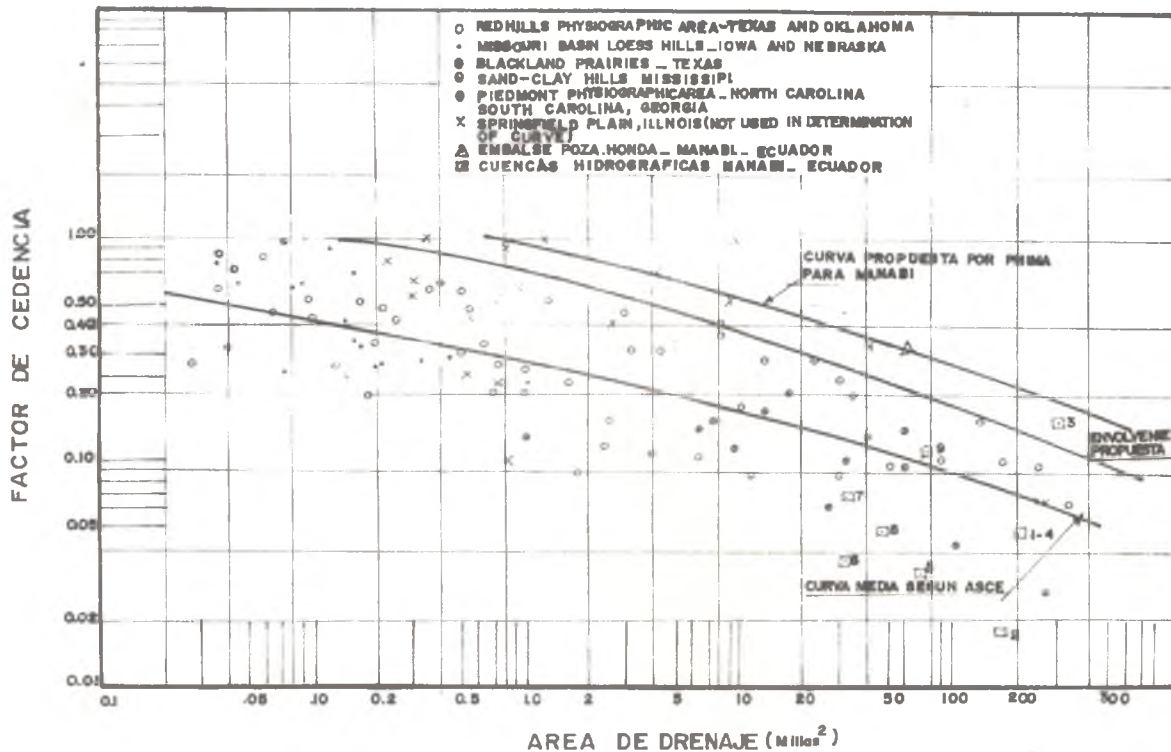
Ante la situación anotada, fue necesario realizar análisis adicionales a efectos de cumplir con el objetivo planteado. En este contexto y considerando que actualmente no se cuentan con batimetrías confiables realizadas en los embalses construidos en Manabí, se debe usar la información de otros países.

De esta manera, tomando en consideración de que en la Provincia de Manabí el proceso erosivo es grande y analizando la curva de cedencia planteada por la ASCE, se optó por definir una curva envolvente que implique factores de cedencia máximos de los registros de cuencas de los Estados Unidos, la misma que aparece en la figura número 1, la cual arroja un factor de cedencia (FC) igual a 0.23, para la cuenca de drenaje aguas arriba del sitio de presa Misbaque de 127.7 Km<sup>2</sup>.

Por otro lado, la erosión actual correspondiente a la cuenca de drenaje aguas arriba del sitio de presa Misbaque y evaluada en la referencia No.1, dio como resultado 4048.9 Ton/Km<sup>2</sup>/Año, lo que implica que la producción de sedimentos que alcanzaría el embalse es de 931,25 Ton/Km<sup>2</sup>/Año; esto equivale a decir que en los próximos 50 años se acumularían 4'537.870,2 m<sup>3</sup> de sedimentos, al considerar un peso específico de la mezcla igual a 1.3 Ton/m<sup>3</sup>.

En la figura No .1, se puede apreciar el ploteo de puntos correspondientes a registros en algunas cuencas hidrográficas de la Provincia de Manabí, para las cuales se obtuvo el factor de cedencia considerando la erosión actual calculada de la manera explicada y la producción de sedimentos evaluada a partir de los muestreos realizados.

RELACION ENTRE EL TAMANO DE LA CUENCA DE DRENAJE Y EL FACTOR DE CEDENCIA  
 (TOMADA DE ASCE, 1977)



La numeración que aparece en los valores plateados de la Fig. No.1, responden a los que se presentan en el cuadro No. 1.

CUADRO N° 1

FACTORES DE CEDENCIA EN MANABI

N°	ESTACION	AREA M <sup>2</sup>	FACTOR DE CEDENCIA
1	Carrizal en Calceta	204.3	0.05
2	Chone en Pte. Nuevo	173.8	0.017
3	Chone en Pte. La Margarita	307.4	0.15
4	Chone en Pte. Olimpo	203.0	0.05
5	Grande A.J. Mosquito	73.12	0.034
6	Garrapata A. J. Chone	33.28	0.037
7	Junfn D. J. Palmar	31.40	0.07
8	Mosquito A.J. Grande	45.70	0.05
9	Río Chico en Alajuela	71.48	0.11
10	Portoviejo en H. Vásquez	66.40	0.0065
11	Portoviejo en Santa Ana	117.03	0.006

2.2 EVALUACION BASADA EN PRODUCCIONES DE SEDIMENTOS CALCULADA A PARTIR DE MUESTREOS REGIONALES.

A partir de muestreos de descarga líquida y sólida en 11 sitios de control en la Provincia de Manabí (Referencia 1) y en 8 sitios de control en la Cuenca del Rio Guayas (Referencia 2), se han calculado las producciones de sedimentos por metodología convencionales planteadas en las referencias 3 y 4, cuyos resúmenes aparecen en el cuadro No. 2.





