

Laboratorio de Hidráulica Aplicada

SALTO GRANDE

LABORATORIO DE HIDRÁULICA



INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNICA HIDRICAS

LABORATORIO DE HIDRAULICA APLICADA - I.N.C.Y.T.H.
SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE HUMANO
MINISTERIO DE ECONOMIA DE LA NACION

LABORATORIO	INVENTARIO
	3824
	621.72
	1.64
	LABORATORIO DE HIDRAULICA APLICADA

ESTUDIO SOBRE MODELO DE LA PRIMERA ETAPA DE DESVIO
DEL RIO URUGUAY PARA LAS OBRAS DE SALTO GRANDE

Dr. Raúl Antonio LOPARDO
Jefe de Investigaciones

Ing. Fernando José ZARATE
Investigador Principal

Ing. Jorge ORELLANO
Investigador Asociado

SUPERVISION

Dr. Moisés S. BARCHILON
Director

Dr. Alfonso PUJOL
Vicedirector

EZEIZA, junio de 1974.

L.H.A.-12-001-74

Ministerio de Economía de la Nación
Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente Humano
LABORATORIO DE HIDRAULICA APLICADA - INCYTH

ESTUDIO SOBRE MODELO DE LA PRIMERA ETAPA DE DESVIO DEL RIO URUGUAY

PARA LAS OBRAS DE SALTO GRANDE

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

Resumen: El estudio en modelo permitió determinar la configuración mas adecuada para la primera etapa de cierre del rio, de acuerdo con las características constructivas de la obra, las posibilidades del equipo de la empresa, los parametros hidrodinamicos del flujo y los materiales existentes en la zona. Se definieron tamaños de roca, longitudes de avance, formas de espigones, posibilidades de hincado de celdas, navegación de pontones y factibilidad constructiva de las pilas del puente de servicio.

Descriptores: Hidrodinámica de enrocados; Cierres fluviales; Etapas constructivas; Modelos físicos.

Descriptores geográficos/institucionales: Salto Grande - rio Uruguay

Ezeiza, junio de 1974

INTRODUCCION

El presente informe sintetiza las tareas desarrolladas en el estudio sobre modelo de primera etapa de cierre del río Uruguay para las obras de Salto Grande, solicitado por la Empresa Constructora Salto Grande S.A., adjudicataria de la construcción civil de la presa.

El Laboratorio de Hidráulica Aplicada ha realizado y tiene en curso ensayos sobre modelo de las obras de Salto Grande, y para el estudio aquí tratado se ha utilizado el modelo general construido para satisfacer las investigaciones convenidas oportunamente con la Comisión Técnica Mixta de Salto Grande.

La citada Comisión Técnica Mixta ha permitido contar con ese modelo a la empresa adjudicataria de las obras, por nota DT/1865/74.

La Empresa Consultora Salto Grande S.A., ha elaborado un plan de ensayos con actualización diaria, que se concretó en un lapso de cuarenta y cinco días corridos, partiendo inicialmente de la variante del sistema concebido por el "Ingeniero" en el Plano C232220I, en que basó su propuesta al acto licitatorio.

El objeto fundamental de este estudio fue determinar la configuración más adecuada para la primer etapa de cierre, de acuerdo con las características constructivas de la obra, las posibilidades de equipo de la empresa, las características hidrodinámicas del río y los materiales existentes en la zona.

El modelo representa un tramo de río de 1,7 Km de longitud aguas arriba del eje de la presa y 2 Km de longitud aguas abajo de la misma, tomando un ancho de 2,75 Km que incluye el cauce y la planicie de inundación correspondiente.

Dadas las características de los ensayos realizados, el estudio ha estado dirigido en las diferentes pruebas a investigar distintos propósitos, obteniéndose conclusiones parciales respecto a tamaño de bloques para tramo de enrocado, longitudes de avance, límites

para el material fino impermeable, posibilidades de hincado de las celdas, dificultades de navegación de los pontones, factibilidad cons tructiva de las pilas del puente de servicio, etc.

2.- DETALLES TECNICOS DEL MODELO

2.1.- SIMILITUD

El equilibrio dinámico de una partícula líquida en una corriente se establece bajo la acción de las siguientes fuerzas fundamentales: peso, inercia, viscosidad, energía superficial y rozamiento.

En el estudio de modelos habituales de obras hidráulicas como el de Salto Grande, la viscosidad y la energía superficial pueden despreciarse, pues es perfectamente marcado el predominio de las fuerzas gravitacionales.

En esas condiciones, el modelo y el prototipo serán hidrodinámicamente semejantes si, guardándose la similitud geométrica, se cumple la invariabilidad del número de Froude,

$$F = \frac{v^2}{g h}$$

relación que liga velocidades y dimensiones lineales.

Designando e_L a la escala de longitudes definida como longitud del modelo dividida por longitud homóloga del prototipo, la condición de semejanza de Froude permite obtener las escalas de velocidades e_v y de tiempo e_t :

$$e_v = e_t = e_L^{1/2}$$

y la escala de gastos líquidos

$$e_Q = e_L^{5/2}$$

En este caso, modelo y prototipo deben ser geoméricamente semejantes, lo que involucra la existencia de una única escala de longitudes.

De acuerdo con condiciones contractuales establecidas, el modelo debió respetar una escala de longitudes $e_L = 1:125$, que es suficientemente generosa en relación con el carácter y dimensiones del estudio.

Teniendo en cuenta las relaciones arriba expuestas resultan:

- escala de longitudes $e_L = 1:125$
- escala de velocidades y tiempos $e_V = e_t = 1:11,18$
- escala de gastos $e_Q = 1:174.693$

En los ensayos de desvío del río, el efecto de rugosidad del cauce podrá eventualmente ser de importancia. En modelos que reproducen cortos tramos de ríos puede despreciarse este efecto pero, en todo caso, se requiere una calibración previa.

Si se tuvieran en cuenta las fuerzas de rozamiento, debería tenerse presente que, además de la condición de Froude, sería necesario el cumplimiento de la igualdad de coeficientes C de Chezy de prototipo y modelo

$$e_C = 1,$$

lo que implica una escala de rugosidades de Manning

$$e_n = e_L^{1/6},$$

es decir

$$e_n = 1:2,236.$$

Es indudable que las pérdidas de energía deben ser proporcionales al cuadrado de la velocidad, lo que implica la condición de escurrimiento turbulento rugoso. En este modelo, con gastos que superen los $4.800 \text{ m}^3/\text{s}$ en prototipo se obtienen números de Reynolds tales que aseguran el cumplimiento de la condición citada.

Dado el interés de conocer la estabilidad de los bloques al ataque de la corriente líquida, los espigones fueron representados por material granular suelto en el modelo.

La resistencia de un bloque de enrocado a la acción dinámica del escurrimiento, es una función directa de su peso propio y del coeficiente de forma.

Es indudable en tales circunstancias que las fuerzas predominantes en el fenómeno físico que interesan son las provenientes de la atracción gravitacional terrestre, justificándose ampliamente la ley de semejanza de Froude, con la que ha sido proyectado el modelo.

Debido a la condición precedente, el tamaño de bloques del modelo guarda una relación idéntica a sus homólogos del prototipo que el resto de las longitudes lineales, es decir 1:125, siempre que el peso específico del material utilizado sea el mismo.

2.2.- EQUIPAMIENTO E INSTRUMENTACION

2.2.1.- Dimensiones del modelo

Las dimensiones lineales del modelo han sido dadas por obligaciones contractuales, resultando para la escala elegida de 1:125 una longitud de 29,60 m en la dirección de la corriente.

Definiendo un ancho general a representar de 2750 m de prototipo, indispensables para reproducir adecuadamente los márgenes en toda su extensión hasta cota + 35 con cierto exceso, resultó una dimensión de 22,00 m en el modelo.

El total del modelo queda pues inscripto en un rectángulo de 29,60 x 22,00, que ocupa la parte central de la Nave N°6 de este Laboratorio, destinada a ensayos sobre modelo hidráulico.

Siendo el máximo gasto de crecida en prototipo a ensayar en esta etapa de 36.000 m³/s, la aplicación de la escala correspondiente lleva a considerar para el modelo la necesidad de alimentarlo con 206,1 l/s.

2.2.2.- Sistema de alimentación

La Nave N°6 de este Laboratorio posee un sistema general de distribución de agua a presión y una red interconectada de canales - cisterna que permite alimentar individualmente cada modelo.

El modelo fluvial de Salto Grande requiere un sistema mixto de alimentación, que utiliza el sistema de bombeo general para grandes gastos y un circuito particular para los más pequeños.

El sistema general de bombeo consta de una cisterna de 125 m³ de capacidad, duplicable con la red de canales, un conjunto de cuatro bombas centrífugas que suman 275 l/s y un tanque de nivel constante de 25 m³ de volúmen útil que regula el gasto invariable con una precisión mayor del 1%. Dicho tanque posee cuatro bajadas independientes de 10 pulgadas cada una, que eliminan el efecto de posibles variaciones de gasto en ensayos simultáneos de varios modelos. Una de esas tuberías de 10 pulgadas de diámetro se conecta al modelo en cuenco de tranquilización donde se guiarán los filetes líquidos que ingresan con alta velocidad.

El pasaje del agua al modelo propiamente dicho se produce por un sistema de nido de abejas materializado con ladrillos huecos a efectos de regularizar y direccionar el escurrimiento y provocar una adecuada pérdida de energía. Este método ha sido puesto a punto para este estudio, agregando un nuevo tranquilizador en el ingreso al modelo.

Para gastos que no excedan de 13.000 m³/s en prototipo se utiliza una bomba axial que aspira el gasto en un canal vecino al modelo y lo lleva a un sistema de medición por vertedero Rehbock de 0,60 m de longitud de cresta, que eroga sobre el cuenco de tranquilización, previamente descripto.

Para gastos mayores, y al utilizarse el sistema general, la medición de gastos es realizada a la salida del modelo con un nuevo vertedero Rehbock de 1,20 m de longitud de cresta, instalado en el canal de retorno.

2.2.3.- Control de nivel

El control de los niveles de agua, se realizó mediante una compuerta móvil ubicada en el límite de aguas abajo del modelo. Dicha compuerta móvil permitió para cada gasto, establecer una altura de agua tal, que se verifique en el modelo la ley H-Q dada para el prototipo. Para este estudio se ha dotado al sistema de un tornillo de regulación con calibre incorporado, a efectos de realizar el control de nivel por posición de la compuerta, ya que en el perfil 800 existe una perturbación cuando se ha modelado las obras de cierre.

2.2.4.- Instrumental de medición

Los niveles de agua a medir para los escurrimientos permanentes en el modelo fueron tomados en puntos fijos utilizándose limnómetros "Delft" para las lecturas, en tubos piezométricos ubicados exteriormente al modelo. Estos instrumentos permiten obtener lecturas con error no mayor de una décima de milímetro, equivalente a 1,25 cm del prototipo. Se han instalado cinco tomas para poder así conocer el nivel en el embalse, en dos puntos de interés cercanos a las obras, en el perfil 800 y en la zona límite aguas abajo.

La lectura de otros niveles ha sido obtenida por registro de un limnómetro ubicado sobre el carro de medición, nivelando respecto al cero del modelo.

Para la medición de velocidades de escurrimiento se ha utilizado un micromolinete "Delft", considerado como instrumento de avanzada en su tipo, con error no mayor del 2% en bajas velocidades y precisión creciente para valores más elevados, del orden de los registrados en la mayoría de los ensayos realizados.

El instrumento posee un indicador electrónico de ciclos por segundo, que ha sido conectado a un multímetro digital que permite obtener valores digitales integrados cada diez segundos.

Como metodología de medición, en cada ubicación del molinete se tomaron tres integraciones consecutivas de diez segundos cada una, adoptando como velocidad del punto considerado el promedio de las tres lecturas realizadas.

El registro de líneas de corriente en el sector de desvío del río se realizaron por exposición fotográfica mediante el uso de una cámara Hasselblad con objetivo Distagon y película de 400 ASA de sensibilidad.

Desde un punto ubicado sobre el modelo se han fotografiado trayectorias de flotadores (elementos de plástico ó simples recortes de cartulina), obteniéndose en algunas tomas las redes de escurrimiento y en otras, una interpretación de la distribución de velocidades superficiales.

ENSAYO N°1

A fin de poder evaluar la posibilidad del avanzamiento del espigón de roca, que forma parte de la ataguía aguas arriba de primera etapa de cierre, se construyó el espigón mediante avanzamientos parciales, determinando en cada caso las velocidades en los puntos de interés. El espectro de velocidades así determinado, permitió conocer para cada avanzamiento del espigón de roca, la velocidad en su cabecera; el punto hasta donde se puede avanzar con la ataguía impermeable, que se ubica aguas arriba del espigón de enrocado y la magnitud de las velocidades en la zona donde se deberán construir las celdas.

El límite de avanzamiento de la ataguía de suelos, se fijó adoptando como velocidad crítica en la cabecera $V_c = 0,30$ m/s en prototipo.

Para reproducir el espigón de roca, se utilizó en el modelo canto rodado, cuyo peso prototipo está comprendido entre 33 Kg y 262 Kg. , tomando como peso específico del canto rodado $\gamma = 2,38 \frac{Tn}{m^3}$. La prueba se realizó para un gasto prototipo $Q_p = 12.000$ m³/s.

Las configuraciones estudiadas durante el desarrollo de esta prueba fueron las siguientes:

Configuración	Posición de las ataguías respecto del mojón K	
	En roca	En suelo
a	900	---
b	1.000	900
c	1.050	950
d	1.100	1.000
e	1.150	1.050
f	1.200	1.100

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla N°1, siendo los puntos T₁, T₂, T₃, T₄, T₅ y T₆ los indicados en la Figura N°1.

ENSAYO N° 2

Esta prueba tiene idénticos objetivos que los enunciados para el ensayo preliminar, siendo en este caso el gasto $Q = 15.000 \text{ m}^3/\text{s}$.

Se realizó un primer grupo de determinaciones con el río libre (Situación "a", Tabla N°2), determinándose el espectro general de velocidades en las zonas donde luego se instalarían las ataguías de aguas arriba y aguas abajo.

A continuación se avanzó la ataguía en roca con canto rodado, comprendido entre 33 Kg y 262 Kg hasta 1.000 m del punto K (Situación "b", Tabla N°2), obteniéndose los siguientes resultados:

- la ataguía impermeable puede ser avanzada hasta 875 m del punto K, resultando en estas condiciones la velocidad en la cabecera del espigón de roca (1.000 m de K) $V = 2,72 \text{ m/s}$.
- en la zona donde se emplazarán las celdas (Puntos T₁ a T₈ de Tabla 2), el rango de velocidades se encuentra muy cercano a la velocidad límite admisible para la construcción bajo aguas de las mismas, que se fijará en 2,5 m/s.
- la zona de la ataguía de aguas abajo presenta velocidades contrarias a la corriente, cuyos valores solo permiten el avanzamiento de la misma hasta 850 m del mojón K.

