

# Laboratorio de Hidráulica Aplicada

SALTO GRANDE

LABORATORIO DE HIDRÁULICA



INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIA Y TÉCNICA HIDRÁULICAS

ESTUDIO SOBRE MODELO DE LAS OBRAS DE SALTO GRANDE

- CAPITULO X -

Investigador Responsable:

Dr. Raúl A. LOPARDO

Investigadores Asociados:

Ing. Fernando J. ZARATE

Ing. Jorge A. ORELLANO

Supervisión:

Dr. Moisés S. BARCHILON

Dr. Alfonso PUJOL

EZEIZA, mayo de 1974.

L.H.A.-9-010-74

Ministerio de Obras y Servicios Públicos  
Subsecretaría de Recursos Hídricos  
Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas  
LABORATORIO DE HIDRAULICA APLICADA

ESTUDIO SOBRE MODELO DE LAS OBRAS DE SALTO GRANDE

CAPITULO X - Ensayos del lecho amortiguador de energía

Raúl A. Lopardo, Fernando J. Zárate, Jorge A. Orellano

Resúmen: En el modelo bidimensional del vertedero de Salto Grande, a escala 1:60 se ensayan ocho variantes de cuenco amortiguador de energía presentados por los proyectistas, sobre la base de platea plana con resalto forzado mediante distintas filas de dientes de choque, respecto de su eficiencia en cuanto a la disipación de energía de caída.

Descriptores: Vertederos; Disipadores de energía; Bloques de disipación; Modelos hidráulicos.

Geográficos/Institucionales: Salto Grande - río Uruguay

Ezeiza, mayo de 1974

De acuerdo con el programa de ensayos en canal vidriado propuesto por MAIN y Asociados se ha investigado el comportamiento del lecho amortiguador a fin de lograr una disipación de energía satisfactoria para condiciones normales de funcionamiento del embalse, cota + 35,00.

En esas condiciones el caudal que escurre por el río Uruguay a través de las obras es del orden de  $55.000 \text{ m}^3/\text{s}$  absorbiendo el vertedero  $47.000 \text{ m}^3/\text{s}$ , lo que equivale a  $2520 \text{ m}^3/\text{seg}$ . por vano.

#### 1 - Primera variante

El cuenco disipador mantiene las mismas dimensiones básicas del anteriormente estudiado, con la inclusión de dientes de choque en dos filas, rectificación de parte inferior del perfil y diente final del cuenco con paredes verticales, de acuerdo con el "perfil original modificado la y 2a etapas" que figura en el gráfico SKH-111 de la firma consultora.

Si bien el funcionamiento del lecho por efectos de los dientes ha mejorado, aún existe un importante exceso de energía que en forma de ondas superficiales se traslada hacia aguas abajo.

Se realizaron mediciones de perfiles de velocidad que permiten estimar una disipación de energía en el cuenco del orden de 21 %.

Las fotografías N°1, N°3 y N°5 ilustran el estado de régimen del sistema analizado. El lecho del río aguas abajo del diente debió ser materializado con gravilla de gran tamaño (corresponden a bloques esféricos de 2,4 m de diámetro en prototipo) pues el efecto erosivo aún resultó importante.

En la sección final del disipador, sobre el diente vertical allí ubicado, se ha registrado el perfil de velocidad, que se incluye en la figura N°1.

#### 2 - Segunda variante

A solicitud de la firma consultora, y de acuerdo a anteriores recomendaciones de este Laboratorio (Capítulo VII del Informe

de Estudios sobre Modelos) se incrementó la longitud del lecho en 15 metros. La recomendación del Laboratorio implicaba una longitud algo mayor. Además se modificaron las dimensiones de los dientes superiores, aumentándose hacia aguas abajo su longitud en tres metros.

En este caso, y previendo aún pequeñas modificaciones de optimización, se aprecia un satisfactorio funcionamiento del lecho, obteniéndose aguas abajo una superficie libre aceptablemente estable, sin la presencia de fluctuaciones violentas, que caracterizaran las anteriores soluciones propuestas.

Las fotografías N°2, N°4 y N°6 permiten apreciar gráficamente lo expuesto. La erosión al pie ha disminuído notablemente, habiéndose utilizado a efectos de su visualización gravilla de menor tamaño (del orden de un metro de diámetro en prototipo) que resultara inestable para los anteriores ensayos. Se observa, en forma impermanente, aguas abajo del lecho y en la superficie del agua la aparición de un pequeño resalto.