C U A D R O N º 2

·DATOS OBSERVADOS DE PRODUCCION DE SEDIMENTOS-CUENCA DEL GUAYAS/PROVINCIA DE MANABI

N º	E S T A C I O N	AREA		PRODUCCION DE		RENDIMIENTO	
		Km2	Km2	SEDIMENTOS	TON/ANO	ESPECIFICO	TON/Km2/ANO
1	Daule en Pichincha	4428.0		1'397,260,1		315.55	
2	Daule en La Capilla	9213.0		4'876,739,4		529.33	
3	Baba D.J. Toachi	1455.3		154,858,6		106.40	
4	Quevedo en Quevedo	3494.2		876,273,8		250.80	
5	Vinces en Vinces	4286.7		1'565,850,0		365.30	
6	Zapotaj en Lechugel	3023.0		1'327,359,0		439.10	
7	San Pablo en Palmar	1136.0		300,960,3		264.93	
8	Embarcadero en Hda. La Cimentina	435.0		48,489,1		111.47	
9	Carrizal en Calceca	523.0		126,696,9		242.25	
10	Chone en Pte. Nuevo	445.0		42,606,3		95.74	
11	Chone en Pte. Margarita	787.0		679,112,5		862.91	
12	Chone en Pte. El Ollingo	520.4		153,986,6		295.90	
13	Grande A.J. Monquito	187.2		29,691,9		158.61	
14	Garrapata A.J. Chone	83.2		17,852,8		209.54	
15	Junfn D.J. Palmar	80.4		20,053,3		249.42	
16	Moaguito A.J. Grande	117.0		26,851,4		229.50	
17	Rfo Chico en Alajuela	183.0		66,058,2		360.97	
18	Portovalejo en R. Vazquez	170.0		5,304,1		31.20	
19	Portovalejo en Sante Ana	299.6		9,745,0		32.53	

A partir de los resultados obtenidos, se procedió a plotearlos en papel logarítmico, con la finalidad de visualizar el efecto de la cuenca de drenaje en la producción de sedimentos (Fig. No.2).

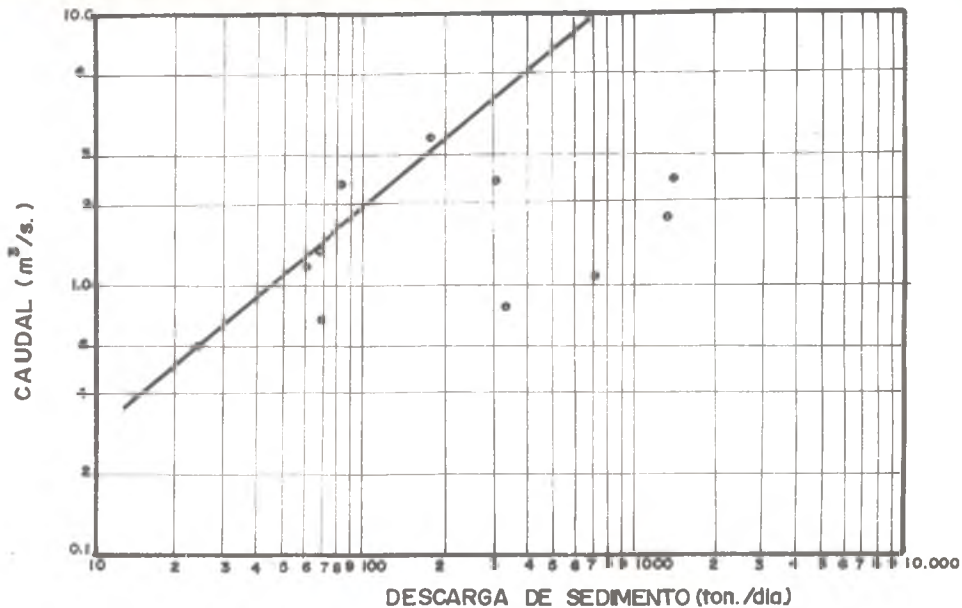
Como se puede observar en la figura No. 2, no existe una relación definida, pero sí una tendencia, que permitió trazar las envolventes superior e inferior a ser usadas para evaluar, alternativamente, la producción de sedimentos hasta el sitio de Presa Misbaque en la figura No. 2, los puntos 11, 18 y 19 no fueron considerados, en el ajuste, dada la inconstancia de los mismos, al compararlos con registros de aguas arriba, y porque responden a condiciones naturales alteradas.

Considerando, para una evaluación cautelosa, la envolvente superior, se encuentra para el área de Misbaque (127.7 Km.2) un rendimiento específico de la cuenca de 680.0 TON/Km2/Año, lo que equivale a decir que el volumen acumulado de sedimentos en los próximos 50 años sería de 3'339.846.2 m3.

Este último resultado, hasta cierto punto, confirma el valor obtenido a través del factor de cedencia e implica un proceso de erosión anual de la cuenca bastante alto.

### **2.3 EVALUACION BASADA EN MEDICIONES CERCANAS AL SITIO DE PRESA.**

Analizando la referencia 5 y 6 se encuentra que se ha realizado mediciones directas de sedimentos en suspensión para caudales comprendidos entre 0.599 m3/S y 110.0 m3/S, durante el período enero-abril de 1986, los mismos que fueron ploteados en la figura No.3. En esta figura se aprecia una gran dispersión de los valores y una línea de tendencia clara que define una relación de descarga

RELACION DESCARGA LIQUIDA Vs. DESCARGA SOLIDA DEL RIO  
PAJAN EN PAJAN

FUENTE: REFERENCIAS 5 y 6

FIGURA : 3

## CUADRO N° 3

CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN m<sup>3</sup>/S EN EL SITIO DE PRESA PAJAN

