

# C O N T E N I D O

	Pág.
INTRODUCCION .....	1
DESCRIPCION GENERAL .....	1
DATOS DISPONIBLES .....	2
APORTES DE SEDIMENTOS EN SUSPENSION. RIO GUARICO, LA PUERTA .....	2
CARACTERISTICAS DE LOS SEDIMENTOS. SITIO PRESA LAS VEGAS. MATERIAL DE LECHO .....	3
MATERIAL EN SUSPENSION .....	4
PESOS UNITARIOS .....	5
ESTIMACION DEL TRANSPORTE SOLIDO. SITIO PRESA LAS VEGAS .....	5
TRANSPORTE EN CRECIENTES .....	8

## RENDIMIENTO DE SEDIMENTOS. HOYA SUPERIOR DEL RIO GUARICO

### INTRODUCCION

En este informe se describen las características de los sedimentos y el comportamiento del transporte sólido en la cuenca superior del río Guárico. Se hace especial énfasis al sitio de presa Las Vegas, donde se ha estimado la magnitud del rendimiento de sedimentos, así como una evaluación del acreo probable para crecientes con diferentes períodos de retorno.

### DESCRIPCION GENERAL

La cuenca superior del río Guárico se encuentra ubicada en la región Centro-Norte de Venezuela sobre la Cordillera de la Costa. El río Guárico tiene sus cabeceras en las inmediaciones de la población de Belén a una altitud de 1000 m.s.n.m y drena en su cauce alto, áreas de la Serranía donde ésta comienza a manifestarse en sus máximos niveles topográficos. Corre en dirección Oeste-Este en el Estado Carabobo y gira ligeramente al NE en su divisoria con el Estado Aragua. Hasta el sitio de presa propuesto drena un área de 280 Km<sup>2</sup>, lo cual representa un 52% del área correspondiente a la estación fluviométrica La Puerta, cercana a la ciudad de San Juan de Los Morros. Hasta el sitio de presa Las Vegas recolecta numerosos cauces de cursos cor-tos, pero de elevadas pendientes, los cuales contribuyen, por el gran control

que ejerce la topografía y los relieves abruptos a desarrollar un patrón rectangular de drenaje muy bien definido; la divisoria norte y sur le separan de las áreas que drenan hacia el Lago de Valencia y los altos llanos centrales de Venezuela respectivamente.

La litología y edad de las rocas expuestas en la casi totalidad del área drenada hasta el sitio de presa, se catalogan como igneas indiferenciadas y cretáceometamórficas.

#### DATOS DISPONIBLES

Durante el período 1945-1947 se efectuaron aforos esporádicos durante algunos meses en la estación Boca Chica, cercana al sitio de presa; no se efectuaron entonces muestreos de sedimentos. En octubre de 1969 se procedió a efectuar en el mismo sitio, muestreos de materiales en suspensión y lecho para efectuar análisis granulométricos y tener una idea de las características de los sedimentos, simultáneamente se procedió a efectuar mediciones de caudales. No se dispone de datos correspondientes a un período suficientemente largo, por lo que métodos indirectos se usarán para estimar el aporte sólido de la región. Las estaciones fluviométricas más cercanas al sitio son: Parcela Chavero (6 años de registro) y La Puerta sobre el río Guárico, la primera sobre el río Tocarón, un afluente del Lago de Valencia.

#### APORTES DE SEDIMENTOS EN SUSPENSION. RIO GUARICO, LA PUERTA

En el gráfico 1 se señalan los resultados del transporte de sedimen-

tos en suspensión para el período 1951-1968. Del mismo se observa que mientras los volúmenes anuales no exceden notablemente al valor promedio (excepto 1963-1964) y en algunos casos muy inferiores, se han registrado incrementos notables de la concentración respecto al valor medio de 0.9%. Este hecho se atribuye al trazado de vías y cortes intensivos para la construcción de autopistas, lo cual ha acelerado en los últimos años, la tendencia de la hoya superior a suministrar mayores cantidades de materiales sólidos. En el área correspondiente hasta el sitio de presa, este efecto es considerablemente de menor gravedad.