Para la ataguía en roca, ubicada a 1.050 m del mojón K (Situación "c", Tabla N°2), se repitieron las mediciones, resultando posible en estas condiciones, llevar la ataguía impermeable de aguas arriba hasta 950 m del mojón K, en tanto la ataguía de aguas abajo puede ubicarse a 875 m del mojón K, en estas condiciones la velocidad en la cabecera del espigón de enrocado resulta $V = 2,92 \text{ m/s}$, en tanto, en la zona de celdas solo los Puntos T₁, T₂ y T₈, están por debajo de la velocidad admisible de colocación $V_{ad} = 2,50 \text{ m/s}$.

Avanzada la ataguía en roca hasta 1.100 m del mojón K (Situación "d", Tabla N°2), resulta posible construir hasta 950 m del mojón K la ataguía impermeable de aguas arriba, al igual que la de aguas abajo.

En la zona de celdas solamente se registran valores por debajo de la velocidad admisible para T₁ y T₂, mientras que en la cabecera de la ataguía de roca, la velocidad es $V = 3,04$ m/s.

Para el espigón de roca ubicado a 1.150 m del mojón K (Situación "e", Tabla N°2), ambas ataguías impermeables, se pueden llevar hasta 975 m de K. La velocidad relevada en la cabecera de la ataguía resulta $V = 3,30$ m/s. En tanto en la zona de celdas se mantienen las condiciones descriptas para la Situación "d".

Continuando el avance del espigón de enrocado se lo llevó hasta 1.200 m del mojón K (Situación "f", Tabla N°2), siendo posible en estas condiciones desplazar la ataguía impermeable de aguas arriba hasta 1.000 m de K, mientras la ataguía de aguas abajo pasa a la posición 1.050 m de K.

En esta situación se midió la velocidad en la cabecera del espigón de roca, obteniéndose $V = 3,73$ m/s, encontrándose en la zona de celdas, valores de velocidad que superan los 2,50 m/s, en todos los puntos.

Llevado el espigón de rocas hasta 1.240 m de K, que corresponde a su posición límite prevista (Situación "g", Tabla N°2), se obtuvieron los siguientes valores:

- avance límite de ataguía impermeable de aguas arriba 1.000 m de K.
- avance límite de ataguía impermeable de aguas abajo 1.200 m de K.
- velocidad en la cabecera de espigón de roca $V = 4,14$ m/s.

Para esta condición de avanzamiento, las velocidades en la zona de celdas superan la admisible, alcanzando valores de hasta $V = 4,35$ m/s.

En cada una de las situaciones antes enumeradas, se determinaron niveles de aguas arriba y aguas abajo de las obras, resultando los valores que a continuación se detallan:

Situación	Punto	Cota (m)
a	-	-
b	7 H	13,21
	7 V	13,10
c	7 H	13,76
	7 V	13,65
d	7 H	13,86
	7 V	13,60
	30 T	13,35
e	7 H	13,98
	7 V	13,75
	30 T	13,38
f	7 H	14,18
	7 V	13,77
	30 T	13,40
g	7 H	14,45
	7 V	14,08
	30 T	13,68

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se concluye que, si bien el proceso constructivo de las ataguías se puede materializar con rocas de tamaño reducido, será extremadamente dificultoso instalar las celdas cuando el río aporte un gasto de 15.000 m³/s.

ENSAYO N°3

Manteniendo las obras en el estado final correspondiente a la primera etapa de desvío según la configuración de Figura N°1, alcanzado en el Ensayo N°2, se prueba la posibilidad de efectuar el cierre longitudinal siendo el gasto del río $Q = 15.000 \text{ m}^3/\text{s}$.

El eje del cierre longitudinal está ubicado a 1.140 m del mojón K.

Los resultados obtenidos en este ensayo constan en la Tabla N°3, donde las situaciones estudiadas corresponden a:

Situación	Posición de la cabecera de ataguía longitudinal
a	21 I
b	25 I
c	30 I

Resulta destacable, que para las condiciones de ensayo fijadas ($Q = 15.000 \text{ m}^3/\text{s}$), el cierre longitudinal no altera los efectos hidrodinámicos desfavorables, que se producían sobre la zona de las celdas en el Ensayo N°2.

Las velocidades relevadas al pie de la ataguía longitudinal, una vez completado el cierre resultan:

Punto	18 K	21 K	25 K	29 K
Veloc. (m/s)	0,00	-0,12	-0,18	-0,28

donde el signo negativo marca corrientes contrarias al escurrimiento general.

ENSAYO N°4

Debido a que las velocidades detectadas en los anteriores ensayos para la zona de emplazamiento de las celdas, superan los valores límites fijados, se redujo el gasto para esta prueba a 5.000 m³/s.

Los valores de velocidad relevados para la atagüa en el estado representado en el plano que corresponde a la Figura N° 1 del presente informe, son los siguientes:

Punto	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈
Veloc. m/s	2,42	3,08	2,92	2,97	3,26	3,13	3,12	2,76

De la Tabla se desprende que aún para un gasto de 5.000 metros cúbicos por segundo, las condiciones constructivas de las celdas son muy desfavorables por lo que se decidió retirar el espigón de roca de aguas arriba a la posición 1.200 m del punto K, determinándose nuevamente el espectro de velocidades en la zona de celdas que ahora resulta:

Punto	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈
Veloc. m/s	2,21	2,35	2,26	2,38	2,56	2,55	2,48	2,60

Estos valores se consideran admisibles para la zona de tablastacado.

Para esta última configuración aparecen velocidades apreciables que actúan sobre la atagüa longitudinal en el sentido de la corriente, contrariamente a lo que sucedía cuando el espigón de roca de aguas arriba se encontraba a 1.240 m del punto K.

ENSAYO N°5

El objeto de este ensayo es determinar el campo de velocidades en la zona de construcción de celdas, a medida que éstas van siendo hincadas. También se ha prestado particular atención a las zonas donde deben operar las embarcaciones que se ocupan de esas tareas, pues es necesario el conocimiento de velocidades y niveles.

Se parte de la condición final del Ensayo N°4, en que la ataguía granular ha sido construída, y su espigón aguas arriba alcanza la progresiva 1.200 desde el punto fijo K, lo que en la cuadrícula del modelo representa la línea L.

El ensayo se realizó en su totalidad para un solo gasto, equivalente a 5.000 m³/s del prototipo, y fue subdividido en varias pruebas según se producía el aumento de cilindros que afectaban el escurrimiento. (Figura N°2).

Prueba 5 a:

Con la ataguía granular en la posición y situación utilizada para todo el Ensayo N°5 y sin la presencia de ninguna celda se determinaron los valores de velocidad de escurrimiento en los puntos denominados T₁, T₂, T₃, T₄, T₅, T₆, T₇ y T₈ a efectos de controlar que no sobrepasen los valores admisibles fijados por la Empresa Constructora.

Tal como puede observarse en la Tabla N° 4 correspondiente al ensayo 5-a, los puntos T₅, T₆ y T₈ sobrepasan los 2,50 m/s, valor que el Laboratorio considera límite aconsejable para sistemas tradicionales de hincado bajo agua. Del análisis de las ocho lecturas se extrae que para 5.000 m³/s las velocidades están dentro de ese rango límite (entre 2,21 m/s y 2,60 m/s) en la zona de trabajo.

Prueba 5 b:

En idéntica situación de la ataguía granular se colocan dos celdas, según se puede observar en el esquema correspondiente de la Figura N° 2 .

Para este ensayo se tomaron valores de velocidad siguiendo las líneas 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21 y 22 de la cuadrícula en la zona de celdas, detectándose en general que el orden de magnitud oscila alrededor de 2,5 m/s, pero es superado en muchos puntos de medición (Tabla N° 4). En las posiciones 15 LL, 15 M, 15 N, 16 M, 16 N, 16 Ñ y 20 N, las velocidades superan los 3 m/s.

Prueba 5c:

El ensayo se repite en las mismas condiciones pero con cuatro celdas, considerando que los dos equipos de hincado trabajan a igual ritmo en los dos frentes de ataque.

Se midieron velocidades en los puntos ya utilizados para la prueba 5b, observándose que con leves variaciones se repiten los valores obtenidos en esa circunstancia.

También se superan los 3 m/s en los puntos 15 LL, 15 M y 15 N, descendiendo algo los de la línea 16.

Prueba 5d:

En este caso se tiene la presencia de tres celdas en cada frente de ataque, por lo que existen seis cilindros perturbando el escurrimiento.

El rango de los valores obtenidos no difiere de los ya vistos para las pruebas 5b y 5c, notándose un aumento importante en el punto 20 U que pasa de 2,73 m/s (5a); 2,71 m/s (5b) a 3,08 m/s.

Prueba 5e:

Esta prueba repite las medidas de las anteriores (y adiciona otros puntos de interés) con la presencia de dos nuevas celdas (una en cada frente de ataque) con lo que suman ocho los cilindros colocados.

Se aprecia en general un leve incremento de las velocidades, pero aún manteniendo el rango de 1,93 m/s a 3,24, este último valor para el punto 16 N.

Prueba 5 f:

Con una nueva celda en cada frente de ataque, es decir diez en total, las velocidades han aumentado, y se llega a tener el 66% de las lecturas con valores que superan los 2,50 m/s, mientras que en la prueba 5b eran del orden del 50%.

La máxima velocidad leída correspondió al punto 15 LL, con 3,35 m/s.

Prueba 5 g:

Con doce cilindros de posición afectando la corriente, el campo de velocidades determinado se mantiene aproximadamente igual al detectado para la anterior prueba 5f, tal como puede observarse en los valores de la Tabla N° 4, que compendia todas las situaciones estudiadas.

Prueba 5 h:

Se incrementa con un nuevo par de cilindros, llevando a catorce las celdas colocadas. No se alteran sensiblemente las velocidades, pero en el punto 16 N, se llega a 3,58 m/s superándose así las máximas anteriores. También aumenta el salto, es decir la diferencia entre las cotas L₁ (aguas arriba) y T₂₄ (aguas abajo), según se aprecia en la Tabla N° 5.

Prueba 5 i:

Al colocarse dos nuevas celdas según el plan previsto por la Empresa, no aparecen diferencias sensibles en cuanto al rango de velocidades, como puede observarse en la Tabla N° 4.

Prueba 5 j:

Con dieciocho cilindros en el escurrimiento, se aprecia un aumento de las velocidades máximas que llegan a 3,67 m/s en 15 LL, a 3,63 m/s en 16 N y supera en otros tres puntos los 3,50 m/s. Es

visible ya, que el campo de velocidades en la zona en estudio presenta en varios puntos, valores que exceden los límites razonables para uso de equipos tradicionales de hincado y afectan el movimiento de embarcaciones.

Prueba 5 k:

Del análisis de los resultados obtenidos con veinte cilindros colocados, que constan en la Tabla N° 4, se extrae que en catorce puntos de la zona de trabajo se superan los 3 m/s, encontrándose para las ubicaciones 15 LL y 20 U, velocidades de 3,79 m/s y 3,82 m/s, que son exageradamente elevadas para permitir el proceso constructivo normal. En la Tabla N° 5, se observa que para este caso ya se ha logrado la máxima cota aguas arriba, de 9,05 m sobre cero del Riachuelo en el punto L₁, que identifica la sección 600 m aguas arriba del eje de la presa.

Prueba 5 l:

Este ensayo corresponde a una configuración ya compacta de celdas, veintidós en total, y muestra los valores finales a esperarse en esa circunstancia.

Los valores de velocidad decrecen algo en la zona de hincado, aumentando en las áreas libres al pasaje del escurrimiento, como se ve en la citada Tabla N° 4.

CONCLUSIONES

Como conclusión de este ensayo, el plano que incluye los valores máximos puntuales de velocidad, detectados a lo largo de las experiencias 5a a 5l, muestra que casi la totalidad de la zona de hincado de tablestacas y de movimiento de embarcaciones estaría afectada por velocidades superiores a 2,5 m/s, e incluso mayores a 3 m/s con lo que sería sumamente dificultosa la operación constructiva. (Figura N° 3).

Habiéndose realizado la investigación para un gasto de 5.000 m³/s, se aprecia que con gastos mayores la situación empeoraría aún más y para gastos menores, si bien podrían reducirse las velocidades a valores aceptables, el tirante de agua también disminuiría dificultando el movimiento de embarcaciones al limitar sensiblemente el calado.

ENSAYO N°6

Con gasto constante de 5.000 m³/s en prototipo, se parte del estado final del Ensayo N°5, con los veintidós cilindros ya hincados, los arcos interceldas cerrados, y la ataguía granular en progresiva 1.200 m respecto del punto fijo K.

El objeto de esta prueba es investigar la posibilidad de cierre total de enrocado aguas arriba, completando el espigón hasta alcanzar la línea de cilindros, teniendo en cuenta la estabilidad de la piedra utilizada.

La Tabla N°6 sintetiza los valores medidos durante este estudio.

En este estado inicial, con cabecera en 14 L (1.200 m a partir del mojón K), la velocidad de escurrimiento en sus proximidades (punto 14 LL), resulta de 3,25 m.

Se considera que aún con inestabilidad de parte del enrocado que se vuelca a la corriente, puede avanzarse mientras el volúmen estable sea considerablemente mayor. A efectos de simular el ritmo de volcado, de importancia ante el criterio de estabilidad adoptado, se consideró según iniciativa de la Empresa, un camión de 40 m³ de roca cada dos minutos, que en modelo representa un volúmen de 20,5 cm³ cada diez segundos aproximadamente.

Considerando tiempos y tamaño de enrocado del prototipo, en dos horas de operación con el ritmo considerado, la cabecera alcanzó la posición 14 LL, avanzando veinticinco metros con roca de 33 a 262 Kg de peso. Las velocidades (registradas en la Tabla N°6) varían entre 3,35 m/s junto a la cabecera, hasta 4,10 m/s en el punto de máxima cercano a ella.

Se continúa con el mismo tamaño de roca e igual ritmo, hasta alcanzar la cabecera la posición 14 M, es decir, otros veinticinco metros en tres horas, cuarenta minutos de operación. La velocidad medida, 3,52 m/s, no muestra un incremento por lo que el grado de estabilidad no ha variado con respecto al avance anterior.

En siete horas y diez minutos de operación, se ha avanzado el espigón de enrocado hasta 14 N, donde ya es posible observar (Tabla N°6) velocidades de 4,50 m/s en la estela que se forma por la presencia de la ataguía.

Aún con el mismo tamaño de roca, y a las nueve horas veinte minutos, se ha llegado a 14 N, donde la velocidad supera los cinco metros. La piedra utilizada, que demostrara estabilidad incipiente para la posición de cabecera en 14 LL, ya se hace insostenible, y cuando esta llega a 14 N, es necesario pasar a otro tamaño de enrocado, de 262 a 875 Kg de peso.

Con el nuevo tipo de roca se continúa el avance hasta 14 O, donde la velocidad ya llega a 5,25 m/s, y se completa hasta la línea de cilindros.