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCTUBRE	NOV.	DIC.
1971	0	3.00	18.6	7.5	0.75	0.33	0.22	0.21	0.12	0.08	0.05	0.05
1972	0.31	2.80	8.6	7.6	2.00	3.15	1.14	0.60	0.31	0.16	0.07	0.16
1973	10.10	8.50	13.8	12.1	7.10	2.12	1.30	0.93	0.35	0.19	0.10	0.09
1974	0.02	0.30	0.5	0.08	0.30	0.07	0.03	0.08	0.02	0.003	0.0	0.0
1975	1.24	8.30	15.4	11.70	3.30	1.70	0.80	0.02	0.0	0.17	0.10	0.05
1976	3.70	10.10	14.3	13.50	13.50	8.23	2.75	2.13	1.05	0.35	0.17	0.09
1977	3.10	2.70	12.6	6.30	0.86	1.03	0.72	0.52	0.44	0.40	0.31	0.30
1978	0.14	1.14	2.4	2.54	1.72	1.10	0.73	0.59	0.17	0.07	0.0	0.0
1979	0.0	0.86	2.2	2.36	0.24	0.05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1980	0.0	0.12	0.9	4.14	0.47	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1981	0.0	4.40	8.1	0.60	0.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1982	0.0	0.70	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.47	0.0	1.45

líquida en  $m^3/S$  vs descarga sólida, en Ton/día, a través de la cual se evaluará la producción anual de sedimentos.

Para el efecto, se hará uso de la serie de caudales medio mensuales en el sitio de presa Paján (cuadro No.3), evaluados por relación de áreas respecto al período de registro que se tiene en la estación Colimes Empotrerrillo, con la finalidad de tener órdenes de magnitud respecto a la producción anual de sedimentos.

Fue necesario elaborar la curva de duración de caudales medios mensuales en el sitio de presa Paján (Fig. No. 4), en función de la cual se evalúa la correspondiente al sedimento, haciendo uso de la figura 3 y por ende la producción anual promedio de sedimento, a través del procedimiento descrito en el cuadro 4 que resume la metodología convencional detallada en las referencias 3 y 4.

Como se puede observar en el cuadro 4 la producción total anual de sedimentos, que incluye un 25% de arrastre de fondo, es de 89.881.25 Ton/Año, lo que equivale al cabo de 50 años a tener un volumen de azolve de 3'456.971.2  $m^3$ , al considerar un peso específico de la mezcla de 1.3 Ton/ $m^3$ .

Si bien es cierto que la información utilizada en el presente análisis es muy escasa, no es menos cierto que para efecto de tener un orden de magnitud es realmente válido.

Esta situación permitirá escoger un determinado valor de azolvamiento durante la vida útil del proyecto que permita la definición de la cota de la estructura de tona.

CUADRO N° 4

PRODUCCION ANUAL DE SEDIMENTOS EN EL SITIO DE PRESA PAJAN

MARCA DE CLASE %	INTERVALO DE CLASE %	Q m <sup>3</sup> /S	Qs TN/DIA	Q medio DIARIO	Qs medio DIARIO
5	10	13	900.0	1.3	90.0
15	10	5	280.0	0.5	28.0
25	10	3	150.0	0.3	15.0
35	10	2.80	140.0	0.28	14.0
45	10	2.40	125.0	0.24	12.5
55	10	2.00	98.0	0.20	9.8
65	10	1.80	92.0	0.18	9.2
75	10	1.60	72.0	0.16	7.2
85	10	1.40	65.0	0.14	6.5
95	10	1.20	48.0	0.12	4.8
				<u>3.42</u>	<u>197.0</u>

DESCARGA ANUAL DE SOLIDOS EN SUSPENSION

$$197 \frac{\text{TON}}{\text{DIA}} \times \frac{365 \text{ DIA}}{1 \text{ AÑO}} \text{ P.S.} = 71.905 \text{ TON/AÑO}$$

$$\text{ARRASTRE DE FONDO (25\%)} = 17976.25$$

$$\text{ARRASTRE TOTAL} = 89.881,25 \text{ TON/AÑO}$$

$$\text{RENDIMIENTO ESPECIFICO} = 414.20 \text{ TON/Km}^2\text{/AÑO.}$$

líquida en m<sup>3</sup>/S vs descarga sólida, en Ton/día, a través de la cual se evaluará la producción anual de sedimentos.

Para el efecto, se hará uso de la serie de caudales medio mensuales en el sitio de presa Paján (cuadro No.3), evaluados por relación de áreas respecto al período de registro que se tiene en la estación Colimes Empotrerrillo, con la finalidad de tener órdenes de magnitud respecto a la producción anual de sedimentos.

Fue necesario elaborar la curva de duración de caudales medios mensuales en el sitio de presa Paján (Fig. No. 4), en función de la cual se evalúa la correspondiente al sedimento, haciendo uso de la figura 3 y por ende la producción anual promedio de sedimento, a través del procedimiento descrito en el cuadro 4 que resume la metodología convencional detallada en las referencias 3 y 4.

Como se puede observar en el cuadro 4 la producción total anual de sedimentos, que incluye un 25% de arrastre de fondo, es de 89.881.25 Ton/Año, lo que equivale al cabo de 50 años a tener un volumen de azolve de 3'456.971.2 m<sup>3</sup>, al considerar un peso específico de la mezcla de 1.3 Ton/m<sup>3</sup>.

Si bien es cierto que la información utilizada en el presente análisis es muy escasa, no es menos cierto que para efecto de tener un orden de magnitud es realmente válido.

Esta situación permitirá escoger un determinado valor de azolvamiento durante la vida útil del proyecto que permita la definición de la cota de la estructura de tona.



CUADRO N° 4

PRODUCCION ANUAL DE SEDIMENTOS EN EL SITIO DE PRESA PAJAN

MARCA DE CLASE %	INTERVALO DE CLASE %	Q m3/S	Qs TN/DIA	Q medio DIARIO	Qs medio DIARIO
5	10	13	900.0	1.3	90.0
15	10	5	280.0	0.5	28.0
25	10	3	150.0	0.3	15.0
35	10	2.80	140.0	0.28	14.0
45	10	2.40	125.0	0.24	12.5
55	10	2.00	98.0	0.20	9.8
65	10	1.80	92.0	0.18	9.2
75	10	1.60	72.0	0.16	7.2
85	10	1.40	65.0	0.14	6.5
95	10	1.20	48.0	0.12	4.8
				3.42	197.0