De la fotografía N°2 surge que el resalto localizado ha elevado el nivel en la zona del eje de la compuerta, por lo que el proyectista deberá prever la protección adecuada al sistema mecánico.

Las velocidades medias al pie del diente son inferiores a las obtenidas para el caso anterior y la disipación se incrementa a un 24 %.

Los datos de velocidades y energía se presentan en la figura N°2.

### 3 - Tercera variante

El lecho disipador mantiene las mismas dimensiones básicas del anteriormente estudiado, con la inclusión de dientes de choque en el centro de la parte horizontal del mismo, los cuales fueron propuestos por MAIII y Asociados.

El funcionamiento del lecho ha mejorado notablemente aunque todavía se observan en la superficie ondas de pequeña magnitud, que se trasladan hacia aguas abajo.

La medición de los perfiles de velocidad arroja como resultado una velocidad media a la entrada al resalto de  $15.67 \text{ m/s}$  y una velocidad media a la salida, sobre el diente de  $6.82 \text{ m/s}$ , con cuyos valores hemos estimado una pérdida de energía de 27 %. Al igual que en las pruebas anteriores se materializó el fondo rocoso con gravilla de tamaño medio entre 1" y 1/2" que representa en prototipo rocas de aproximadamente 1 metro de diámetro y en las fotografías se observa la forma del lecho tras el pasaje de la crecida.

Las fotografías N°7, N°8 y N°9 ilustran el estado de régimen del sistema analizado.

#### - Cuarta variante

El lecho disipador mantiene las mismas dimensiones básicas del anteriormente estudiado, con la translación hacia aguas abajo en 10 m de la última fila de dientes colocada (baffle piers). Si bien se obtiene alguna mejoría en cuanto a la superficie libre aún aparecen ondas de pequeña importancia, y no es esta la situación óptima de funcionamiento del lecho amortiguador.

La medición de los perfiles de velocidad arroja como resultado una velocidad media en la entrada al resalto, de  $15,50 \text{ m/s}$  y una velocidad media a la salida sobre el diente de  $7.87 \text{ m/s}$  con cuyos valores se calculó una pérdida de energía de 25 %.

Las fotografías N°10, N°11 y N°12 ilustran esta situación.

#### 5 - Quinta variante

Se mantienen las mismas dimensiones básicas del lecho amortiguador que para el caso anterior, con la única variante que corresponde a la exclusión de la fila superior de dientes (en el perfil del vertedero).

Las mediciones de velocidad a la entrada al resalto y sobre el diente de salida del lecho dan  $15.67 \text{ m/s}$  y  $8.20 \text{ m/s}$  respectivamente con cuyos valores se calculó una pérdida de energía de 25 %.

Las ondulaciones superficiales reducen su magnitud a valores mínimos, lo que indica el correcto funcionamiento del lecho ensayado. A criterio de los investigadores del Laboratorio, esta solución es la más aceptable dentro de las características de borde

dadas por la Consultora (lecho plano a cota - 1, longitud de cuenco 65 m y dientes de choque).

El perfil de erosión en la zona móvil corrobora un buen funcionamiento del lecho disipador.

Las fotografías N°13, N°14 y N°15 ilustran la situación indicada anteriormente.

#### 6 - Sexta variante

Las dimensiones básicas, idem a la tercera variante, con la exclusión de la fila superior de dientes de choque.

El funcionamiento es casi idéntico al de la variante quinta como lo ilustran las fotografías N°16, N°17 y N°18, por lo que se considera tan recomendable como el considerado como quinta variante.

#### 7 - Séptima variante

Para esta variante se mantuvieron las mismas dimensiones del lecho amortiguador y se colocaron solamente los dientes de choque del pie del vertedero.

Aunque la diferencia de pérdida de energía no es notable se observan ondulaciones superficiales, y 50 m aguas abajo del fin del lecho, la presencia de un pequeño resalto superficial en forma discontinua, que en los dos casos precedentes no aparecía. Las mediciones de velocidad a la entrada al resalto y sobre el diente de salida del lecho dan 15.67 m/s y 8.31 m/s respectivamente, con cuyos valores se calculó una pérdida de energía de 24 %. El perfil de erosión corresponde a la forma clásica, visto en las variante anteriores.