La totalidad del cierre llevó un tiempo de trece horas doce minutos, pero se supone que el tiempo en prototipo será necesariamente mayor, ya que no se ha demorado en el modelo para acondicionar y completar las partes de ataguía avanzadas, lo que resulta inevitable en la realidad. El valor es sólo indicativo de los órdenes de magnitud.

Al finalizarse el cierre, se ha realizado una serie de mediciones (Tabla N°6) de las que puede extraerse la cota de embalse (10,225 m sobre cero del Riachuelo) y el salto producido por el cierre entre 14 N y 16 N, que resulta de 2,03 m.

ENSAYO N°7

Debido a las condiciones adversas presentadas para el hincado de tablestacas bajo agua, que surgen nítidamente de los resultados obtenidos en el Ensayo N°5, se ha considerado de interés estudiar una variante del esquema general de la configuración de las obras en primera etapa de cierre que permita la posterior construcción de las celdas en seco.

La nueva disposición de ataguías es la correspondiente al plano MH-1-9 de la Empresa, presentada en este informe en la Figura N°4. En este caso se observa que los vanos de vertedero que evacuarán crecidas durante la segunda etapa de desvío se verán reducidos al limitarse el avance hacia margen argentina. Al aumentarse la sección libre de pasaje de agua en primera etapa, disminuyendo la contracción, se reducirá seguramente la erosión sobre margen argentina, en comparación a los registros obtenidos durante el estudio realizado con anterioridad por el Laboratorio de Hidráulica Aplicada (1).

El estudio dispuesto tiene por objeto analizar las posibilidades constructivas del esquema de obras trazado, determinándose para cada tamaño de roca la posible longitud de avance, y las velocidades y niveles de agua en puntos de interés, para un gasto del río de 14.500 m³/s.

Se ha considerado que un tamaño de roca debe ser reemplazado por otro mayor durante el avance de la ataguía cuando, siguiendo el ritmo de obra en escala, el volumen que es removido por la acción dinámica de la corriente supera al que queda estable, formando parte del espigón, considerando así un límite económico de estabilidad.

El ritmo constructivo adoptado, a solicitud de la Empresa, es equivalente en prototipo a un camión de 40 m³ de capacidad volcando su contenido cada dos minutos en el frente de ataque, y fue mantenido en las experiencias en todos los tramos de interés.

(1) Laboratorio de Hidráulica Aplicada: Ensayo sobre modelo de las obras de Salto Grande, Capítulo II, Ezeiza, julio de 1973.-

Se utilizó en el modelo canto rodado a escala 1:125 con la roca del prototipo, pero con un coeficiente de forma distinto, ya que la piedra en la zona de obra no resulta redondeada. Esta diferencia da a los resultados obtenidos para la estabilidad un margen de seguridad, pues la trabazón será mayor en prototipo que en modelo.

Con respecto al avance de la ataguía granular de aguas arriba, se desarrolló con piedra de peso comprendido entre 33 Kg y 262 Kg, hasta 1.375 m del punto fijo K, donde se cambió a roca de peso entre 262 Kg y 875 Kg con la que se construyó el enrocado hasta 1.400 m del punto K. Los siguientes metros requirieron roca de 1.134 a 2.104 Kg de peso, llegándose así a 1.425 m del punto K. A partir de este punto se trabajó con una mezcla de dos tipos de rocas que tenían por pesos límites 1.134 Kg/2.104 Kg (que venía siendo utilizada) y 2.104 Kg/3.240 Kg. La tabla que a continuación se expone resume los estados de avance alcanzados por cada tamaño.

Distancia respecto del punto K	Posición cuadrícula	Peso mínimo	Peso máximo
1.375 m	18 Q	33 Kg	262 Kg
1.400 m	17 R	262 Kg	875 Kg
1.425 m	17 RR	1.134 Kg	2.104 Kg
posición final	posic. final	1.134 Kg	3.240 Kg

El tramo crítico desde el punto de vista de la estabilidad del enrocado resultó la curva, donde la ataguía cambia bruscamente su dirección tomando hacia aguas arriba. Si bien en ese tramo ya se estaba utilizando la roca de mayor tamaño, fue necesario duplicar el ritmo constructivo llevándolo desde la posición 17 RR hasta 14 (R+12 metros) de la cuadrícula, a razón de un camión de 40 m³ cada minuto. Posteriormente, y hasta finalizar la construcción de la obra se utilizó un camión de 40 m³ cada dos minutos. Si bien los tiempos tienen errores importantes desde el punto de vista cuantitativo, la relación entre ellos puede ser de utilidad: desde 17 RR hasta 14 (R+12m) se tardó tres horas dos minutos de obra y hasta terminar la ataguía desde 14 (R+12m) se requirieron ocho horas cuarenta y ocho minutos.

Durante los ensayos se hicieron determinaciones de velocidades y niveles que constan en la Tabla N°7. De esos resultados, es posible extraer que con la cabecera en 17 O (a 1.325 m del punto K) el material suelto que va como espaldón impermeable aguas arriba de la ataguía en roca no puede pasar de la línea LL (1.225 m del punto K), pues allí la velocidad resulta de 0,72 m/s duplicando la admisible para estabilidad de material suelto (del orden de 0,30 m/s).

Una interesante medida resultó para esa posición de la cabecera en roca (17 O) colocar aguas arriba el material fino impermeabilizando la ataguía granular y determinar la diferencia en el nivel de aguas arriba L₁. Así pudo determinarse que por efecto de la impermeabilización, la cota 600 m aguas arriba del eje MK de presa ascendió de 14,47 m a 14,62 m, es decir quince centímetros, al limitarse la filtración a través del enrocado.

Estando la cabecera en 18 Q, estado límite para el primer tipo de roca, se miden 5,77 m/s en la posición 18 R, a veinticinco metros hacia margen argentina de distancia. Al llegar la cabecera a 17 R, la velocidad máxima determinada en sus proximidades fue de 5,94 m/s. Para la siguiente posición límite (17 RR) la velocidad máxima detectada resultó de 6,63 m/s y durante el resto del ensayo se midió el valor más alto con la cabecera en una posición 14 (R+12m) para el punto (14+12m)S, con 6,97 m/s de velocidad.

De estos valores se deduce la dificultad de cerrar el río en este estado de caudal, pues las velocidades alcanzan importantes rangos, llegando finalmente a los siete metros por segundo.

Con respecto a los niveles de agua, es posible señalar que desde 13,47 m que corresponde al río sin obras que modifiquen su geometría para el punto L₁, 600 m aguas arriba del eje de presa M-K, el nivel de agua crece en ese punto a medida que se va cerrando la sección transversal, llegando para los 14.500 m³/s del río a una cota 15,49 m a la terminación de la ataguía. El nivel de aguas abajo desciende de 13,19 m (para el río libre) a 12,45 m para el estado final, pero es necesario aclarar que esa cota está influenciada por la zona de recuperación cinética a la salida de la contracción.

El ensayo realizado ha sugerido que 14.500 m³/s parece un gasto demasiado elevado para la concreción del cierre del río, pues requeriría un esfuerzo y peso de material excesivo para llegar a la configuración planteada.

ENSAYO N° 8

Las dificultades encontradas en oportunidad de realizar el Ensayo N°7 para lograr el cierre de enrocado según la configuración del plano MH-1-9 de la Empresa, figura N°4 del presente informe, han motivado una nueva investigación en la que se reemplaza el gasto del río de 14.500 m³/s por el de 10.000 m³/s.

El estudio experimental es de similares características al expuesto Ensayo N°7, interesando estabilidad de roca, velocidades y niveles de agua.

Con respecto a la estabilidad del material rocoso empleado para la construcción del espigón de aguas arriba, se ha establecido como criterio que aún con movimiento del material volcado puede continuarse el avance mientras el volumen perdido no sobrepase un límite económico.

Considerando la importancia del ritmo de avance ante el criterio de estabilidad adoptado, se ha realizado todo el ensayo desde la primera inestabilidad con riguroso ritmo a escala, volcándose el equivalente de 40 m³ de roca cada dos minutos.

La piedra utilizada en el modelo, a escala con su homóloga del prototipo, fue canto rodado, de características redondeadas, lo que da a los resultados obtenidos un cierto margen de seguridad por ser en prototipo roca con aristas vivas, de mayor trabazón.

Las experiencias realizadas han permitido detectar que la cabecera de la ataguía puede avanzarse hasta 1.375 m de distancia del punto fijo K (posición 18 Q de la cuadrícula) con roca de peso entre 33 Kg y 262 Kg por unidad.

Los siguientes veinticinco metros de avance pueden desarrollarse con rocas de peso entre 262 Kg y 875 Kg, cuya estabilidad deja de ser satisfactoria entonces a 1.400 m del punto fijo K (12 m aguas abajo de la línea 17 y sobre la línea R de la cuadrícula).

A partir de esa posición de la cabecera debe incrementarse el tamaño de roca, pasándose a una de 1.134 Kg a 2.104 Kg de peso, con la que se avanza la ataguía hasta 1.450 m del mojón K (7 m aguas arriba de la línea 17 y sobre la perpendicular S de la cuadrícula), donde es necesario cambiar a una mayor. Se ha comprobado que resulta suficiente una mezcla de enrocado que mantenga los 1.134 Kg de peso mínimo y llegue a 3.240 Kg de peso máximo para concretar la finalización de la obra.

La tabla siguiente ilustra las posiciones límites de avance de la cabecera para cada tipo de roca empleada:

Distancia respecto del punto K	Posición cuadrícula	Peso mínimo	Peso máximo
1.375 m	18 Q	33 Kg	262 Kg
1.400 m	(17+12m)R	262 Kg	875 Kg
1.450 m	(17-7m)S	1.134 Kg	2.104 Kg
posición final	posic. final	1.134 Kg	3.240 Kg

Si se comparan estos resultados con los del Ensayo N°7, obtenidos para 14.500 m³/s en el río, se observa que la reducción de ese gasto a 10.000 m³/s no modifica sensiblemente los avances logrados. Sólo para roca de 1.134 Kg a 2.104 Kg de peso, el avance se prolonga veinticinco metros más en este caso, pero no significa una importante mejora.

En la Tabla N°8, donde se resumen los resultados de velocidades y niveles obtenidos para distintos estados de avance, se observa que las velocidades máximas en las proximidades de la cabecera son 5,31 m/s, 5,57 m/s, 6,21 m/s y 6,71 m/s respectivamente para los tres estados límites considerados y para la configuración final.

De la comparación de esos resultados con sus similares del Ensayo N°7 (Tabla N°7 de este informe) surge que las velocidades máximas detectadas en las proximidades de la cabecera en estados límites sólo han descendido en promedio en un 6,5 % al pasarse de 14.500 m³/s a 10.000 m³/s, lo que explica la magra diferencia obtenida en los avances de ataguía.

Siendo las cotas sobre cero del Riachuelo $L_1 = 11,15$ m y $L_4 = 10,91$ m respectivamente para secciones 600 m aguas arriba y 800 metros aguas abajo del eje de presa M-K con el río libre, sin obras de cierre, cuando ha finalizado la construcción de las ataguías la cota aguas arriba asciende a $L_1 = 13,52$ m y la de aguas abajo desciende hasta $L_4 = 10,79$ m. Esta cota de aguas abajo está considerada en la zona de depresión de la superficie libre por efecto de contracción producido por el cierre.

El salto localizado por efecto del espigón de aguas arriba (tomando entre los puntos 15 Ñ y 20 Q de la cuadrícula) va de cota 13,44 m a 10,80 m, resultando de 2,64 m.

A partir del estado de avance de cabecera (17-7m)S, a 1.450 m del mojón K, se han tomado valores de velocidad a lo largo de la línea CHCH, a efectos de estimar la acción erosiva sobre margen argentina.

De las determinaciones realizadas surge que ese estado de avance (1.450 m del mojón K) resulta el más desfavorable en cuanto a la erosión de margen, y las máximas velocidades medidas llegaron a 5,86 m/s y 5,78 m/s en los puntos 26 CHCH y 30 CHCH respectivamente. La continuación de la ataguía hacia aguas arriba hace decrecer esos valores, llegándose a un máximo de 5,36 m/s (punto 26 CHCH) al final de la construcción.

Una vez que la ataguía resultó totalmente terminada se determinó el campo de velocidades sobre las líneas S y T de la cuadrícula, como puede apreciarse en la Tabla N°8. Esas medidas tienen particular interés para el desarrollo de la parte de material suelto. Aguas abajo del punto 24 T donde se registra una velocidad de 1 m/s crecen sensiblemente las velocidades, superando las posibilidades constructivas de un espigón de material suelto, cuya estabilidad se fijó para velocidades del orden de 0,30 m/s. Sobre la línea S las corrientes resultan menos importantes, pero de todas formas se llega al límite en 26 S pasándose aguas abajo también a velocidades superiores al metro por segundo. Ante los resultados obtenidos, sólo una variante con espaldón rocoso en la línea paralela a la corriente, lo

que encarece indudablemente las obras, parece dar solución al problema expuesto.

ENSAYO N°9

Considerándose excesivo el tamaño de roca utilizado para cerrar según la configuración MH-1-9 de la Empresa (Figura N°4) és ta presentó una variante que consta en su plano MH-1-10 por la cual se reduce el efecto de contracción, dejando un mayor espacio al libre tránsito del escurrimiento sobre margen argentina (Figura N°5). El estudio ha sido guiado fundamentalmente a determinar los tamaños de roca necesarios para la construcción del espigón de aguas arriba, con 10.000 m³/s.

Se ha mantenido el criterio de considerar estable al material rocoso cuando un apreciable volumen del mismo (no menor del 50 %) se mantiene a pesar del efecto dinámico de la corriente. También se ha desarrollado con ritmo de obra (40 m³ cada dos minutos) la construcción en todos los puntos de interés.

Se ha utilizado en el modelo canto rodado, lo que da a los resultados obtenidos un cierto margen de seguridad, ya que en prototipo los bloques presentan aristas vivas, con mayor trabazón.

De la investigación sobre modelo resulta que hasta 1.380 m del punto fijo K se puede utilizar piedra de 33 Kg a 262 Kg de peso, y a partir de allí se continúa con roca de 262 Kg a 875 Kg de peso, que resulta estable hasta el fin de la construcción.

Con la cabecera de ataguía a 1.375 m del punto fijo K, (10+12m) Q de la cuadrícula, se han relevado velocidades en puntos de interés y los niveles de agua L1 y L4, que constan en la Tabla N°9.

Si bien mediante la nueva configuración se ha logrado facilitar la operación constructiva, disminuyendo los tamaños de roca necesarios, es importante establecer que, debido al criterio de estabilidad adoptado, gran cantidad de material es transportado hacia aguas abajo durante la construcción, formando una abundante "cola" de ataguía en la zona donde posteriormente se desarrollarán las obras, con el consiguiente perjuicio.

La configuración final de este ensayo se presenta en la Figura N°5.