DESCARGA ANUAL DE SOLIDOS EN SUSPENSION

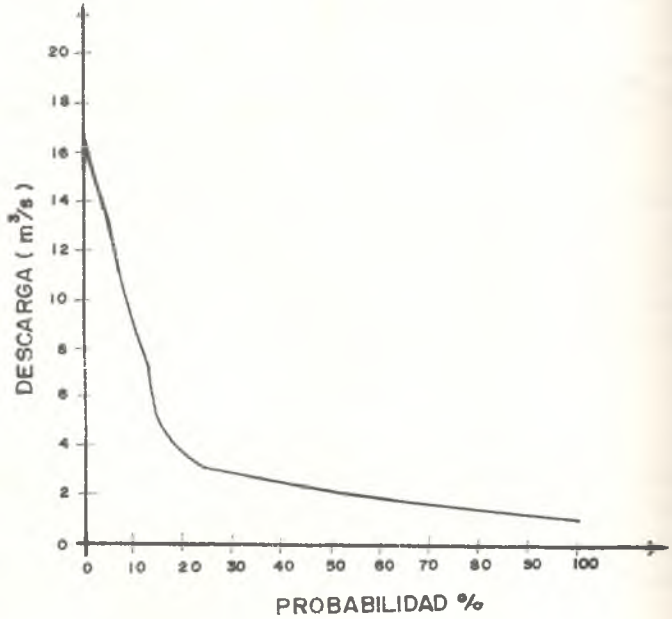
$$197 \frac{\text{TON}}{\text{DIA}} \times \frac{365 \text{ DIA}}{1 \text{ AÑO}} \text{ P.S.} = 71.905 \text{ TON/AÑO}$$

$$\text{ARRASTRE DE FONDO (25\%)} = 17976.25$$

$$\text{ARRASTRE TOTAL} = 89.881,25 \text{ TON/AÑO}$$

$$\text{RENDIMIENTO ESPECIFICO} = 414.20 \text{ TON/Km}^2 \text{ /AÑO.}$$

CURVA DE DURACION DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN EL SITIO DE PRESA PAJAN



3.- DISTRIBUCION DE SEDIMENTOS EN EL EMBALSE

Considerándose los resultados obtenidos a través de los análisis realizado en líneas procedentes, se establece un volumen de azolve durante la vida útil de la presa (50 años) de 4.5 millones de metros cúbicos.

Los datos obtenidos a partir de mediciones realizadas en embalses existentes en los estados Unidos han sido utilizados de manera extensa en orden a poder desarrollar relaciones empíricas que permitan predecir la forma en que se distribuirán los sedimentos de un embalse. Los métodos empíricos así definidos muestran que la deposición de sedimento no está confinada a las más bajas profundidades del embalse.

En realidad, la distribución de sedimento en un embalse depende de algunos factores que conllevan efectos diferentes, lo cual hace de la predicción de la distribución del sedimento un problema complejo; sin embargo y tal como se mencionó, existen métodos empíricos que permiten estimar la distribución del sedimento en el embalse, después de haber estimado la cantidad que se depositará bajo el nivel normal del embalse que para nuestro caso de estudio es de 4.5 millones de metros cúbicos.

El método que se aplicará es el de reducción areal y fue desarrollado por Borland y Miller (1.960) y revisado por Lara en 1962 y es basado en batimetrías obtenidas de 30 reservorios.

El método establece que la distribución del sedimento es dependiente de:

1. La manera en que será operado el embalse
2. La textura y tamaño del sedimento a ser depositado en el embalse
3. La forma del embalse
4. El volumen del sedimento a depositarse en el embalse.

de los mencionados, el factor de forma fue adoptado en el presente estudio como el mejor criterio para desarrollar las curvas de diseño derivadas empíricamente para ser usadas en la distribución del sedimento.

La Forma del embalse es definida por la relación profundidad-volumen (referencia 4) donde "m" es el recíproco de la pendiente de la curva de almacenamiento plotada en papel logaritmo. En este contexto, la clasificación de los embalses es la siguiente:

TIPO DE EMBALSE	CLASIFICACION	m.
I	Lago	3.5-4.5
II	LLanura	2.5-3.5
III	Colina	1.5-2.5
IV	Montaña	1.0-1.5

El próximo paso en el estudio de distribución del sedimento es el cálculo de la elevación del depósito del sedimento al pie de la presa. En los cuadros 5 y 6 se muestran una serie de cálculos a efectos de evaluar la profundidad del sedimento al pie de la presa.

Además, se calcula la profundidad relativa y una función adimensional a partir de las curvas originales del área del embalse, a partir de la siguiente expresión:

Donde:

$h'(P)$  es una función adimensional del embalse y su almacenamiento anticipado del sedimento.