Las fotografías N°19, N°20 y N°21 ilustran este caso.

#### 8 - Octava variante

Se mantienen acá las mismas dimensiones básicas que en el caso precedente, con la exclusión total de los dientes de choque.

Las mediciones de velocidad a la entrada al resalto y sobre el diente de salida del lecho dan 15,70 m/s y 9,44 m/s respectivamente a partir de los cuales se calculó una pérdida de energía de 21 %.

Las ondulaciones superficiales se aumentan respecto al caso anterior y el resalto superficial se forma intermitentemente y con mayor amplitud, trasladándose en forma de vaivén aguas abajo del lecho, lo cual crea una situación inestable en el escurrimiento.

La longitud del resalto supera a la longitud del lecho amortiguador como se observa en las fotografías N°22, N°23 y N°24. La erosión modifica el perfil de equilibrio final del lecho, respecto de los anteriores casos estudiados.

#### CONCLUSIONES

De las ocho soluciones estudiadas sobre modelo, las denominadas tercera, cuarta, quinta y sexta variante satisfacen los requerimientos del proyectista.

Considerando que las variantes quinta y sexta eliminan una fila de bloques de disipación, resultan evidentemente más aconsejables. Los bloques que han sido excluidos son los que se ubicaban en el mismo perfil del vertedero, involucrando problemas constructivos ya que estaban montados sobre parte del perfil de primera etapa y parte del definitivo, donde existirá una junta de construcción.

Queda a criterio de la Consultora la elección entre las situaciones quinta y sexta, ya que no existen razones hidrodinámicas que determinen una decisión.

Se deja establecido que la solución adoptada (variante quinta ó variante sexta) es la más satisfactoria entre las analizadas, es decir, cumpliendo las condiciones de borde fijadas por el proyectista (lecho plano de 65 m de longitud, a cota - 1 y con dientes de choque).

El Laboratorio vuelve a expresar sus dudas acerca del mantenimiento de los bloques en prototipo, ya que el dissipador funcionará constantemente bajo agua y no resultará fácil realizar reparaciones ó reposiciones.

Con respecto al comportamiento estructural el Laboratorio recomienda la realización de un análisis exhaustivo de los bloques, para definir los materiales en que serán construídos.

Finalmente, es interés del Laboratorio, con posterioridad a los próximos ensayos previstos en el canal vidriado, probar una nueva forma de disipador, que elimine los bloques propuestos.