ENSAYO N°10

Debido a la cantidad de rocas que se transportan hacia la zona de obras se ha cambiado el criterio de estabilidad utilizado. En este ensayo se ha considerado que debe cambiarse el tamaño de roca al iniciarse la inestabilidad de las primeras piedras.

La configuración se ha modificado levemente respecto al Ensayo N°9, que se refería al plano MH-1-10 de la Empresa, constando la nueva forma en la Figura N°6 de este informe. El gasto del río simulado se elevó, llevándolo a 14.500 m³/s.

El estudio estuvo dirigido a determinar tamaños de enroca do para diferentes estados de avance. Para algunos de ellos se realizaron mediciones de niveles de agua y velocidades, resumidas en la Tabla N°10.

La piedra utilizada fue canto rodado, con menor capacidad de trabazón que los bloques de aristas vivas del prototipo. En todos los tramos críticos se realizó el cierre con ritmo de obra a escala, volcando 40 m³ de material cada dos minutos.

Con el nuevo criterio de estabilidad adoptado se han logra do las posiciones de avance para cada tamaño de roca que se exponen en la siguiente tabla:

Distancia respecto del punto K	Posición cuadrícula	Peso mínimo	Peso máximo
1.300 m	16 Ñ	33 Kg	262 Kg
1.337 m	16 (O+12m)	262 Kg	875 Kg
1.400 m	16 R	875 Kg	2.104 Kg
posición final	posic. final	2.104 Kg	3.240 Kg

Como puede apreciarse, al considerarse el límite de inesta bilidad incipiente como tope para tamaños de roca dados, se requie ren piedras de mucho mayor peso para concretar el cierre.

En este ensayo se ha llevado el material impermeable aguas arriba del enrocado en construcción paralela. Así es que, cuando la cabecera de ataguía en roca alcanzó 1.300 m del punto K (posición 16 Ñ) el material suelto llegó a 1.250 m de K (posición M), siguiendo siempre defasada en 50 m hasta la posición 16 O de la cabecera de enrocado, con material suelto hasta 1.275 m del punto K, donde se mantuvo hasta completarse el total de la ataguía en roca.

En la Tabla N°10 se presentan los valores de niveles y velocidades para la cabecera en roca en 16 L, 16 Ñ, 16 O, 16 Q, 16 R y 15 R, tomados a medida que se desarrollaba el avance del espigón granular de aguas arriba. En esas condiciones, el nivel líquido 600 m aguas arriba del eje M-K de la presa crece desde su cota 13,45 m (para el río libre) hasta 14,475 cuando la cabecera alcanza la posición 16 R. De igual forma, el nivel 800 m aguas abajo del eje de presa desciende de 13,175 m (para el río libre) hasta 12,437 m para la cabecera en 16 R.

Alcanzada la posición 15 R por la cabecera de la ataguía, es decir una vez logrado el cambio de dirección del espigón llevándolo hacia aguas arriba, las dificultades constructivas decrecen paulatinamente.

La ataguía longitudinal según la modificación al plano MH-1-10 de la Empresa, lleva su pie de talud sobre la línea T, y fue construida en roca.

Con el total de la configuración de cierre construida se relevaron niveles y velocidades, tal como constan en la Tabla N°10. Para este estado final la cota de aguas arriba resultó $L_1 = 15,612$ m y la de aguas abajo $L_4 = 12,45$ m. También se verificó la diferencia de cotas de nivel de agua a ambos lados del espigón de roca de aguas arriba, resultando en 13 L la cota 15,938 m y en 18 L de 12,50 m, con lo que el salto resulta de 3,438 m.

Es interesante dejar establecido que el nivel en el punto 13 L resulta mayor que en la posición L_1 (600 m aguas arriba del eje M-K) a partir del quiebre hacia aguas arriba de la ataguía, explicándose esta anomalía al configurarse un "embalse" ante el cambio de

dirección de la ataguía que aumenta el nivel en 13 L, mientras que la toma de nivel en L₁ está dentro de la zona acelerada del escurrimiento, en la llamada de la contracción.

Con la ataguía totalmente construída, se relevaron velocidades sobre la línea T, donde llega el pie del talud del espigón longitudinal de cierre. Esas medidas, que pueden observarse en la Tabla N°10, muestran valores importantes en la zona de aguas arriba (puntos 12 T, 14 T, 16 T, 18 T, 20 T) con un máximo de 5,87 m/s, decreciendo hacia aguas abajo, hasta 3,63 m/s en la posición 30 T.

En las proximidades de la cabecera se tomaron lecturas sobre la línea S, observándose un máximo de 5,98 m/s para el punto 12 S. A partir de 14 S ya comienzan a decrecer las velocidades por efecto de separación, llegando a sólo 0,70 m/s en la posición 16 S.

Este efecto de separación también se marca en la línea RR. El escurrimiento viene con 4,00 m/s de velocidad (10 RR), se acelera por la contracción (11 RR) hasta 5,46 m/s, desciende bruscamente a 0,86 m/s (12 RR) y llega a anularse totalmente (13 RR).

Si bien se ha determinado la posibilidad de realizar el cierre sin presencia de "cola" de ataguía rocosa en la zona de obra, los tamaños de piedra necesarios resultan evidentemente elevados, dependiendo de los equipos y roca disponibles su factibilidad de concreción.

ENSAYO N°11

Vistas las dificultades encontradas para materializar el cierre de acuerdo al plano de la Empresa MH-1-10 modificado (figura N°6) con un gasto de $14.500 \text{ m}^3/\text{s}$ en el río (Ensayo N°10), se decidió observar las posibilidades constructivas de la ataguía de aguas arriba para $Q = 10.000 \text{ m}^3/\text{s}$. (Figura N°7).

Establecidas las condiciones de régimen en el modelo, se efectuaron las lecturas correspondientes a niveles de la superficie libre a lo largo del cauce, según se detalla en la Tabla N°11.

Se avanzó luego el espigón de aguas arriba con rocas de 262 Kg de peso máximo hasta 1.200 m del punto fijo K (posición 16 L) en tanto que la zona de material impermeable de ese espigón llegó hasta 1.100 m de dicho punto fijo (posición 15 H), relevándose velocidades y niveles en estas condiciones (Tabla N°11).

Continuando el avance con ritmo de un camión de 40 m^3 cada dos minutos se alcanzó con el espigón de roca a 1.300 m de K (punto 16 Ñ) que resulta límite de estabilidad de la roca utilizada, pues de acuerdo al nuevo criterio sustentado, no puede continuarse la construcción al desplazarse la primera piedra hacia aguas abajo por efecto de la corriente. El espaldón en suelo que impermeabiliza este espigón llegó en estas condiciones a 1.150 m de K (punto 15 J).

A partir de este estado se llevó la ataguía de roca hasta 1.350 m del punto K (posición 16 P) con piedras de pesos comprendidos entre 262 y 875 Kg, y la zona impermeable en suelos, hasta 1.175 m del punto K (posición 15 K). En este estado se hace un nuevo registro de velocidades y niveles (Tabla N°11).

Una vez utilizada roca de peso comprendido entre 875 Kg y 2.104 Kg se avanzó con ritmo de obra el espigón de roca. Cuando se llegó con la cabecera a la posición 16 (Q+12m), a 1.387 m del punto fijo K, la parte de material impermeable llegaba a 1.225 m de K (posición 15 LL), haciéndose un nuevo registro de niveles y velocidades.

Considerando muy escasa la diferencia existente entre los resultados de este estudio y los del Ensayo N°10, oportunamente descritos, se ha considerado oportuno modificar la forma de la ataguía pasando a una nueva variante, que presente menores dificultades constructivas de cierre. De todos modos, se observa que con un gasto de 10.000 m³/s se tienen las características del cierre que no serán diferentes para mayores gastos, dentro de límites razonables, por lo que se estima conducente probar las condiciones de cierre con este gasto del río.

ENSAJO N°12

Este ensayo tiene por principal objetivo analizar las posibilidades de cierre de acuerdo con una nueva configuración aportada por la Empresa en su plano MH-1-11, que consta en la Figura N°8 del presente informe.

Tal como se expuso en oportunidad del Ensayo N°11 la investigación ha sido desarrollada para un gasto del río de 10.000 m³/s.

El estudio ha tendido a determinar las características de roca para cada tramo de avance, prestándose especial atención a las velocidades existentes en la zona de hincado de las pilas del puente carretero de servicio, que conecta la zona de trabajo de primera etapa con la margen argentina.

La ataguía rocosa de aguas arriba se ha ido desarrollando con diferentes tipos de piedra de acuerdo a sus condiciones de estabilidad. La parte impermeable ha sido llevada mientras las velocidades no excedían los 30 cm/s dada su calidad de suelo suelto. La ataguía de aguas abajo se fue desarrollando también en material suelto mientras las velocidades lo permitieron. La ataguía longitudinal fue construida en roca.

El detalle de las etapas fue el siguiente:

a) Ataguía aguas arriba (parte enrocado): se puede construir hasta 1.300 m del punto fijo K con roca tipo redondeada de 33 Kg a 262 Kg de peso, donde deja de ser estable pues algunos rodados son llevados por la corriente. Se reemplaza ese tamaño de roca por la comprendida entre 262 Kg y 875 Kg de peso, también de características redondeadas, llegándose hasta 1.362 m del punto K. En realidad el frente de avance del espigón no resulta paralelo a la costa, y si bien el vértice de aguas abajo llega a (P+12m) es decir a 1.362 m desde K, su otro vértice está retrasado en 37 m, pues coincide con la línea 0 de la cuadrícula.

Este tipo de frente que se puede observar en la Foto N° 10.

sigue la configuración de las líneas de corriente que se desarrollan en la vecindad de la cabecera, y ha sido el que la experiencia desarrollada en el modelo ha demostrado como más efectivo, respecto a la estabilidad de la piedra. El aguzamiento aguas abajo (en zona de menores velocidades) permite continuar con el avance en la otra zona, ya que el cordón formado disminuye algo la acción de la corriente.

El nuevo tamaño de canto rodado utilizado en el modelo simula bloques de 875 a 2.104 Kg de peso del prototipo. Con ese material es posible avanzar la cabecera hasta 1.387 m del punto fijo K. Allí esta piedra deja de ser estable.

El canto rodado presenta menor estabilidad que el material de cantos vivos con que seguramente se contará en prototipo. Previniendo un importante incremento de trabazón, se cambió el canto rodado por piedra partida del mismo orden de magnitud, específicamente comprendida entre 909 Kg y 2.180 Kg de peso. Así fue que pudo continuarse el espigón sin mayores dificultades, no existiendo puntos de inestabilidad a lo largo de todo el recorrido hasta la terminación del espigón.

Sin embargo, y por razones obvias de economía, se fueron graduando materiales menores en las zonas menos comprometidas. Esta configuración se presenta en la Figura N°9, donde se detallan los distintos tamaños para los diversos tramos de la ataguía en roca.

Tal como se observara en oportunidad de ensayos anteriores el paso crítico es el que corresponde al cambio de dirección del espigón. Para poder lograr la curva con el material empleado fue necesario prolongar hasta la línea RR el cordón rocoso recto, y dejar un espaldón que permite rellenar en la zona de curva, según se aprecia en la Fotografía N° 11.

b) Ataguía aguas arriba (parte impermeable): cuando el cordón rocoso ha llegado a la línea N (1.300 m desde K) se puede construir hasta la línea J (1.150 m desde K) la parte impermeable ubicada aguas arriba de dicho cordón. Ese espaldón de suelo suelto puede ser llevado hasta

la línea K (1.175 m desde el punto fijo K) cuando el cordón rocoso ha llegado a la posición (P+12m) de la cuadrícula (1.362 m desde K). Recién después de finalizado todo el cordón rocoso puede continuarse hasta su culminación la colocación de suelo suelto como espaldón impermeable.

c) Ataguía aguas abajo: con el espigón rocoso de aguas arriba en la línea Ñ (1.300 m desde K) resulta posible, tal como aparece en las velocidades nulas sobre la línea 30 de la cuadrícula en la Tabla N°12, llevar simplemente material suelto hasta la línea L (1.200 m desde K). Esta posición será mantenida hasta completar la ataguía longitudinal.

d) Ataguía longitudinal: como sobre la línea T, donde va a desarrollarse la ataguía longitudinal aparecen velocidades del orden de 4m/s (Tabla N°12) resultó indispensable, según lo previsto, realizar un cordón rocoso. Este cordón comienza a construirse una vez completado el espigón de roca de aguas arriba. Un primer tramo, detallado en la Figura N° 9 , se puede realizar con piedra de 33 a 262 Kg de peso por estar dentro de la zona de separación del flujo. Luego, debió ser completado con roca de 272 Kg a 909 Kg, de características angulosas (piedra partida), que resultó estable para toda la configuración. Una vez terminado este cordón, se completó el empalme con la ataguía de aguas abajo con suelo suelto.

Completada la configuración de primera etapa prevista en el plano MH-1-11 de la Empresa (Figura N°8) se observó que al colocarse las celdas en el interior, quedaba un espesor escaso de suelo en el empalme entre la ataguía de aguas arriba y la longitudinal, que podía ser punto crítico de filtraciones. Debido a ello se modificó ligeramente la forma del espigón longitudinal, llevándose un tramo hacia margen argentina, y aumentando la masa de material impermeable, (Figura N°10).

Al término de la construcción de las obras, el nivel 600 m aguas arriba del eje de presa M-K, resultó de 13,57 m, mientras que 800 m aguas abajo se obtuvo una cota sobre cero del Riachuelo de 10,37 m. Esta cota resulta superior a la obtenida en el limnómetro L₃

(aguas arriba de la otra), seguramente por estar ambos puntos en la zona de recuperación cinética aguas abajo de la contracción. Las lecturas de niveles en distintas etapas del cierre se presentan en la Tabla N°12.

Para los diversos estados constructivos de la obra de cierre se relevaron velocidades sobre la línea 17 (75 m aguas arriba del eje M-K de la presa), donde de acuerdo al plano MH-1-11 correspondía ubicar las pilas del puente de servicio.

Con el gasto de 10.000 m³/s puede apreciarse en la Tabla N°12 que las velocidades siempre superan los 3,5 m/s, desde que el espigón rocoso sobrepasa la línea Ñ (a 1.300 m desde K).

El gráfico de la Figura N°11 esquematiza el perfil transversal de velocidades sobre la línea 17 para los tres estados considerados (ataguía en roca a 1.300 m desde K, a 1.362 m desde K y totalmente concluída), pudiendo observarse el alto rango de las velocidades actuantes.

Considerando elevadas las velocidades en la línea 17 (75 m aguas arriba del eje), una vez concluídas las obras en su totalidad, se midieron perfiles similares de velocidad en las líneas 15, 13 y 11 que corresponden a distancias de 125m, 175m y 225 m aguas arriba del eje M-K de la presa, respectivamente. Los citados perfiles se graficaron en la Figura N°12, donde se observa que si bien las velocidades decrecen al alejarse el punto de medida del eje de presa, la línea 11, a 225 m del eje, aún presenta altas velocidades que comprometerían la construcción bajo agua de las pilas del puente de servicio.