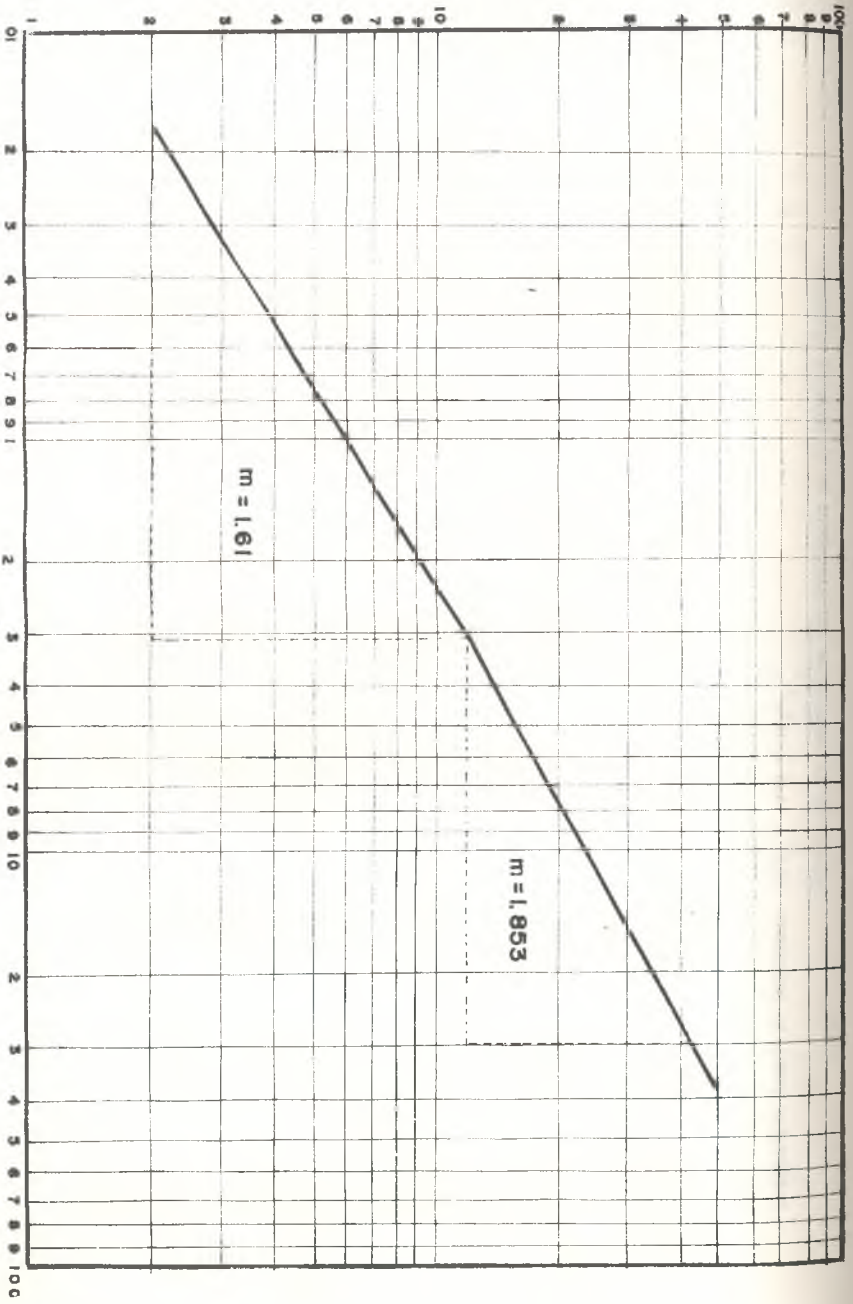
CALCULO DE LA DEPOSICION DEL SEDIMENTO EN EL EMBALSE MISRAQUE

PRODUCCION TOTAL DE SEDIMENTO (S) =  $4.5 \times 10^6 \text{ m}^3$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ELEVACION m.s.n.m.	AREA ORIGINAL Km <sup>2</sup>	VOLUMEN ORIGINAL m <sup>3</sup> x10 <sup>6</sup>	PROFUNDIDAD RELATIVA	A P	AREA DE SEDIMENTOS Km <sup>2</sup>	VOLUMEN DE SEDIMENTOS ACUMULADOS m <sup>3</sup> x10 <sup>6</sup>	VOLUMEN DE SEDIMENTOS ACUMULADOS m <sup>3</sup> x10 <sup>6</sup>	AREA CORREGIDA Km <sup>2</sup>	VOLUMEN CORREGIDO m <sup>3</sup> x10 <sup>6</sup>
172.0	1.06	20.50	1.0	0.0	0.0	0.0028	4.50	1.06	16.0
170.0	0.97	18.35	0.941	0.022	0.0028	0.016	4.49	0.967	13.86
168.0	0.915	16.25	0.882	0.103	0.0132	0.0446	4.47	0.902	11.78
166.0	0.865	14.30	0.823	0.244	0.0314	0.0864	4.43	0.833	9.87
164.0	0.815	12.40	0.765	0.433	0.055	0.14	4.34	0.76	8.06
162.0	0.765	10.70	0.706	0.664	0.085	0.203	4.20	0.68	6.50
160.0	0.720	9.09	0.647	0.918	0.118	0.269	4.00	0.602	5.09
158.0	0.675	7.60	0.588	1.177	0.151	0.334	3.73	0.524	3.87
156.0	0.625	6.25	0.529	1.422	0.183	0.392	3.40	0.442	2.85
154.0	0.575	5.05	0.470	1.63	0.209	0.438	3.00	0.366	2.05
152.0	0.520	4.0	0.412	1.785	0.229	0.469	2.57	0.291	1.43
150.0	0.460	3.15	0.353	1.866	0.24	0.478	2.10	0.220	1.05
148.0	0.410	2.30	0.294	1.851	0.238	0.460	1.62	0.172	0.68
146.0	0.35	1.60	0.235	1.723	0.222	0.411	1.16	0.128	0.44
144.0	0.285	1.00	0.176	1.468	0.189	0.329	0.75	0.096	0.25
142.0	0.215	0.55	0.118	1.086	0.14	0.28	0.42	0.075	0.13
140.0	0.14	0.17	0.059	0.569	0.14	0.14	0.17	0.0	0.0
138.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

-16-

ALTURA (m)



S es la deposición total del sedimento.

V (Ph) es el volumen del embalse a una elevación h.

H es la profundidad original del embalse.

A (Ph) es el área del embalse a una elevación h.

A continuación se describen los pasos a seguir en una evaluación de la distribución del sedimento en el embalse Misbaque, haciendo referencia a los cuadros 5 y 6 que resumen dichos cálculos.

1.- Plotear el papel logaritmo la profundidad del embalse vs el volumen, columnas 1 y 3 del cuadro 5 respectivamente figura 5.

Dado que el inverso de las pendientes definidas para dos tramos de la figura son 1.61 y 1.85, el embalse Misbaque es clasificado como Tipo III.

2.- Obtener la columna 4 del cuadro 5 dividiendo la profundidad original del embalse igual a 34.0 m. para cada una de las evaluaciones dadas.

3.- Plotear la profundidad del embalse vs el área, columnas 1 y 2 del cuadro No.5 respectivamente figura 6, a efecto de completar el cuadro 6 haciendo uso de las columnas 1,2 3 y del cuadro 5.