ESTUDIO SOBRE MODELO DE LAS OBRAS DE SALTO GRANDE - CAPITULO X

FIGURA N° 1 Mediciones de velocidades

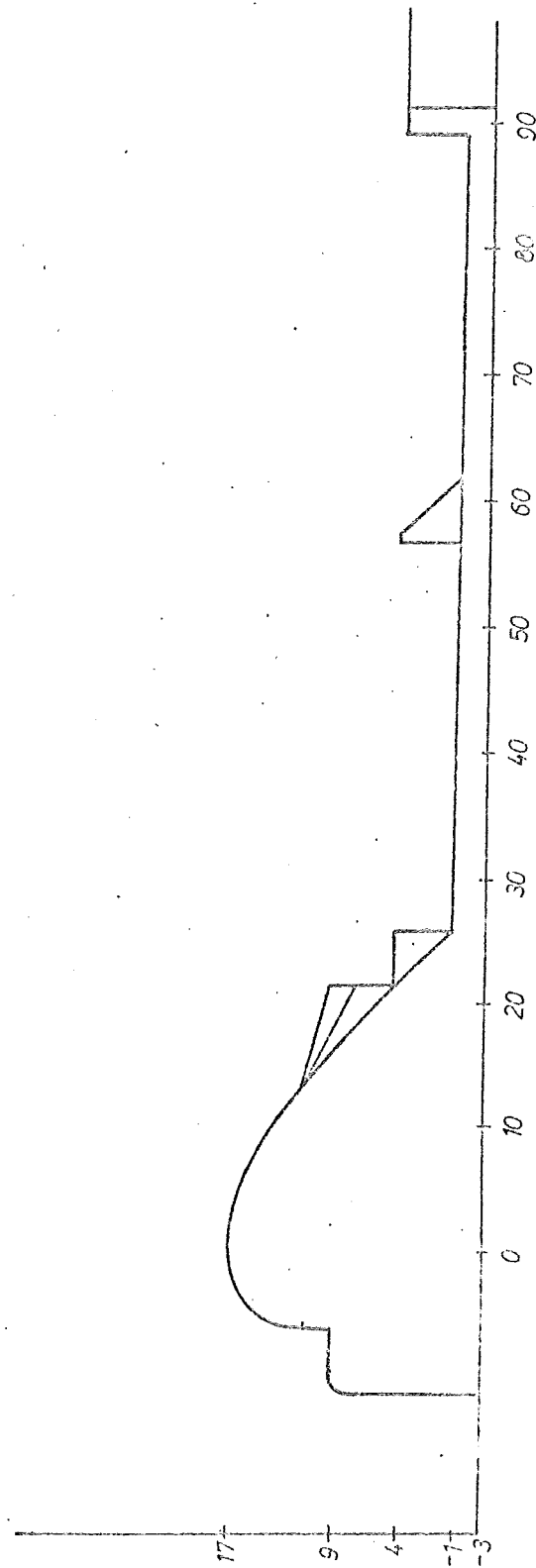
FIGURA N° 2 Mediciones de velocidades

(Originales consultar en la Biblioteca del Laboratorio de hidráulica aplicada)

LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA APLICADA

Estudio sobre modelo de Salto Grande

Ensayo del vertedero



Vertical Scale in Meters

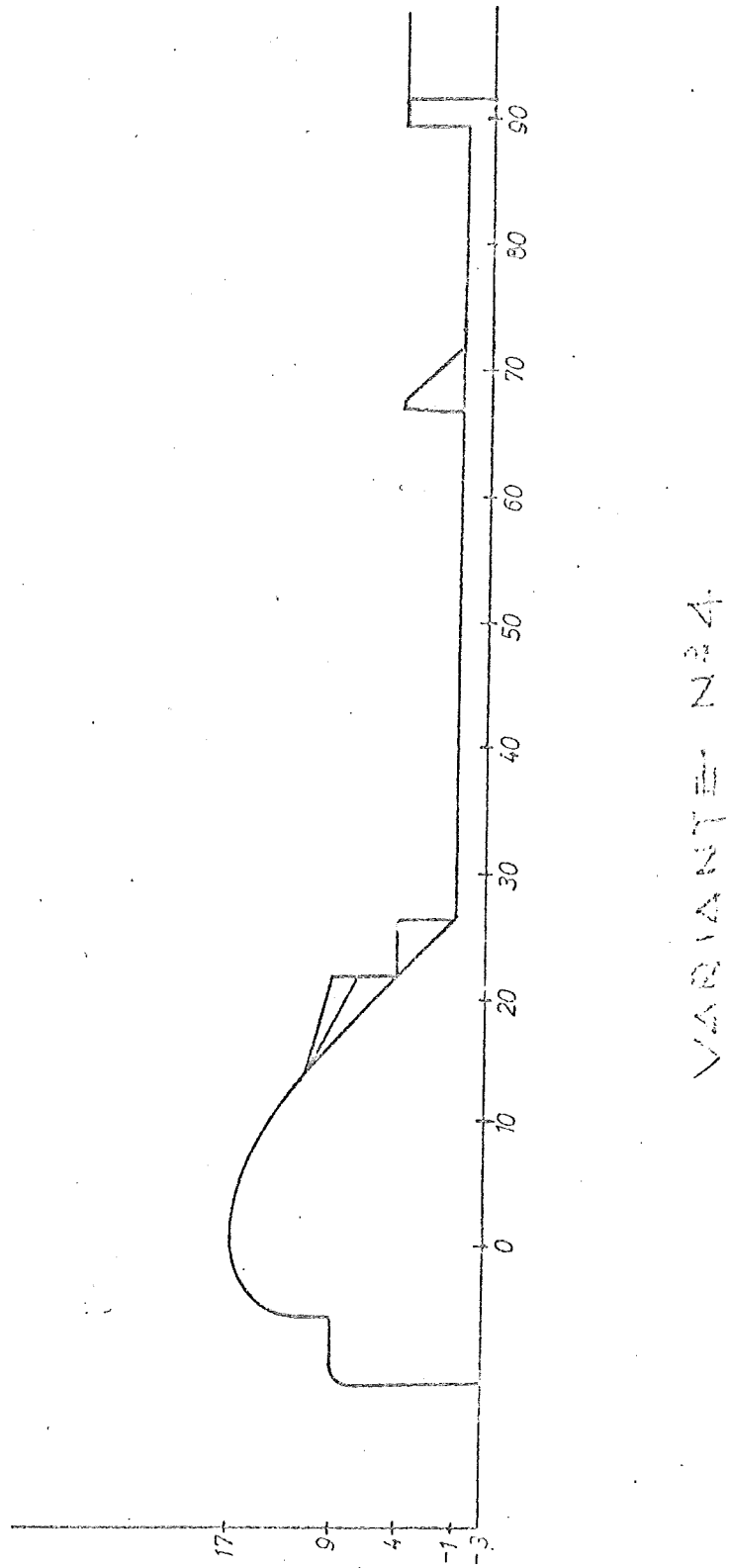
Perfil Vertedero y Lecho Disipador

FIGURA Nº 3

LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA APLICADA

Estudio sobre modelo de Salto Grande

Ensayo del vertedero



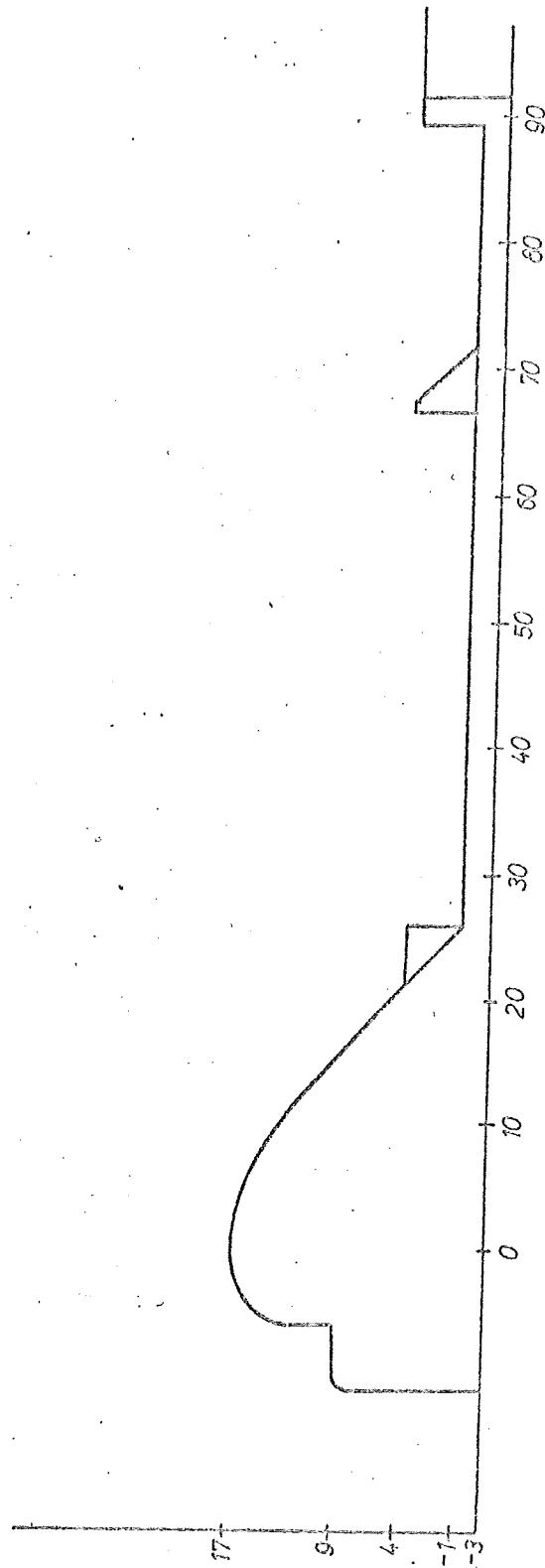
Perfil Vertedero y Lecho Disipador