ENSAYO N°13

Las dificultades señaladas en oportunidad del análisis referente al Ensayo N°12 para la construcción bajo agua de las pilas del puente de servicio, motivaron la realización de nueve experiencias para distintos gastos del río.

El objetivo de esas investigaciones fue la determinación del campo de velocidades desde las líneas 0 a 17 de la cuadrícula, para decidir el mejor emplazamiento del puente de servicio de acuerdo a las condiciones hidrodinámicas.

Los gastos utilizados en el modelo simularon estados del río para 2.000 m³/s, 3.000 m³/s, 4.000 m³/s, 5.000 m³/s, 6.000 m³/s, 7.000 m³/s, 8.000 m³/s, 12.000 m³/s y 16.000 m³/s.

La tabla N°13 resume los valores de velocidad determinados para cada uno de esos gastos en la zona de interés.

De la tabla citada se puede remarcar que para gastos muy bajos ($Q = 2.000 \text{ m}^3/\text{s}$ y $Q = 3.000 \text{ m}^3/\text{s}$) no se midieron velocidades en las líneas alejadas al eje de la presa (líneas 5, 7, 9, 11 y 13 para 2.000 m³/s y líneas 5, 7 y 9 para 3.000 m³/s) en razón que en un principio se consideraba posible adoptar una línea cercana a la 17, antes prevista para el puente.

Al aumentarse los gastos, se observaron velocidades demasiado elevadas en las proximidades del emplazamiento previsto, y así se fue midiendo cada vez más hacia aguas arriba, buscando las velocidades admisibles.

Del presente Ensayo se desprende que las máximas velocidades se centran cerca de la margen argentina, especialmente en la línea BB, que resulta determinante para gastos altos.

Computando los valores de $Q = 12.000 \text{ m}^3/\text{s}$ como de gasto representativo es posible estimar que sólo con el eje del puente de servicio aguas arriba de la línea 4, a 400 m del eje de la presa, se podrá contar con velocidades admisibles para la construcción de las pilas bajo agua.

Ensayo N° 14

Este ensayo tiene por objeto observar el comportamiento de la ataguía de primera etapa totalmente construída según el plano MH-1-11 de la Empresa (Figura N°9) para gastos superiores a 10.000 m³/s con el que se realizó el proceso constructivo, detallado como Ensayo N°12.

La investigación fue desarrollada para gastos del río de 15.000 m³/s, 20.000 m³/s, 25.000 m³/s y 27.000 m³/s, dándose especial interés al registro de niveles de superficie libre a lo largo de la ataguía longitudinal.

Los valores leídos constan en la Tabla N°14, y su comparación gráfica se presenta en la Figura N°13.

Durante el desarrollo de la prueba con gasto de 15.000 m³/s el espigón longitudinal construído con cantos rodados de 33 Kg a 262 Kg de peso por unidad resultó erosionado por la corriente fluvial. El tramo comprometido por la acción erosiva comienza a partir de 50 metros aguas abajo del eje de la presa e interesa desde allí todo el cordón rocoso hacia aguas abajo. Debido a este efecto, se reemplazó en todo el espigón longitudinal la piedra colocada por canto rodado de mayor peso (262 Kg a 875 Kg por unidad).

En las condiciones descriptas se desarrolló el ensayo para 20.000 m³/s en el río, no apareciendo problemas de estabilidad en el enrocado.

Al realizarse la prueba correspondiente a 25.000 m³/s volvieron a observarse fenómenos de erosión en el mismo tramo antes citado, a pesar del nuevo tamaño de roca colocado.

Se reemplazó entonces el canto rodado por piedra partida del mismo orden de tamaño (272 Kg a 909 Kg de peso por unidad) pero de mayor trabazón, notándose que su estabilidad no era comprometida, aún después de elevado el gasto en modelo a su equivalente 27.000 m³/s en prototipo, valor de crecida máxima adoptada para la etapa de desvío.

Para ese gasto máximo, el comportamiento de la ataguía con las modificaciones del material empleado para la ataguía longitudinal, y con la configuración final graficada en la Figura N°10, ha resultado satisfactoria.

ENSAYO N° 15

Esta investigación tuvo por objeto el análisis de las condiciones de escurrimiento para la ataguía de primera etapa, con las celdas ya hincadas en seco en su interior, cuando se retira parte del espigón longitudinal (que sólo es utilizado en una primera fase de la primera etapa, mientras se construyen las celdas).

Este estado de la obra es el presentado por la Empresa en su plano AT-1-03,"6" que consta en la Figura N°14 del presente informe.

El ensayo ha sido realizado para un gasto de 16.000 m³/s, considerado un máximo en la etapa intermedia que se interpreta con la configuración analizada en este caso.

Se dio especial énfasis a la observación visual del comportamiento de las obras, con mediciones de niveles de agua en los puntos de interés (Tabla N°15).

De la comparación de las lecturas de niveles L₁, L₃ y L₄ obtenidas para la configuración final de primera etapa con todo el espigón longitudinal colocado, tal como se realizara el Ensayo N°13 con 16.000 m³/s (Tabla N°13), y las lecturas para el mismo gasto realizadas en este nuevo ensayo, con el espigón longitudinal recortado según diseño de la Figura N°14 (Tabla N°15) se puede extraer que:

- el nivel 600 m aguas arriba de la presa ha descendido sólo dos centímetros (L₁ = 16,56 m a L₁ = 16,54 m).
- el nivel L₃ en la zona de obras descendió de cota 13,08 m a cota 12,85 m, algo más de veinte centímetros, centrándose el efecto de contracción en esta zona.
- el nivel L₄ en el perfil 800, aguas abajo del eje M-K de la presa, el nivel ha aumentado en once centímetros, pasando de la cota 13,11 metros a la 13,22 m, por haber disminuído el efecto de contracción, lo que hace aumentar el nivel aguas abajo.

A pesar de las conclusiones obtenidas en el Ensayo N°13 con respecto a la imposibilidad de construcción del puente aguas abajo de la línea 4 de la cuadrícula, se tomó un perfil transversal de velocidades 125 m aguas arriba del eje M-K de la presa (línea 15 de la cuadrícula), donde ahora se verifica un cambio importante en la distribución aunque el rango máximo siempre esté próximo a los 5 m/s. En efecto, cuando la ataguía longitudinal estaba completa (Ensayo N° 13) el punto 15 T tenía la menor velocidad leída en el perfil, mientras que al eliminarse parte de ella, tal como consta en la Tabla N° 15 en que se exponen los resultados de este ensayo, el punto 15 T posee la mayor velocidad de la sección, que llega a 4,95 m/s. Esta diferencia marca la distinta configuración hidrodinámica ante el cambio de la geometría del cierre.

ENSAYO N° 16

Considerándose ya totalmente removida la ataguía longitudinal de roca, construída a efectos de permitir la instalación de las celdas en seco, y adoptada la configuración que deberá soportar las crecidas a lo largo de la primera etapa de construcción de la obra (plano AT-1-03"7", figura N°15), se han realizado pruebas de su comportamiento para gastos del río variables, desde 16.000 m³/s hasta 35.400 m³/s.

Este ensayo tiene marcado interés pues la nueva configuración será la que de acuerdo a lo previsto, presente la máxima probabilidad de hallarse expuesta al estado del río con mayores caudales.

No se han observado problemas en el funcionamiento de las obras, y el escurrimiento no presenta anomalías en las vecindades de las mismas que puedan ponerlas en peligro.

Para los gastos elevados, en que las cotas de coronamiento de ataguías serían superadas por el nivel de agua, fueron elevadas en el modelo dado que no era motivo de este ensayo el estudio del sobrepaso de la corriente, sino el análisis de niveles y velocidades que serían adquiridos en caso de que las ataguías tuvieran mayor altura, para así poder compararlos con los valores para gastos menores, que no exceden el coronamiento de la ataguía.

Así se estudiaron los niveles en puntos tales como 11 L, 34 L, 12 P, 14 P, 16 P, 17 P, 27 P, 30 P, 19 R, 26 Q, 20 RR y 24 RR, además de los controles L₁, L₂, L₃ y L₄, a efectos de poseer una información adecuada de las cotas que podría adoptar la superficie libre en la zona de estudio para los diversos gastos.

Las lecturas de niveles y velocidades se presentan en la ad junta Tabla N°16. Se han tomado perfiles longitudinales de velocidad a lo largo de las líneas P, V, X y BB, observándose que sobre la segunda de ellas aparecen los mayores valores, mientras que las medidas realizadas entre 12 P y 30 P dan velocidades nulas fluctuantes, estas últimas con variación del sentido de escurrimiento, por efecto de la separación de los filetes líquidos que se produce contra las obras.

ENSAYO N° 17

El presente estudio está dirigido a probar la posibilidad de construir la atagüa longitudinal totalmente en suelos a fin de minimizar las filtraciones que se produzcan.

Con esta finalidad se ha relevado el espectro de velocidades en la zona de emplazamiento de las obras a medida que se desarrolla el proceso constructivo.

En función de los resultados obtenidos durante el Ensayo N° 12 del presente informe, y considerando la Empresa la necesidad de asegurar la impermeabilidad de la atagüa longitudinal de cierre, se construyó la citada atagüa totalmente en suelo, colocándosele paralelamente una protección de roca.

Este ensayo fue realizado para dos gastos del río, 10.000 m³/s y 16.000 m³/s. Queda establecido que no existe mayor problema en la concreción del sistema planteado por la Empresa.

Los valores relevados se presentan en la Tabla N° 17, adjunta al presente informe.

Si bien el ensayo no demostró la existencia de erosiones sobre la atagüa en suelo, es preciso remarcar que la iniciación de arrastre del material suelto (arena en el modelo) no se encuentra a escala y por lo tanto es de mayor interés el valor de las velocidades leídas que la imagen visual de si erosiona o no la corriente al espigón.

ENSAYO N° 18

Este ensayo ha sido programado para estimar el grado de deterioro que podría producir sobre la atagüa terminada la acción de una crecida superior a la estimada como máxima probable para la etapa de construcción de la obra.

La disposición de las obras en planta responde al plano de la Empresa AT-1-03, "7" (Figura N°15), sin pilas de puente colocadas, y se han ensayado cuatro tipos de sección transversal de la obra.

Las cuatro variantes, que formaron parte simultáneamente de la atagüa, se han esquematizado en la Figura N°16.

Se fijó el valor de gasto de 27.000 m³/s como estado de partida del modelo, y se reiteraron los ensayos realizados para este gasto en el Ensayo N°16. Esta investigación tiene interés pues estando el perfil 800 (único punto de aforos y ley H-Q del río en la zona de estudio) afectado por la depresión producida por el cierre, se ha deseado tener una visión de cómo serían las variaciones ante diferentes niveles aguas abajo de la obra.

Para L ₄ =	18,05	18,32	18,40	18,46
L ₃ =	18,24	18,31	18,45	18,56
L ₁ =	19,79	19,94	20,06	20,10

Tomadas velocidades en la zona 7 BB se demuestra que los valores 2,69 m/s, 2,72 m/s y 2,71 m/s sólo tienen una diferencia mínima e imputable al error de medición. Ello indica que los distintos valores del nivel L₄ (dentro de límites razonables) no afectan los valores de velocidad sensiblemente.

A los efectos comparativos, se estima como más adecuado a los valores del prototipo posibles utilizar los datos de niveles

$$L_1 = 20,10\text{m} \quad L_3 = 18,56\text{m} \quad L_4 = 18,46\text{m}$$

para el gasto de 27.000 m³/s, en lugar de los expuestos en el ensayo N°16.

Una vez terminada la tarea de medición, se incrementó el gasto progresivamente hasta que el río llevara el equivalente a 31.000 m³/s, donde se realizaron nuevas lecturas de niveles.

$$L_1 = 21,70\text{m} \quad L_3 = 19,99\text{m} \quad \text{y} \quad L_4 = 20,01\text{m}$$

y no se observó ningún signo de inestabilidad de la ataguía, pese a que el río sobrepasa la cota de coronamiento y escurre sobre la obra. Se deja constancia que la parte interior había sido previamente llena de agua.

Finalmente, los cuatro tipos de sección transversal probados en la ataguía de aguas arriba y el esquema general en su conjunto, se comportaron adecuadamente a un sobrepaso producido por una crecida de 36.000 m³/s.

ENSAYO N°19

Definida totalmente al configuración final de la ataguía en primera etapa, y teniendo en cuenta la necesidad de determinar con piedra partida la distribución de tamaños en las distintas posiciones constructivas se reiteró el ensayo de avance para el plano final MH-1-11-R3 de la Empresa, y un gasto de 10.000 m³/s en el río.

Con la posición de enrocado frontal de aguas arriba en N, a 1.300 m del punto fijo K, el material impermeable de ese espigón en J, a 1.150 m del punto K, se hicieron medidas de nivel de agua y velocidad de escurrimiento, que constan en la Tabla N°18.

El material inicialmente utilizado de roca fue piedra partida de 272 a 909 Kg por unidad. No se ha utilizado el tamaño menor, de 34 Kg a 272 Kg, por así disponerlo la Empresa, en razón de economía de cantera. La roca citada dejó de ser estable para una posición de la ataguía granular en la línea P (a 1.350 m del punto K) pasándose a roca de mayor tamaño.

Para el avance en cabecera a 1.410 m del punto fijo K, exactamente donde se debe comenzar la curva hacia aguas arriba, se tomó una serie de lecturas de niveles y velocidades.

La segunda piedra partida utilizada simuló roca en prototipo de 909 Kg a 2.180 Kg, y se mantuvo estable hasta finalizar el enrocado de aguas arriba.

Con la ataguía aguas arriba completa se relevaron nuevas condiciones de nivel y velocidad (Tabla N°18), y luego se prosiguió el cierre de la ataguía longitudinal, hasta la línea 20 (eje de presa M-K) con roca de 272 a 909 Kg por unidad, donde se terminó el ensayo, relevando el estado del río (velocidades y niveles) que constan en la tabla N°18.

De esta investigación es posible extraer que para 10.000 m³/s la configuración de cierre MH-1-11 R3 puede ser desarrollada en cuanto al enrocado se refiere con roca de menos de una tonelada de peso por unidad en su mayor parte, requiriendo el tramo de aguas arriba

a partir de (1.350 m del punto fijo K) piedras con tamaño máximo del orden de las dos toneladas.

ENSAYO N°20

Con la ataguía en primera etapa totalmente construída según la configuración de la Empresa MH-1-11/R3, se incrementan progresivamente los gastos y sus niveles correspondientes aguas abajo de las obras, hasta llegar a provocar el sobrepaso de la ataguía longitudinal.

Recordando que la ataguía frontal tiene cota + 17 y la longitudinal cota + 14, el gasto que superó este último valor en la zona de estudio resultó de 17.390 m³/s.