4.- Plotear los datos de las columna del cuadro 6 en la figura No. 7 de la página 29 de la referencia 4 y dibujar una curva a través de los puntos. Debido a que esta curva no se intersecta con la curva correspondiente al embalse tipo III, se usa aquella correspondiente a incrementos de área basada en la asunción de que el área

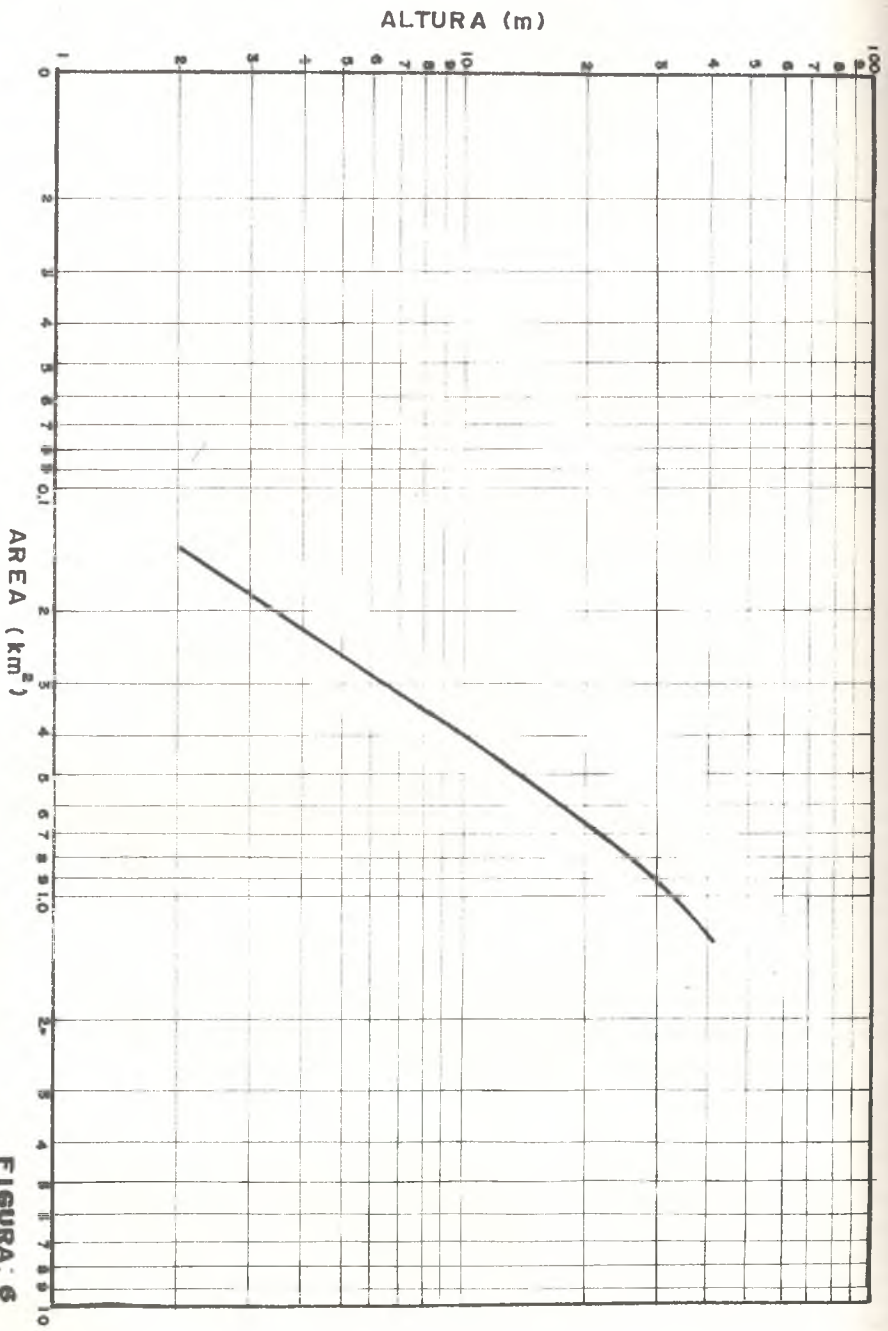


FIGURA. 6



C U A D R O N º 6

DETERMINACION DEL SEDIMENTO DEPOSITADO AL PIE  
DE LA PRESA MISBAQUE

H = 34.0 m.

PRODUCCION TOTAL DE SEDIMENTO (S) =  $4.5 \times 10^6 \text{ m}^3$

1	2	3	4	5	6
ELEVACION m. s. n. m.	P	V (PH)	S-V (PH)	HA (PH)	$\Delta^{\circ}$ (P)
139.0	0.029	0.08	4.42	2.38	1.86
141.0	0.088	0.36	4.14	6.035	0.686
143.0	0.147	0.75	3.75	8.50	0.441
145.0	0.206	1.30	3.20	10.79	0.296
147.0	0.265	1.95	2.55	12.92	0.197
149.0	0.323	2.70	1.80	14.79	0.122
151.0	0.382	3.65	0.85	16.66	0.051

de deposición del sedimento permanece constante a través de la profundidad del embalse. A partir del punto de intersección se lee la elevación relativa del nuevo fondo del embalse ( $P_0 = 0.06$ ) y se evalúa  $P_0 H = 0.06 \text{ por } 34 = 2.04 \text{ m.}$ , por lo que la elevación del nuevo fondo del embalse será  $138.0 + 2.04 = 140.04 \text{ m s n m.}$

5.- A partir de la figura 8 tomada de la referencia 7, y en la curva tipo III se evaluaron los valores de áreas relativas, AP, las mismas que se encuentran en la columna 5 del cuadro 5.

6.- Se procedió a evaluar el factor K1, dividiendo el área original a la nueva elevación cero para el área relativa correspondiente a esta elevación:  $K1 = 0.2460$ .

7.- Se calculó la columna 6 del cuadro 5 multiplicando la columna 5 por el valor de K1.

8.- Se evaluó el volumen de sedimento (columna 7) con el método del área media usando los datos de la columna 6.

9.- Los valores de la columna 8 corresponden a los volúmenes de sedimentos acumulados, obteniéndose un valor de  $S1 = 8.3368 \text{ m}^3 \times 10^6$ .

Como se podrá observar, este valor no concuerda con los  $4.5 \text{ m}^3 \times 10^6$  estimados previamente, por lo que será necesario evaluar un nuevo factor K de la siguiente manera:

$$K2 = K1 (S/S1) \quad K2 = 0.1286$$

Con este nuevo valor de K se repite el procedimiento a partir del paso 7.