Resumiendo, pueden señalarse como características generales del escurrimiento y el transporte de sólidos en suspensión hasta el sitio La Puerta, los siguientes:

Período de registros confiables .....	17 años
Volumen escurrido medio anual .....	120 mill. m <sup>3</sup>
Lámina media anual escurrida .....	223 mm.
Acarreo en suspensión .....	83 mil ton.
Concentración media anual del sedimento en suspensión .....	0,9 % en peso
Rendimiento medio anual del se- dimento en suspensión .....	133 ton/km <sup>2</sup>
Peso unitario del sedimento su- mergido .....	1 ton/m <sup>3</sup>
Grado de correlación gastos-trans- porte en suspensión .....	buena

## CARACTERISTICAS DE LOS SEDIMENTOS. SITIO PRESA LAS VEGAS

### MATERIAL DE LECHO

Muestras de sedimentos de lecho y en suspensión del sedimento en el sitio de presa, se han realizado en el mes de octubre de 1969 y posteriormente se analizaron por medio mecánico usando tamices standard para los primeros y el método de la pipeta para los segundos. Simultáneamente se procedió a efectuar mediciones de caudales para establecer las relaciones entre el gasto, la cantidad y tipos de los componentes en los sedimentos tanto del lecho como en suspensión para esas condiciones particulares.

En el gráfico 2 se señalan las curvas granulométricas obtenidas en ambos casos, mostrándose adicionalmente en el cuadro 1, los resultados numéricos obtenidos, así como los pesos específicos de los materiales, también determinados usando el método del pignómetro.

Para el material de lecho se ha obtenido un rango de diámetros comprendidos entre 0,05 mm y 20 cms, excediendo la grava al 30% en peso respecto a todo el material, este hecho hace pensar en la posibilidad de aprovecharle mediante separación mecánica para la construcción de los filtros de la presa con lo cual se harían más onerosos los costos, al no requerirse transportes desde sitios distantes. En relación al bajo grado de escogimiento del material, se puede inferir el poco efecto del caudal, relativamente bajo, para seleccionar tamaños particulares del sedimento posiblemente removido y depositado por

crecientes previas.

#### MATERIAL EN SUSPENSION. OCTUBRE 1969.

Se han usado Muestreadores Integradores para tomar las muestras del sedimento en suspensión. Para la fecha del muestreo, el caudal del río era de 6,75 m<sup>3</sup>/seg con una velocidad media de 0,85 m/seg, una sección transversal mojada de 7,92 m<sup>2</sup> y un ancho de 16,5 metros. El análisis del sedimento en suspensión reporta un 20% de arena fina y un 80% de limo (sin arcilla); la delimitación de los rangos de tamaño se hace según la clasificación M.I.T., además la concentración media del sedimento en suspensión fué de 0,02% en peso, resultante del muestreo en tres verticales elegidas, dos a 1/4 y 1/2 de las márgenes en la sección de aforo. De estos resultados, se infiere que el acarreo en suspensión es del orden de 116,64 ton/día, de los cuales 23,33 ton/día corresponden a la arena y 93,31 ton/día son de limo. El peso específico determinado para el material en suspensión fué de 2,53.

#### PESOS UNITARIOS

Dada la importancia del peso unitario del sedimento para la determinación de la capacidad muerta en el embalse, se ha procedido a efectuar una estimación de acuerdo con las características granulométricas y el peso específico. Esta propiedad es entre todas las que caracterizan al sedimento, la que tiene menos variaciones. Si se consideran valores normales de 1,65 ton/m<sup>3</sup> y

1,23 ton/m<sup>3</sup> para la arena y limo, respectivamente, se obtiene un valor ponderado de 1,20 ton/m<sup>3</sup> para el peso unitario sumergido del sedimento en suspensión, transportado por el río Guárico hasta el sitio de presa.

#### ESTIMACION DEL TRANSPORTE SOLIDO. SITIO PRESA LAS VEGAS.

La estimación de los volúmenes mensuales en el sitio de presa, se han hecho mediante correlaciones con los datos disponibles en la estación La Puerta, sobre el río Guárico, obteniéndose un coeficiente de correlación de 95%, valor éste que se considera muy aceptable para los fines del cálculo de sedimentos. De otra parte, se dispone de un record de buena calidad y suficientemente largo en aquella estación, en lo relativo al transporte de sólidos en suspensión.