Para estas condiciones del río, el modelo permitió obtener las siguientes cotas de interés:

	L ₁	=	16,80	m
	L ₂	=	14,58	m
	L ₃	=	12,86	m
	L ₄	=	10,45	m
punto 11	L	=		
punto 34	L	=	14,36	m
punto 9	RR	=	14,89	m
punto 13	S	=	14,89	m
punto 17	T	=	14,84	m
punto 22	U	=	14,04	m

CONCLUSIONES

Los ensayos numerados en el presente informe del 1 al 6 fueron realizados sobre la base de la propuesta de la Empresa Constructora Salto Grande S.A., detectándose fundamentalmente la gran dificultad de construcción de las celdas bajo agua. En ese aspecto, el Ensayo N°5, en el que se midieron velocidades en el campo de trabajo para un gasto del río de 5.000 m³/s, muestra claramente que las condiciones hidrodinámicas del río no resultan absolutamente favorables para el hincado de tablestacas en la corriente ni para el desplazamiento de embarcaciones en esa zona.

Las nuevas configuraciones ensayadas han sido pues tendientes a permitir la construcción en seco de las celdas lo que, a criterio de este Laboratorio, no sólo favorece las tareas constructivas sino la seguridad de la obra de cierre, ya que la estanqueidad puede ser correctamente controlada.

Tras las diferentes soluciones propuestas, por planos de la Empresa MH-1-09, MH-1-10 y MH-1-11, el esquema que resultó hidrodinámicamente más recomendable fue el MH-1-11, con su última variante MH-1-11/R3 incluida.

Adoptando como gasto de diseño para la etapa constructiva de la ataguía 10.000 m³/s en el río, todo el enrocado es posible de avanzar, utilizando piedra de la zona, en su mayor parte con tamaño inferior a una tonelada, con la excepción del tramo de ataguía frontal que presenta un brusco cambio de dirección hacia aguas arriba, tras haber llegado su cabecera a 1.350 m del punto fijo K. Ese tramo de espigón requiere roca de 909 Kg a 2.180 Kg de peso con aristas vivas.

A pesar de esta información general, el Laboratorio ha analizado la posibilidad de utilizar roca de menor tamaño en algunos tramos (Ensayo N° 12, figura N° 9) aunque posteriormente razones económicas aconsejan la utilización de rocas más pesadas, por encontrarse en más cantidad en las canteras.

Un detalle de interés observado en las investigaciones realizadas, resulta la forma constructiva más adecuada para ganar avance de cabecera. El modelo ha permitido estimar conveniente que en la zona donde ya la roca utilizada puede ser llevada por la corriente, volcar primero en el talud de aguas abajo de la cabecera, formando un cordón que posteriormente traba la roca depositada aguas arriba. En esas condiciones de avance, la cabecera adopta finalmente el perfil en planta de las líneas de corriente próximas del flujo.

El modelo, de fondo fijo de hormigón, no ofrece traba inicial alguna a la piedra volcada, salvo la acción propia del rozamiento. No conociéndose exactamente el fondo del río no es posible saber el grado de seguridad que el modelo presenta en ese aspecto, poniéndose se en la condición más desfavorable.

La roca utilizada fue en algunos casos canto rodado y en otras piedra partida, observándose la vital importancia de la trabazón. Así es que teniendo presente que la roca de cantera aparece con aristas vivas deberán considerarse los resultados obtenidos con piedra partida, teniéndose presente que los otros están afectados de un cierto coeficiente de seguridad.

Durante los ensayos de estabilidad de enrocado se tomó inicialmente como estado límite el que se producía cuando la mitad del volumen volcado permanecía formando parte de la ataguía. Las dificultades que la Empresa consideró podían aparecer con las rocas desplazadas hacia la futura zona de obras, hicieron variar el concepto límite, adoptándose a partir del Ensayo N° 10 al de inestabilidad incipiente, es decir al de iniciación del movimiento.

De acuerdo a anteriores investigaciones desarrolladas por este Laboratorio se considera que no es posible identificar la iniciación del movimiento de enrocado volcado sobre talud en escurrimiento no uniforme provocado por el cierre, con la iniciación de arrastre en un canal de sección erosionable en movimiento uniforme y rectilíneo, por lo que los resultados obtenidos a partir del modelo físico son los únicos a tener en cuenta en este aspecto.

Con el criterio de estabilidad establecido en primer término, el ritmo de volcado resultó ser un parámetro definitorio. Así es que cuando un enrocado de unidades de un cierto tamaño no podía continuar su avance con 40 m^3 cada dos minutos, duplicando el ritmo se obtenía el propósito fijado.

Sin embargo, a pesar de que el ritmo debe ser contínuo y sostenido, no aparece como de tanta importancia cuando se aplica el otro criterio de estabilidad, no exigiendo el modelo un mantenimiento estricto de los volúmenes y tiempos, pudiendo ser reducido sin mayores complicaciones.

Los gastos utilizados durante toda la etapa constructiva fueron no menores de $10.000 \text{ m}^3/\text{s}$, a partir de las nuevas configuraciones que eliminaban el hincado de tablestacas bajo agua.

Se planteó un problema de cierta importancia con respecto a la ubicación del puente de servicio, que ante las fuertes velocidades existentes, debió ser llevado hacia aguas arriba, en busca de aguas más tranquilas, que permitiesen el hincado de las pilas.

La configuración MH-1-11, con ataguía longitudinal a cota + 14 es sobrepasada para $17.390 \text{ m}^3/\text{s}$. Se supone que para esos rangos de gastos, ya se habrán construido las celdas, adoptando la forma detallada como Figura 7 en el plano AT-1-03 de la Empresa (Figura N°15).

Para esta última configuración se han ensayado, además de los gastos previstos hasta el máximo de $27.000 \text{ m}^3/\text{s}$, casos de sobrepaso con $31.000 \text{ m}^3/\text{s}$ y $36.000 \text{ m}^3/\text{s}$, detectándose que las cuatro secciones tipo probadas por la Empresa no sufren deterioro visible, mientras el total de las obras se comporta perfectamente.

Siendo el modelo a fondo fijo, no existió posibilidad de evaluar cuantitativamente erosiones en la base de las primeras celdas, sobre las que actúan fuertes velocidades de corriente. Sin embargo, colocando material granular en esa zona pudo observarse la importancia manifiesta del arrastre, que (dependiendo de la calidad del material componente del fondo del río) hace presumir importantes erosiones.

ENSAYO N°1

$Q = 12.000 \text{ m}^3/\text{s}$

LECTURAS DE VELOCIDAD EN M/S DE PROTOTIPO
SITUACION

PUNTO	a	b	c	d	e	f
12 A	0,00					
B	0,35					
C	1,26	0,00				
CH		1,11				
D		1,29	0,00			
E			0,99			
F			1,19	1,21		
G				1,20		
H				1,15	1,11	
I					1,23	
J					1,37	1,31
K						1,37
L						1,52
15 D	2,28					
F		2,49				
H			2,63			
J				2,53		
L					3,24	
M						3,49
T ₁	1,84	1,91	1,95	1,81	1,89	2,33
2	1,84	2,03	2,04	2,14	2,22	2,82
3	2,12	2,26	2,25	2,24	2,42	2,91
4	2,17	2,33	2,32	2,61	2,72	3,28
5	2,13	2,30	2,58	2,94	3,10	3,50
6	2,10	2,35	2,68	2,91	3,15	3,52

TABLA N° 2

ENSAYO N° 2

$Q = 15.000 \text{ m}^3/\text{s}$

LECTURAS DE VELOCIDAD EN M/S DE PROTOTIPO

PUNTO	a	b	c	d	e	f	g
12 A	1,80	0,40	0,00				
B		0,60	0,26				
C		0,98	0,54				
CH			0,64	0,47			
D	1,80		1,01	0,71	0,83		
E				0,91	0,77	0,49	
F				1,19	1,06	0,82	
G						0,92	0,98
H	1,74						1,09
I							1,28
J							1,48
K							
L	1,62						
LL							
N	1,82					2,29	2,27
R	2,13					2,62	2,80
U	2,38					3,18	3,23
Y	2,60					3,43	3,49
15 E		2,72					
G			2,92				
I				3,04			
K					3,30		
LL						3,73	
N							4,14
T1		2,02	2,03	2,12	2,14	2,53	2,49
2		2,14	2,16	2,32	2,29	2,79	3,14

TABLA N° 2 (Cont.)

ENSAYO N° 2

Q = 15.000 m³/s

PUNTO	a	b	c	d	e	f	g
T ₃		2,49	2,68	2,56	2,82	3,39	3,54
4		2,51	2,78	2,91	3,26	3,59	3,97
5		2,46	2,70	2,86	3,35	3,95	4,35
6		2,44	2,64	2,80	3,27	3,90	4,27
7		2,52	2,66	2,69	3,67	3,27	3,44
8		2,48	2,49	2,68	3,57	3,01	3,06
32(A-50)		0,00			0,00	0,00	0,00
32 A	1,94	-0,66	-0,68	0,00	0,00		
C		-0,38	-0,24	-0,49	0,00	0,00	0,00
D	1,93	0,00	0,45	-0,42	-0,39		
F				0,00		0,00	0,00
H	1,82						
J						0,00	0,00
L	1,71						0,00
Ñ	1,89						
R	2,19						
U	2,22						
Y	2,26						

SITUACION

a	b
13,21	13,76
13,10	13,65

ENSAYO N° 3
 $Q = 15.000 \text{ m}^3/\text{s}$
 VELOCIDADES EN METROS POR SEGUNDO
 SITUACION

Punto	a	b	c
18 K	0	0	0
22 K	0	0	0
26 K	0	0	0
31 K	0	0	0,20
11 N	2,49	2,39	-
14 N	2,52	2,47	-
17 N	0,10	0,00	-
20 N	0,27	0,00	-
24 N	0,25	0,00	-
29 N	0	$\pm 0,30$	-
32 G	0	0	0,23
32 F	0	0	0
T ₁	2,29	2,50	-
T ₂	2,81	2,97	-
T ₃	3,55	3,64	-
T ₄	3,72	2,97	-
T ₅	4,33	4,35	-
T ₆	4,35	4,35	-
T ₇	3,25	3,33	-
T ₈	2,91	2,99	-

ENSAYO N°4

LECTURAS DE VELOCIDAD EN M/S DE PROTOTIPO

Q = 5.000 m³/s

PUNTO	SITUACION					
	5-a	5-b	5-c	5-d	5-e	5-f
T1	2,21					
T2	2,35					
T3	2,26					
T4	2,38					
T5	2,56					
T6	2,55					
T7	2,48					
T8	2,60					
12 LL		2,46	2,29	2,43	2,35	2,39
M		2,49	2,09			
N		2,39	2,15	2,09	2,45	2,17
N̄		2,48	2,29			
O		2,62	2,46	2,19	2,38	2,35
P		-	-			
Q		2,61	2,63	2,63	2,68	2,63
R		2,57	2,53			
RR		2,56	2,55	2,49	2,62	2,55
S		2,62	2,54			
T				2,58	2,61	2,57
13 LL		2,66	2,30	2,49	2,56	2,31
M		2,60	2,51			
N		2,53	2,37	2,62	2,44	2,51
N̄		2,57	2,47			
O		2,57	2,60	2,63	2,62	2,61
P		1,37	-			
Q		2,20	2,70	2,70	2,67	2,55
R		2,56	2,64			
RR		2,58	2,59	2,66	2,68	2,59
S		2,70	2,64			
T				2,67	2,70	2,73

TABLA N° 4 (Cont.)

		ENSAYO N° 4					
		Q = 5.000 m ³ /s					
PUNTO		SITUACION					
		5-a	5-b	5-c	5-d	5-e	5-f
14	LL		2,76	2,52	2,78	2,87	2,98
	M		2,84	2,58			
	N		2,78	2,66	2,46	2,65	2,78
	N̄		2,71	2,66			
	O		2,54	2,56	2,72	2,80	2,74
	P		1,88	1,20			
	Q		2,07	2,25	2,49	2,46	2,27
	R		2,46	2,49			
	RR		2,54	2,44	2,52	2,56	2,61
	S		2,58	2,51			
	T				2,58	2,54	2,41
15	LL		3,12	3,03	2,92	3,04	3,35
	M		3,13	3,08			
	N		3,08	3,06	2,98	3,08	3,04
	N̄		2,82	2,72			
	O		2,74	2,58	2,53	2,85	2,95
	P		2,33	1,91			
	Q		1,97	2,04	2,30	2,24	2,11
	R		2,63	2,52			
	RR		2,62	2,58	2,65	2,64	2,70
	S						
	T				2,63	2,52	2,55
16	LL		2,57	2,64	1,34	2,17	2,27
	M		3,05	2,86			
	N		3,09	2,93	3,16	3,24	3,15
	N̄		3,03	2,93			
	O		2,90	2,84	2,79	2,95	3,00
	P		2,45	2,33			
	Q		2,07	2,11	2,22	2,39	1,99
	R		2,68	2,57	2,73	2,64	2,78
	RR		2,68	2,47	2,63	2,57	2,62
	S				2,39		

TABLA N°4 (Cont.)

PUNTO	ENSAYO N°4					
	SITUACION					
	5-a	5-b	5-c	5-d	5-e	5-f
18 Q				2,14		
R		2,64	2,56	2,63	2,74	2,80
RR		2,53	2,47	2,51	2,60	2,56
S		2,43	2,35	2,28	1,22	
T		2,21	2,13	1,97	1,72	1,73
U		2,14	2,11	2,14	2,00	2,12
V		2,20	2,21		2,21	2,30
W		2,33	2,20	2,48	2,38	2,44
19 R		2,49	2,48	2,64	2,76	2,82
RR		2,48	2,40	2,70	3,03	2,85
S		2,45	2,34	2,84	-	-
T		1,81	1,77		-	-
U		2,08	2,08	2,22	2,17	2,43
V		2,20	2,30		2,15	2,49
W		2,21	2,31	2,40	2,05	2,50
20 R		2,44	2,51	2,70	2,90	2,95
RR		2,56	2,53		3,03	2,55
S		2,58	2,66	2,68		
T			-		-	-
U		2,73	2,71	3,08	2,92	3,07
V		2,54	2,48		2,70	2,80
W		2,50	2,44	2,50	2,58	2,71
21 R		2,38	2,46	2,72	2,88	2,95
RR		2,49	2,46		2,96	3,01
S		2,37	2,53	2,52	0,74	1,07
T		1,07	-		0,59	-
U		2,27	2,45	2,83	2,95	3,12
V		2,40	2,41		2,76	2,89
W		2,34	2,35	2,64	2,55	2,71

TABLA N°4 (Cont.)