10.- El área corregida de la columna 9 se la obtiene con la diferencia entre las columnas 2 y 6.

11.- El volumen corregido de la columna 10, se lo obtiene como la diferencia entre las columnas 3 y 8.

De esta forma, la curva de almacenamiento modificada por el sedimento al cabo de 50 años se presenta e la figura 9 y se la obtuvo a partir de las columnas 1, 9 y 10.

#### 4.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- Se estableció en 4.5 millones de m<sup>3</sup> el volumen de azolve del embalse Misbaque durante la vida útil del proyecto estimada en 50 años, el mismo que se fundamenta en la evaluación de la erosión potencial realizada con gran criterio en la referencia No. 1, afectada por un factor de cedencia cauteloso, tomando en consideración la calidad y cantidad de la información disponible en el sitio de interés.

- En función de la producción de sedimento se evaluó la distribución del mismo en el embalse lo que visualiza una acumulación de material al pie de la presa de algo más de 2.0 m., situación que permitirá definir con mejor criterio la altura de la toma de la presa.

- Considerando que la cuenca de drenaje arroja estimados de erosión altos, sería importante implementar estudios de conservación de la cuenca a efectos de reducir los procesos de erosión y los impactos ambientales del proyecto.

- Organizar campañas de muestreos periódicos de sedimentos, a efectos de realizar evaluaciones de producción de sedimentos que respondan a métodos directos que den una mayor confiabilidad del resultado.