En el cuadro 2, se especifican los valores medios mensuales estimados de volúmenes escurridos en el sitio de presa, deduciéndose que el volumen medio anual que aporta esa área particular de la hoya del Guárico, es del orden de 75 millones de M<sup>3</sup>.

#### CUADRO 2

##### RENDIMIENTOS MEDIOS MENSUALES DEL RIO GUARICO SITIO PRESA LAS VEGAS ESTIMADOS PARA EL PERIODO 1940-1968

Meses	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.
Vol.en mill.m <sup>3</sup>	2.02	1.37	0.85	1.34	2.83	2.26	9.01	10.17	14.37	13.51	11.04	3.14

En el procedimiento seguido para determinar el transporte sólido en el sitio de presa, se considera como criterio básico, que toda la cuenca se comporta como un sistema abierto, donde el escurrimiento y el transporte sólido guardan relaciones bi-unívocas definidas para cada cuenca en particular por sus condiciones geomorfológicas, las condiciones físico-químicas de los suelos y rocas, la densidad y tipo de cobertura vegetal y el comportamiento de los diferentes procesos del ciclo hidrológico.

Son bien conocidas por las experiencias de mediciones de acarreos y escurrimientos en la gran mayoría de las cuencas de nuestro país, las relaciones de proporcionalidad que existen entre ambos. En el caso particular de la cuenca superior del río Guárico, existen aguas abajo del sitio de presa, tributarios que han acelerado en los últimos años, su rata de suministro de sedimentos; esto nos lleva -como veremos del procedimiento a emplear- a sobrestimar la magnitud del transporte en el sitio de presa, pero hasta un valor que por estar en la margen de la seguridad, se considera aceptable. Aparte de este hecho, no existen variaciones significativas de los factores previamente citados que modifiquen el razonamiento a aplicar para estimar la magnitud del transporte en el sitio de presa.

Si se considera que en cada tramo del cauce principal, el rendimiento de sedimentos,  $-T$  (ton/km<sup>2</sup>/año)- es directamente proporcional al escurrimiento medio anual  $-E-$ , ó sea que lo anterior expresado en términos an

líticos puede indicarse en la forma siguiente:

$$T = KV$$

donde:

K es un factor de proporcionalidad que depende de los factores que condicionan el transporte sólido en la cuenca superior. Así, estableciendo las relaciones del acarreo y escurrimiento en las dos estaciones de interés, se obtiene un rendimiento de sedimentos en el sitio de presa de:

$$T_1 = \frac{E_2}{E_1} \quad T_2 = \left(\frac{120}{75}\right) 133 \text{ ton/km}^2/\text{año} = 213 \text{ ton/km}^2/\text{año}.$$

Valor éste notablemente superior al registrado sobre la estación Guárico en La Puerta como sería lógico esperar, correspondiéndole de acuerdo con el área drenada de 280 km<sup>2</sup>, un total medio anual de:

$$T_m = 280 \text{ km}^2 \times 213 \text{ ton/km}^2/\text{año} = 60.000 \text{ ton/año}$$

lo cual en términos de volumen anual, representan:

$$V_m = 50.000 \text{ m}^3/\text{año}.$$

## TRANSPORTE EN CRECIENTES

A objeto de prever el transporte sólido para crecientes típicas se

han aprovechado las crecientes deducidas por métodos indirectos. En el cuadro 3 se indican los períodos de retorno, el gasto pico, los volúmenes y los acarrees deducidos, adoptando valores medios de la concentración del sedimento, compatibles con los medidos en el sitio de presa.

### CUADRO 3

#### CRECIENTES TÍPICAS. MAGNITUDES DEL ESCURRIMIENTO Y TRANSPORTE PROBABLE

Período Retorno (Años)	Gasto (M <sup>3</sup> /Seg)	Volumen (Mill de M <sup>3</sup> )	Acarreo en suspensión (Ton)
5	152	3,44	17.200
10	253	5,74	40.180
25	380	8,61	77.490
50	468	10,62	106.200
100	570	12,92	155.000

Estos valores permiten dar una idea de la importancia de las crecientes en lo relativo al transporte en suspensión.

David Pérez Hernández

DPH/mv  
09-10-72