ENSAYO N°4

Q = 5.000 m³/s

PUNTO	SITUACION					
	5-a	5-b	5-c	5-d	5-e	5-f
22 R		2,32	2,48	2,63	2,84	2,86
RR		2,54	2,43		2,81	2,87
S		2,30	2,41	2,02		0,46
T		1,29	1,40		-	-
U		2,17	2,20	2,53	2,73	2,80
V		2,41	2,34		2,77	2,81
W		2,34	2,37	2,53	2,67	2,70
L 18		-	-			
20		-	-	-		
22		-	-			
24			-	-		
26			-			
28		1,03				
30		1,46	1,49	1,32		
32		1,83	1,76	1,54		
20 LL		1,05				
N		3,03		3,18		
O		2,73	2,83	2,96		
28 LL		2,38		2,29	2,09	
N		2,69		2,78	2,86	
O		2,68		2,70	2,80	
17 Q				2,29	2,40	2,18
R				2,68	2,64	2,73
RR				2,54	2,45	2,51
S					2,06	2,17
T					1,93	1,91
BB 11					2,40	
19					2,07	
23					2,33	
29					2,46	

TABLA N°4 (Cont.)

PUNTO	ENSAYO N°4					
	SITUACION					
	Q = 5.000 m ³ /s					
	5-g	5-h	5-i	5-j	5-k	5-l
T1						
T2						
T3						
T4	1,44		-	-	-	
T5	2,36	2,38	2,25	2,26	1,80	1,04
T6	2,38	2,29	2,28	1,91	1,53	
T7	2,48	2,49	2,40	2,33	2,31	2,19
T8	2,74	2,63	2,58	2,42	2,43	2,30
12 LL	2,36	2,40	2,30	2,42	2,25	2,53
N	2,26	2,30	2,27	2,49	2,38	2,51
O	2,39	2,40	2,36	2,48	2,18	2,41
Q	2,52	2,42	2,31	3,39	2,23	2,07
RR	2,58	2,51	2,32	2,25	2,14	2,06
T	2,63	2,62	2,51	2,43	2,37	2,22
13 LL	2,28	2,61	2,50	2,70	2,65	2,95
N	2,39	2,49	2,58	2,64	2,70	2,68
O	2,56	2,63	2,61	2,63	2,74	2,58
Q	2,46	1,77	2,21	3,12	1,96	-
RR	2,65	2,41	2,33	2,27	2,14	1,95
T	2,71	2,70	2,50	2,50	2,34	2,27
14 LL	2,98	3,19	3,12	3,16	3,10	3,10
N	2,70	2,97	3,00	3,03	3,15	3,03
O	2,85	3,01	2,98	3,11	3,08	3,10
Q	2,05	1,57	1,58	1,48	1,28	1,38
RR	2,57	2,55	2,21	2,09	1,97	1,86
T	2,63	2,63	2,45	2,39	2,37	2,22

TABLA N°4 (Cont.)

PUNTO	ENSAYO N°4					
	SITUACION					
	5-g	5-h	5-i	5-j	5-k	5-l
15 LL	3,28	3,32	3,55	3,67	3,79	3,51
N	3,13	3,33	3,29	3,55	3,61	3,44
O	3,09	3,37	3,36	3,52	3,54	3,37
Q	2,40		1,18		1,12	1,38
RR	2,67	2,74	2,51	2,01	1,94	1,96
T	2,65	2,71		2,45	2,70	2,33
16 LL	2,40	1,89	2,01	2,49	3,36	3,65
N	3,20	3,58	3,55	3,63	3,69	3,62
O	3,07	3,46	3,46	3,58	3,56	3,33
Q	1,77	-	-	-	-	-
RR	2,65	2,87	2,73	2,71	1,86	1,64
T	2,40	2,52	2,37	2,54	2,30	2,08
18 Q	1,67					1,35
R		2,89	1,00	-	-	-
RR	2,59	2,70	2,79	3,25	-	-
S				1,10	1,07	
T	1,63	1,73	1,71	1,94	2,04	1,92
U	1,99	2,17	2,14	2,25	2,55	2,35
V						
W	2,48	2,42	2,42	2,53	2,59	2,55
Z						2,41
19 R	2,86	2,78	1,98	-	-	
RR	2,82	2,95	2,84	3,08	3,06	
S			-	-	-	-
T	-	-	-	-	-	2,54
U	2,40	2,69	2,64	2,50	2,61	2,33
V						
W	2,47	2,47	2,54	2,62	2,66	2,41

TABLA N°4 (Cont.)

PUNTO	ENSAYO N°4					
	SITUACION					
	Q = 5.000 m ³ /s					
	5-g	5-h	5-i	5-j	5-k	5-l
20 R	2,05	2,90	2,47	1,64	1,25	-
RR	3,03	3,02	2,72	2,58	2,08	-
S	-	-	-	-	-	-
T	-	-	-	-	-	-
U	3,15	3,12	3,15	3,30	3,82	3,50
V	-	-	-	-	-	-
W	2,70	2,69	2,71	2,80	3,28	2,89
21 R	2,83	2,82	2,59	2,20	1,94	-
RR	3,00	2,90	2,54	2,18	1,01	-
S	-	-	-	-	-	-
T	-	-	-	-	-	-
U	3,09	3,10	3,08	3,26	3,31	3,51
V	-	-	-	-	-	-
W	2,68	2,76	2,80	2,83	2,97	2,91
22 R	3,01	2,87	2,66	2,65	2,39	-
RR	2,95	2,67	2,24	1,60	-	-
S	-	-	-	-	-	-
T	-	-	-	-	-	-
U	2,92	2,88	2,90	2,99	3,10	3,21
V	-	-	-	-	-	-
W	2,73	2,73	2,79	2,95	2,92	2,96
L 18	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	- 0,37	0,76
26	-	-	-	-	-	1,39
28	-	0,39	-	-	0,41	1,76
30	0,86	0,88	0,49	-	0,85	1,90
32	1,18	-	-	-	-	-

TABLA N°4 (Cont.)

PUNTO	ENSAYO N° 4					
	SITUACION					
	Q = 5.000 m ³ /s					
	5-g	5-h	5-i	5-j	5-k	5-l
20 LL	-					-
N						3,51
O						2,91
28 LL	1,96	1,82	1,93	1,97	2,39	2,93
N	2,75	2,93	2,90	3,13	3,04	3,14
O	2,72	2,97	2,92	3,15	3,05	3,04
R						1,26
17 Q	1,50		-	1,24	1,05	0,94
R			-	-	-	-
RR	2,51		2,87	3,31	-	-
S			2,23	2,30	2,19	1,70
T	2,05		1,99	2,27	2,07	1,95
U						2,10
BB 11	2,47	2,52	2,43		2,36	2,04
19	2,18	2,21	2,19	2,20	2,28	2,29
23	2,35	2,49	2,49	2,52	2,68	2,56
29	2,53	2,60	2,55	2,74	2,84	2,66
19 LL	-					
18 LL	-					
17 LL	0,60					
N	3,17					
O	3,00					
23 R	2,88	2,83	2,73	2,63	1,70	
RR		2,75	2,27	1,38		
S						
T						
U	2,86	2,83	2,73	2,63	1,70	2,97
V						
W	2,74	2,87	2,88	2,96	2,86	2,95
Z						2,80

TABLA N°4 (Cont.)

PUNTO	ENSAYO N°4					
	SITUACION					
	5-g	5-h	5-i	5-j	5-k	5-l
25 R			2,66	1,00	1,53	
RR			1,76		-	
S						
T						
U			2,91	3,16	3,11	3,33
V						
W			2,88	3,00	2,93	3,01
26 R					1,26	
RR					0,85	
S						
T						-
U					3,23	3,17
W					3,01	3,02
27 R					1,37	
RR					-	
S						-
T						0,99
U					3	3,08
W					2,25	3,15
Z						3,09
28 R						
RR						-
S						
T						1,86
U						3,00
W						3,03

ENSAYO N°5

COTAS DE NIVEL DE AGUA EN METROS REFERIDAS AL CERO DEL RIACHUELO

SITUACION	L4 (perfil 800)	L1 (aguas arriba)	T24 (aguas abajo)
5 b	8,12	8,75	8,38
5 c	8,12	8,92	8,23
5 d	8,12	8,91	8,22
5 e	8,12	8,91	8,22
5 f	8,12	8,88	8,20
5 g	8,12	8,85	8,18
5 h	8,12	8,90	8,12
5 i	8,12	8,95	8,03
5 j	8,12	9,02	8,16
5 k	8,12	9,05	8,09
5 l	8,12	9,05	8,05

ENSAYO N°6

Q = 5.000 m³/s

VELOCIDADES Y COTAS DE NIVEL DE AGUA

Posición cabecera ataguía

Cuadrícula	m desde punto K	Punto	Velocidad (m/s)	Nivel (m)
14 L	1.200	14 LL	3,25	-
14 LL	1.225	14(+4)LL(+6)	4,10	-
		14 LL	3,35	-
14 M	1.250	14(+6)M(+3)	3,52	-
14 N		14(+5)N(+4)	4,50	-
		13(+15)N(+6)	--	9,21
		16 N	--	7,92
14 Ñ	1.275	14(+10)N(+10)	5,10	-
14 O		14(10)O(+14)	5,25	-
0(+15)		14 Ñ	--	9,93
		16 Ñ	--	7,90
		L1	--	10.225

TABLA N°7

ENSAYO N°7

Q = 14.500 m³/s

Posición cabecera de ataguía	Punto	Velocidad (m/s)	Nivel (m)
río libre	L1		13,47
	L4		13,19
16 LL	(16+16m) M	3,76	
17 N	17 N	4,06	
17 O	L1		14,47
	17 P	5,39	
	16 LL	0,72	
	(16+12m) N	1,92	
	15 K	1,26	
17 O (c/mat. impermeable)	L1		14,62
18 O	18 R	5,77	
	18 N	4,20	
	18 BB	4,40	
	L1		14,92
	L4		12,81
17 R	(16+12m) (R+19m)	5,94	
	18 V	5,32	
	18 BB	4,68	
	L1		15,30
	L4		12,72
17 (R+12m)	17 S	6,41	
	18 V	5,98	
	18 BB	4,85	
	L1		15,52
17 RR	(16+4m) (S+6m)	6,63	
	L1		15,67

TABLA N°7 (Cont.)

ENSAYO N°7.

Q = 14.500 m³/s

Posición cabecera de ataguía	Punto	Velocidad (m/s)	Nivel (m)
14 (R+12m)	L1		15,66
	L4		12,75
	(14+12m) S	6,97	
	18 BB	5,49	
14 R	L1		15,71
	L4		13,01
	18 V	5,80	
	18 BB	4,80	
	18 DD	4,82	
	22 DD	4,95	
	26 DD	4,92	
	30 DD	5,11	
	34 DD	3,95	
	38 DD	4,75	
Ataguía aguas arriba terminada	L1		15,49
	L4		12,95
	18 DD	4,24	
	22 DD	4,55	
	26 DD	4,71	
	30 DD	4,71	
	34 DD	4,32	
	38 DD	4,65	
	12 R	4,90	
	(11+15m) (RR+18m)	3,55	

ENSAYO N°8

$$Q = 10.000 \text{ m}^3/\text{s}$$

Posición de la cabecera de ataguía (cuadrícula)	Punto	Velocidad (m/s)	Nivel (m)
Río libre	L1		11,15
	L4		10,91
18 N y material imper- meable hasta M	L1		11,65
	L4		10,77
18 Q	L1		12,50
	L2		10,62
	18 R	5,31	
(17+12m) R	L1		12,79
	L4		10,62
	17 (R+15m)	5,57	
(17-7m) S	L1		12,88
	L4		10,60
	(16+10m) (S+5m)	6,21	
	18 CHCH	4,33	
	22 CHCH	5,27	
	26 CHCH	5,86	
	30 CHCH	5,78	
	34 CHCH	5,14	
	38 CHCH	5,23	
14 R	18 CHCH	4,41	
	22 CHCH	4,73	
	26 CHCH	5,21	
	30 CHCH	5,05	
	34 CHCH	4,55	
	38 CHCH	4,72	
	16 V	4,83	
	(14-12m) RR	5,17	
12 (P+12m)	L1		12,97
	L4		10,75

ENSAYO N°8

Q = 10.000 m³/s

Posición de la cabecera de ataguía (cuadrícula)	Punto	Velocidad (m/s)	Nivel (m)
	18 CHCH	4,84	
	22 CHCH	5,07	
	26 CHCH	5,36	
	30 CHCH	5,02	
	34 CHCH	4,38	
	38 CHCH	4,75	
	16 V	5,35	
	(16+10m) (S+5m)	4,89	
	(11+12m) (Q+12m)	3,84	
Ataguía totalmen- te construída	L1		13,52
	L4		10,79
	15 Ñ		13,44
	20 Q		10,80
	11 (R+6m)	4,16	
	16 U	6,71	
	18 U	5,05	
	18 T	0,00	
	20 T	0,00	
	22 T	0,00	
	24 T	1,00	
	26 T	2,11	
	28 T	2,80	
	30 T	3,26	
	32 T	3,91	
	18 S	0,00	
	20 S	0,00	
	22 S	0,00	
	24 S	0,00	
	26 S	0,40	

ENSAYO N°8
Q = 10.000 m³/s

Posición de la cabecera de ataguía (cuadrícula)	Punto	Velocidad (m/s)	Nivel (m)
	28 S	1,47	
	30 S	1,52	
	32 S	2,37	

ENSAYO N°9
 Q = 10.000 m³/s

Avance cabecera
 ataguía en roca

Punto	Velocidad (m/s)	Nivel (m)
(10+12) Q		
10 R	5,05	-
16 T	4,71	-
17 X	5,18	-
20 S	0,00	-
18 S	1,49	-
L1		12,75
L4		10,54

TABLA N°10

ENSAYO N°10

Q = 14.500 m³/sAvance cabecera
ataguía en roca

	Punto	Velocidad (m/s)	Nivel (m)
Río libre	L1	-	13,45
	L2	-	13,35
	L3	-	13,25
	L4	-	13,175
16 L	L1	-	13,80
	L2	-	13,112
	L3	-	
	L4	-	12,925
	16 L	3,35	-
	16(+10) X	3,26	-
	16(+10) DD	2,33	-
16 N	16 O	4,67	-
	16 X	3,81	-
	16 DD	3,24	-
	13 L	-	14,338
	18 L	-	12,625
16 O	L1	-	14,612
	L2	-	12,825
	L3	-	12,912
	L4	-	12,750
	16 P	4,94	-
	16 U	3,74	-
	16 X	3,90	-
	16 AA	4,35	-
	16 DD	3,45	-
	13 L	-	14,513
	18 L	-	12,738
	L1	-	14,612
	L2	-	12,825

ENSAYO N°10

Q = 14.500 m³/s

Avance cabecera ataguía en roca	Punto	Velocidad (m/s)	Nivel (m)
	L3	-	12,912
	L4	-	12,750
16 Q	16 DD	3,79	-
	16 AA	4,43	-
	16 X	4,01	-
	16 U	4,20	-
	16 R	5,86	-
	16 R	5,98	-
	15 N	2,24	-
	13 L	-	15,200
	18 L	-	12,563
16 R	L1	-	15,475
	L2	-	12,687
	L3	-	-
	L4	-	12,437
	16 RR	6,07	-
	16 U	4,40	-
	16 X	4,19	-
	16 AA	4,53	-
	16 DD	4,16	-
	13 L	-	15,525
	18 L	-	12,900
15 R	14 R	5,67	-
	15 DD	4,41	-
Ataguía totalmente construía	16 T	5,69	-
	18 T	4,94	-
	20 T	4,50	-
	22 T	3,67	-

TABLA N°10 (Cont.)