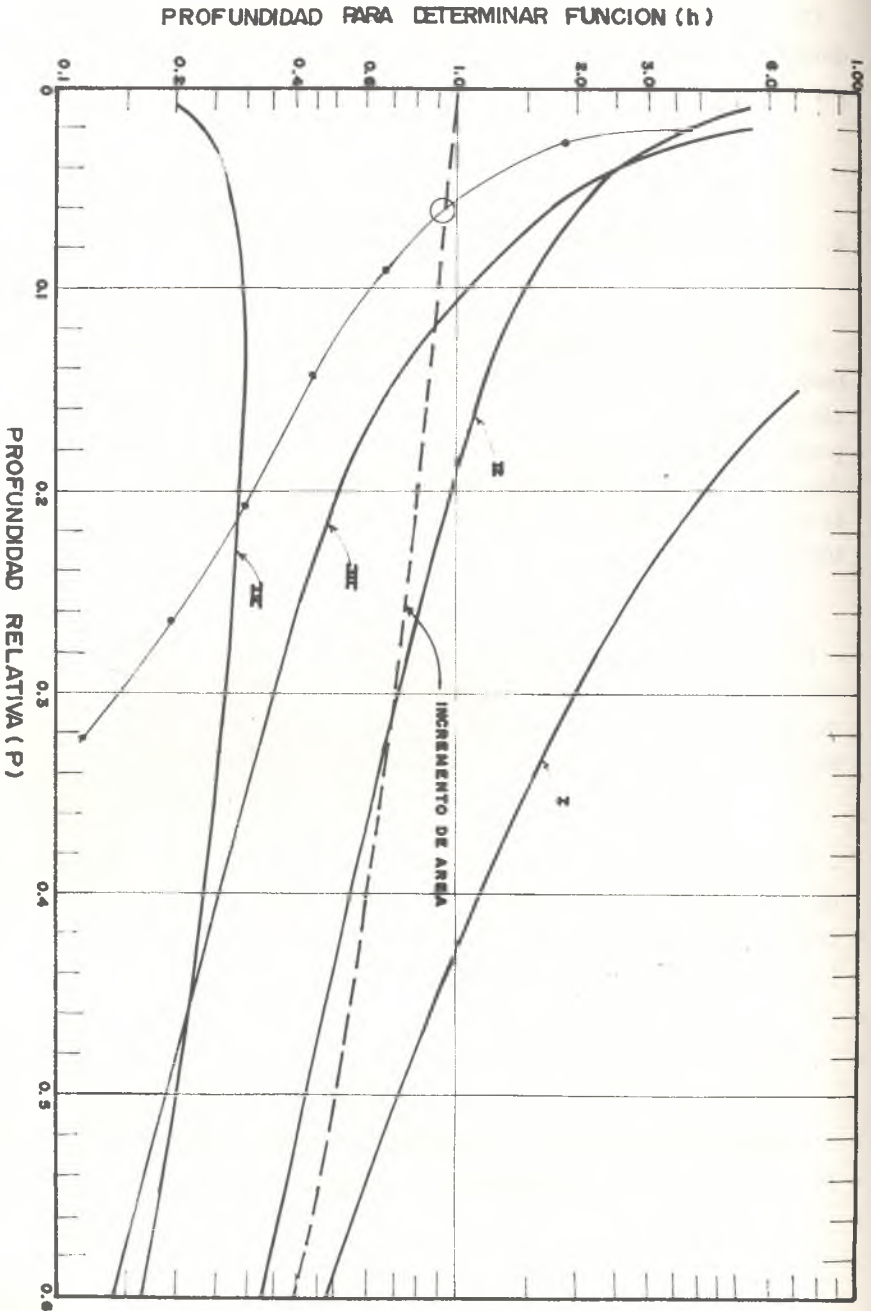
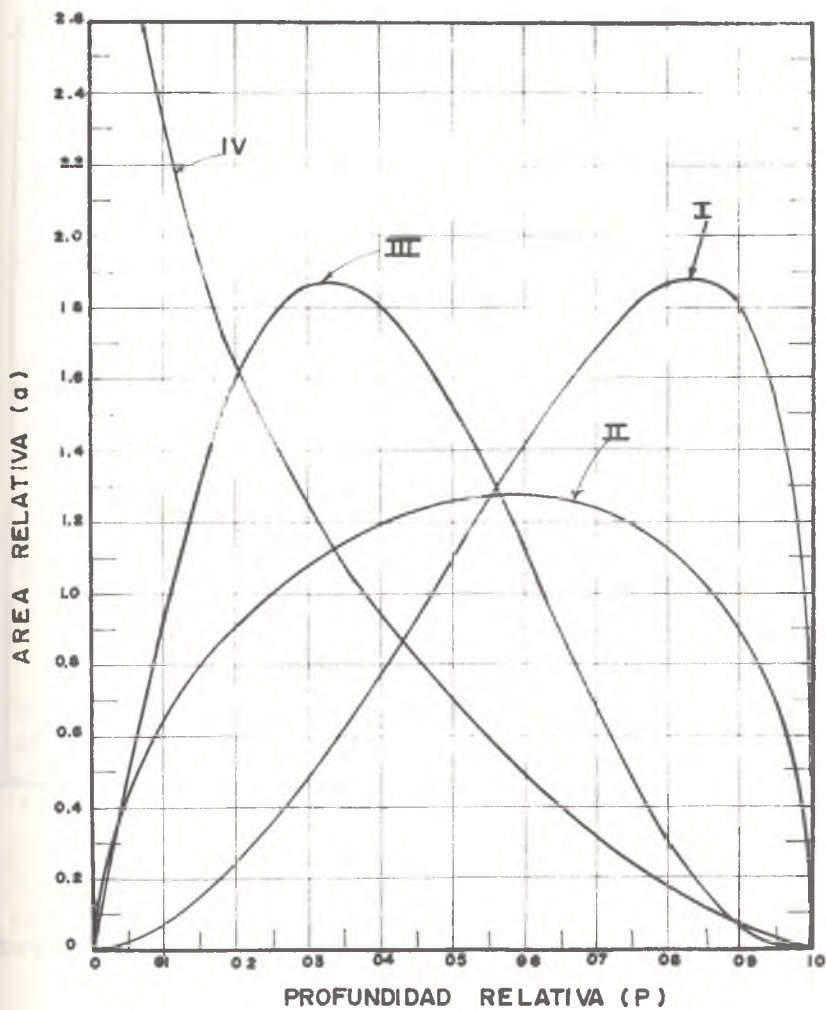
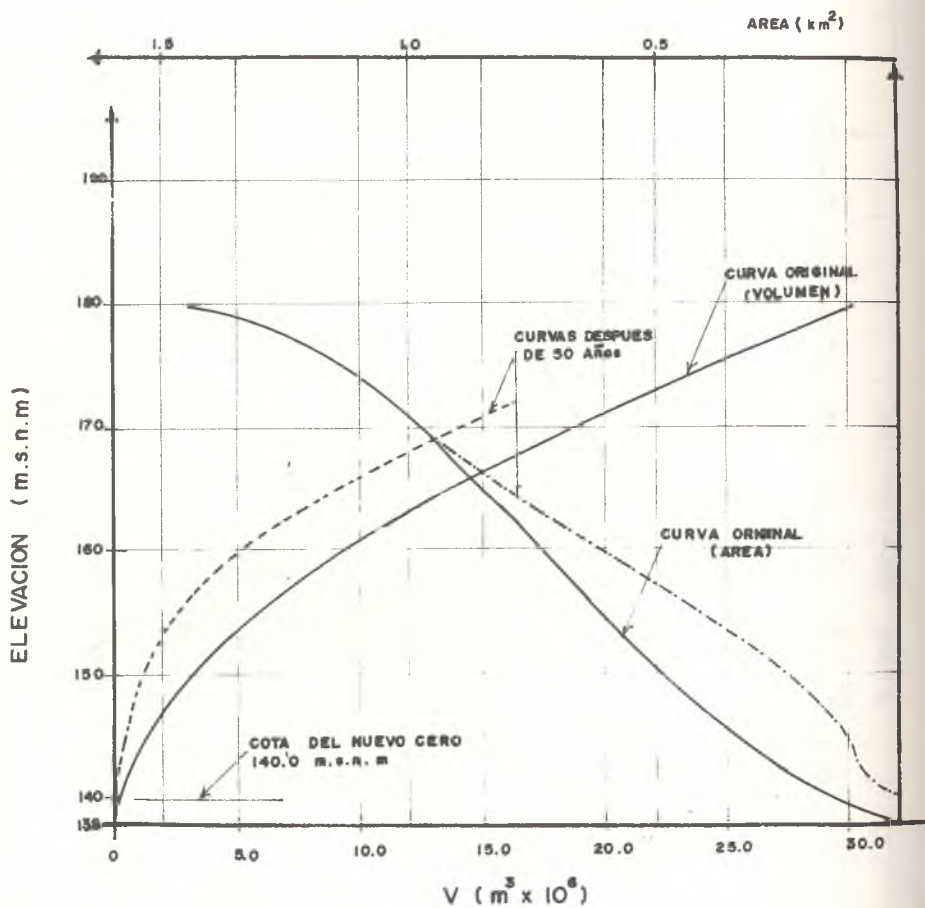


FIGURA : 7



CURVA DE ALMACENAMIENTO DEL EMBALSE MISBAQUE



FIGURA

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- "EROSION Y SEDIMENTOS" Plan Integral de Desarrollo de los Recursos Hídricos de l Provincia de Manabí convenio CRM, INERHI, CONADE, OEA, Portoviejo, ECUADOR, 1988.
- 2.- "SEDIMENTOLOGIA", Segunda Fase de los Estudios de la Cuenca Baja del Río Guayas, CEDEGE, julio 1984.
- 3.- VANONI A. V., Editor (SEDIMENTATION ENGINEERING), Prepared by the ASCE. TASK Committee for the preparation of the Manual on Sedimentation of the Sedimentation Committee of the Hidraulics división 1977.
- 4.- Strand R.I and Perverton E.L., "RESERVOIR SEDIMENTATION ", Technical Guideline for Bureau of Reclamation, U.S Department of the Interior. Denver Colorado October 1982.
- 5.- Toala M., "ESTUDIO SEDIMENTOLOGICO DEL RIO PAJAN", Tesis de grado previo a la obtención del título de ingeniero civil, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, 1987.
- 6.- "DETERMINACION DEL VOLUMEN DE SEDIMENTOS EN LA PRESA PAJAN", Documento de Trabajo, Junta de Recursos Hidráulicos de Jipijapa y Paján.
- 7.- "DESIGIN OF SMALL DAMS", U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Washington 1977.