FIGURA N° 4

LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA APLICADA

Estudio sobre modelo de Salto Grande

Ensayo del vertedero



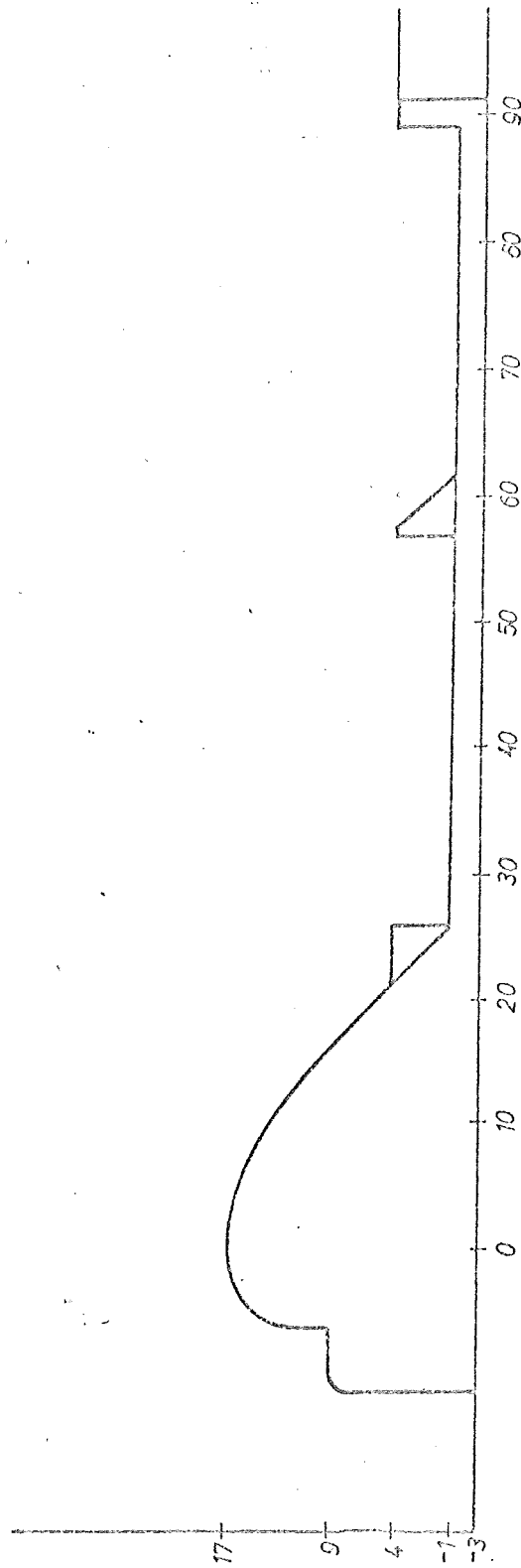
VARIANTE 10

Perfil Vertedero y Lecho Disipado

FIGURA N° 5

LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA APLICADA

Estudio sobre modelo de Salto Grande  
Ensayo del vertedero



VARIANTE Nº 6

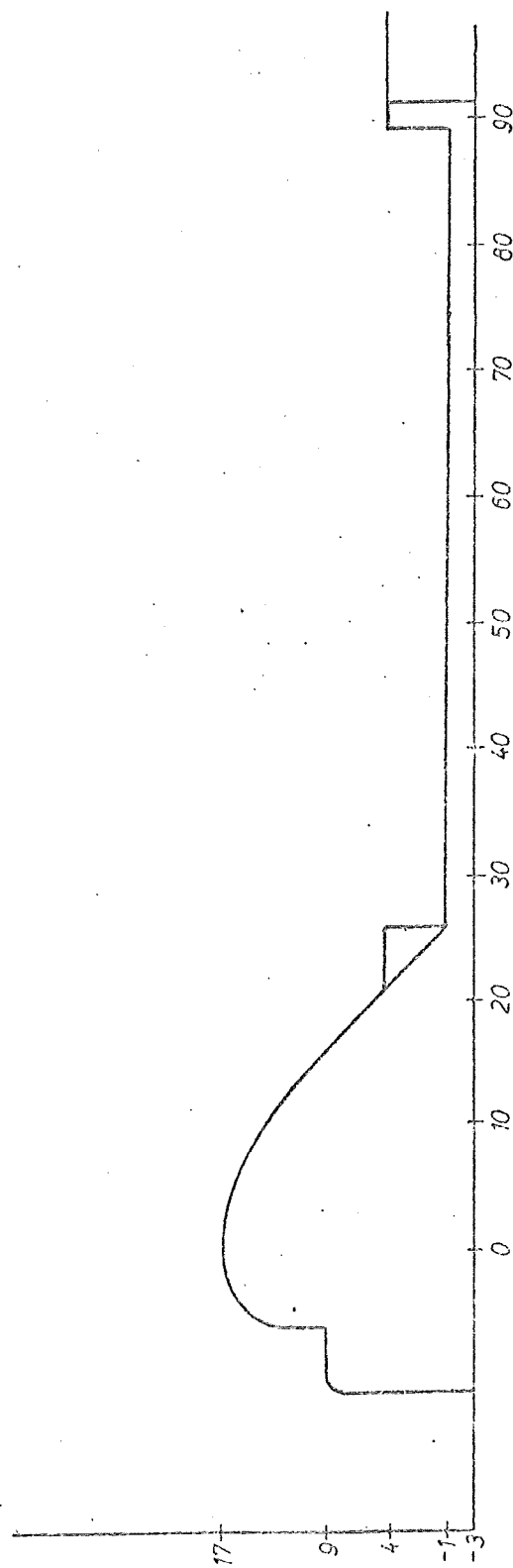
Perfil Vertedero y Lecho Disipador

FIGURA Nº 6

LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA APLICADA

Estudio sobre modelo de Salto Grande

Ensayo del vertedero



VALERIA Nº 7

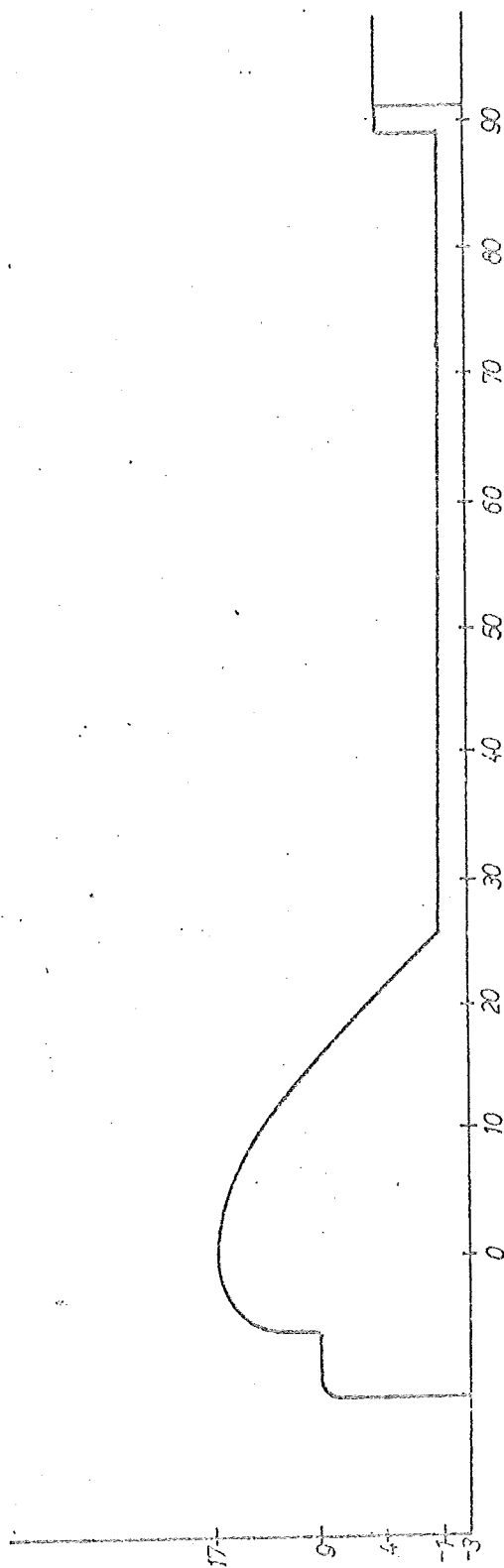
Perfil Vertedero y Lecho Disipador

FIGURA Nº 7

LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA APLICADA

Estudio sobre modelo de Salto Grande

Ensayo del vertedero



VERTEDERO

Perfil Vertedero y Lecho Disipador

FIGURA N<sup>o</sup> 6