ENSAYO N°10

Q = 14.500 m³/s

Avance cabecera ataguía en roca	Punto	Velocidad (m/s)	Nivel (m)
	24 T	3,98	-
	26 T	4,43	-
	28 T	3,47	-
	30 T	3,63	-
	14 T	5,87	-
	12 T	4,55	-
	12 S	5,98	-
	11 S	5,07	-
	13 S	5,92	-
	14 S	3,76	-
	15 S	1,82	-
	16 S	0,70	-
	13 RR	0,00	-
	12 RR	0,86	-
	11 RR	5,46	-
	10 RR	4,00	-
	10 R	0,62	-
	10 Q	3,93	-
	L1	-	15,612
	L2	-	12,850
	L3	-	12,575
	L4	-	12,45
	13 L	-	15,938
	18 L	-	12,500

TABLA N°11

ENSAYO N°11

Q = 10.000 m³/sAvance ataguía
en roca en suelo

Río libre

16 L 15 H

16 N 15 H

Punto	Velocidad (m/s)	Nivel (m)
L1	-	11,237
L2	-	11,100
L3	-	10,975
L4	-	10,925
L1	-	11,625
L2	-	10,837
L3	-	10,825
L4	-	10,775
15 H	-	-
J	1,33	-
L	2,34	-
16 LL	3,63	-
P	2,85	-
RR	2,89	-
U	2,92	-
X	2,99	-
AA	3,36	-
CH CH	2,66	-
L1	-	12,062
L2	-	10,812
L3	-	10,912
L4	-	10,800
13 L	-	11,988
18 L	-	10,788
15 J	-	-
15 L	0,99	-
15 K	0,70	-
16 O	4,17	-
P	3,97	-

ENSAYO N°11

Q = 10.000 m³/s

Avance ataguía		Punto	Velocidad (m/s)	Nivel (m)
en roca	en suelo			
		16 RR	3,60	-
		U	3,51	-
		X	3,29	-
		AA	3,62	-
		CH CH	3,35	-
16 P	15 K	L1	-	12,362
		L2	-	10,812
		L3	-	10,925
		L4	-	10,737
		13 L	-	12,275
		18 L	-	10,788
		15 K	-	-
		15 L	0,84	-
		16 Q	4,64	-
		16 RR	4,32	-
		U	3,42	-
		X	3,66	-
		AA	4,00	-
		CH CH	3,67	-
160 (+12,5m)	15 LL	L1	-	12,662
		L2	-	10,825
		L3	-	10,997
		L4	-	10,762
		13 L	-	12,588
		18 L	-	10,775
		15 L	-	-
		15 LL	-	-
		15 Ñ	1,23	-
		M	0,93	-

ENSAYO N°11
 Q = 10.000 m³/s

Avance ataguía		Punto	Velocidad (m/s)	Nivel (m)
en roca	en suelo			
		16 R	5,34	-
		RR	4,89	-
		U	4,28	-
		X	3,76	-
		AA	4,11	-
		CH CH	4,04	-

TABLA N°12

ENSAYO N°12
 Q = 10.000 m³/s

Avance ataguía en roca	Avance material impermeable	Punto	Velocidad (m/s)	Nivel (m)
río libre	río libre	L1		11,237
		L2		11,087
		L3		10,987
		L4		10,925
N	J	L1		12,025
		L2		10,675
		L3		10,825
		L4		10,637
		13 L		12,063
		18 L		10,813
		(14+12m) J	0,88	
		15 K	0,77	
		15 L	0,43	
		16 O	4,25	
		17 O	fluctuante	
		17 Q	4,53	
		17 RR	3,48	
		17 T	3,38	
		17 V	3,42	
		17 X	3,52	
		17 Z	3,69	
		17 BB	3,82	
		17 CHCH	3,31	
		30 E	0,00	
		30 G	0,00	
		30 I	0,00	
		30 J	0,00	
		30 K	0,00	
		30 L	0,00	
P+12m	K	15 K	0,00	
		15 L	0,58	

TABLA N°12 (Cont.)

ENSAYO N°12

 $Q = 10.000 \text{ m}^3/\text{s}$

Avance ataguía en roca	Avance material impermeable	Punto	Velocidad (m/s)	Nivel (m)
		17 Q	4,03	
		17 R	4,66	
		17 RR	4,67	
		17 T	4,12	
		17 V	3,86	
		17 X	3,81	
		17 Z	3,91	
		17 BB	3,99	
		17 CHCH	3,79	
		(15+19m) P	5,08	
		13 L		12,338
		18 L		10,688
		L1		12,362
		L2		10,675
		L3		10,775
		L4		10,625
RR	K	L1		12,837
		L2		10,637
		L3		10,687
		L4		10,562
completa; longitudinal en (17+12m)	K	L1		12,75
		L2		10,47
		L3		10,51
		L4		10,54
		13 L		13,11
		18 L		10,85
totalmente concluida	totalmente concluido	L1		13,57
		L2		12,07
		L3		10,27
		L4		10,37
		13 L		13,46
		34 L		10,72

TABLA N°12 (Cont.)

ENSAYO N°12

Q = 10.000 m³/s

Avance ataguía en roca	Avance material impermeable	Punto	Velocidad (m/s)	Nivel (m)
		17 T	4,07	
		17 V	4,96	
		17 X	5,02	
		17 Z	5,03	
		17 BB	5,22	
		17 CHCH	5,19	
		15 T	4,79	
		15 V	4,74	
		15 X	4,71	
		15 Z	4,73	
		15 BB	4,94	
		15 CHCH	4,64	
		13 T	4,64	
		13 V	4,52	
		13 X	4,62	
		13 Z	4,77	
		13 BB	4,81	
		13 CHCH	4,29	
		19 CHCH	4,63	
		21 CHCH	4,93	
		23 CHCH	5,26	
		25 CHCH	5,55	
		27 CHCH	5,89	
		29 CHCH	5,74	
		31 CHCH	5,63	
		33 CHCH	5,40	
		35 CHCH	4,94	
		37 CHCH	4,99	
		11 RR	4,57	
		11 T	4,28	
		11 V	4,07	
		11 X	3,92	

TABLA N°12 (Cont.)

ENSAYO N°12
 $Q = 10.000 \text{ m}^3/\text{s}$

Avance ataguía en roca	Avance material impermeable	Punto	Velocidad (m/s)	Nivel (m)
		11 Z	3,85	
		11 BB	4,16	
		11 CHCH	3,97	
		22 DD	4,65	
		26 DD	4,54	
		30 DD	4,27	
		34 DD	4,20	

ENSAYO N°13

LECTURAS DE VELOCIDAD EN M/S DE PROTOTIPO

PUNTO	Q=2.000m ³ /s	Q=3.000m ³ /s	Q=4.000m ³ /s	Q=5.000m ³ /s	Q=6.000m ³ /s
5 P			1,20	1,21	1,41
R			1,42	1,43	1,48
T			1,55	1,70	1,53
V			1,58	1,87	2,00
X			1,68	1,82	2,07
Z			1,85	2,03	2,23
BB			1,77	2,05	2,36
CHCH			1,35	1,62	1,96
7 P			1,25	1,12	1,53
R			1,80	1,83	2,07
T			1,58	2,16	1,77
V			1,81	2,05	2,15
X			1,79	2,13	2,19
Z			1,91	2,22	2,44
BB			1,85	2,23	2,49
CHCH			1,48	1,82	2,03
9 P			1,76	1,77	1,89
R			2,67	2,79	2,88
T			2,10	2,21	2,94
V			2,33	2,23	2,84
X			2,15	2,49	2,63
Z			2,25	2,60	2,75
BB			2,25	2,67	2,92
CHCH			--	2,32	2,61
11 P	--	--	--	--	--
R	--	--	--	--	--
T		2,78	2,94	2,43	3,85
V		2,64	3,11	3,41	3,56
X		2,81	3,04	3,45	3,48
Z		2,87	3,08	3,29	3,52

TABLA N° 13 (Cont.)

ENSAYO N° 13

PUNTO	Q=2.000m ³ /s	Q=3.000m ³ /s	Q=4.000m ³ /s	Q=5.000m ³ /s	Q=6.000m ³ /s
11 BB		2,85	3,18	3,41	3,63
CHCH		--	--	--	3,24
13 T		3,54	3,79	4,10	4,28
V		3,42	3,76	4,10	4,31
X		3,60	3,81	4,00	4,27
Z		3,61	3,92	3,96	4,24
BB		3,52	3,74	4,02	4,22
CHCH		--	--	3,77	3,73
14 T	2,76	--	--	--	--
V	3,03	--	--	--	--
X	2,96	--	--	--	--
Z	3,12	--	--	--	--
BB	--	--	--	--	--
CHCH	--	--	--	--	--
15 T	3,11	3,43	3,96		4,32
V	3,03	3,52	3,75	4,15	4,41
X	2,76	3,35	3,56	3,95	4,19
Z	2,80	3,31	3,58	3,94	4,20
BB	--	3,28	3,55	3,94	4,25
CHCH	--	--	--	3,67	4,00
L1					
L2					
L3					
L4					

ENSAYO N°13

PUNTO	Q=7.000m ³ /s	Q=8.000m ³ /s
5 P	1,50	1,77
R	1,85	1,71
T	1,49	1,69
V	1,80	2,01
X	2,04	2,21
Z	2,34	2,52
BB	2,52	2,78
CHCH	2,20	2,44
7 P	1,73	1,73
R	2,27	2,29
T	1,88	2,18
V	2,17	2,19
X	2,36	2,50
Z	2,56	2,62
BB	2,66	2,95
CHCH	2,32	2,62
9 P	1,49	1,66
R	3,21	3,32
T	3,29	3,02
V	2,92	3,04
X	2,82	2,98
Z	2,90	3,11
BB	3,13	3,31
CHCH	2,94	3,23
11 P	-	-
R	-	-
T	3,82	4,08
V	3,62	3,87
X	3,62	3,82
Z	3,69	3,81

ENSAYO N°13

PUNTO	Q=7.000m ³ /s	Q=8.000m ³ /s	Q=12.000m ³ /s	Q=16.000m ³ /s
11 BB	3,83	3,90	-	-
CHCH	3,45	3,73	-	-
13 T	4,55	4,73	-	-
V	4,42	4,41	-	-
X	4,33	4,39	-	-
Z	4,31	4,43	-	-
BB	4,42	4,41	-	-
CHCH	3,78	4,08	-	-
15 T	4,65	4,85	4,95	4,31
V	4,48	4,78	5,00	5,14
X	4,43	4,51	5,04	5,11
Z	4,43	4,47	4,84	5,01
BB	4,51	4,40	5,15	5,06
CHCH	4,21	4,30	4,86	4,99
EE	-	-	-	2,98
L1	-	12,37	14,52	16,56
L3	-	9,32	11,39	13,14
L4	8,84	9,34	11,32	13,11
0 O	-	-	1,78	1,48
0 P	-	-	1,53	1,55
0 Q	-	-	1,47	1,24
0 RR	-	1,44	1,42	1,42
0 T	-	1,20	1,55	1,55
0 V	-	1,63	1,87	1,62
0 X	-	1,66	1,89	1,76
0 Z	-	1,78	2,27	1,17
0 BB	-	2,12	2,76	2,52
0 CHCH	-	2,48	2,70	2,61
0 EE	-	2,38	-	2,73
2 O	-	-	1,78	1,64
2 P	-	1,28	1,59	1,72

ENSAYO N°13

PUNTO	Q=8.000m ³ /s	Q=12.000m ³ /s	Q=16.000m ³ /s
2 Q	1,56	1,58	1,88
2 RR	1,55	1,68	1,62
2 T	1,69	1,70	1,37
2 V	-	1,94	1,88
2 X	-	2,15	2,15
2 Z	-	2,38	2,22
2 BB	-	2,75	2,64
2 CHCH	-	2,75	2,85
2 EE	-	-	2,67
2 GG	-	-	2,15
4 O	-	1,76	-
4 P	-	1,92	-
4 Q	-	2,20	-
4 RR	-	2,08	-
4 T	-	1,82	-
4 V	-	2,18	-
4 X	-	2,33	-
4 Z	-	2,69	-
4 BB	-	2,97	-
4 CHCH	-	2,91	-
6 O	-	1,74	-
P	-	2,08	-
Q	-	2,34	-
RR	-	2,58	-
T	-	2,08	-
V	-	2,36	-
X	-	2,65	-
Z	-	2,90	-
BB	-	3,18	-
CHCH	-	3,07	-
7 O	-	1,51	1,54

ENSAYO N°13

PUNTO	Q=12.000m ³ /s	Q=16.000m ³ /s
7 P	1,72	1,90
Q	2,42	2,42
R	2,78	2,70
RR	3,02	2,89
S	3,09	2,47
T	2,30	2,27
8 O	1,43	2,40
P	1,83	2,70
Q	2,51	3,16
R	3,20	3,52
RR	3,51	3,81
9 O	1,47	2,15
P	2,10	2,58
Q	2,64	3,65
R	3,36	4,03
EE	-	3,96
13 L	14,53	16,68
34 L	11,75	13,60

ENSAYO N° 14

COTAS DE NIVEL DE AGUA EN METROS REFERIDAS AL CERO DEL RIACHUELO

ESTADO	PUNTO	Q=15.000m ³ /s	Q=20.000m ³ /s	Q=25.000m ³ /s	Q=27.000m ³ /s
Ataguías totalmente terminadas en primera etapa con pilas de puente colocadas en línea 17	L1	16,05	17,95		20,67
	L2	13,55	16,01		18,47
	L3	12,74	14,97		18,26
	L4	12,80	15,00	17,16	18,05
	13 L	16,06	18,43	20,13	20,83
	34 L	13,14	15,46	17,82	18,45
	11 RR	14,99	15,76	17,76	18,35
	14 S	14,77	16,40	18,19	18,67
	17 T	14,69	16,22	18,14	19,33
	19T(+10)	13,85	15,75	18,19	18,86
	21 U	13,21	15,56	17,77	18,56
	23 U	13,01	15,30	17,96	18,44
	25 U	12,96	15,29	17,95	18,50
27 U	12,87	15,11	17,751	18,44	
Ataguías totalmente terminadas en primera etapa sin pilas de puente	L1	15,95	-	-	-
	13 L	-	17,61	-	-

TABLA N° 15

ENSAYO N° 15
 $Q = 16.000 \text{ m}^3/\text{s}$

Avance cabecera ataguía en roca	Punto	Velocidad (m/s)	Nivel (m)
Ataguías comple- tas. I° Etapa - salvo ataguía longitudinal re- cortada s/plano AT-1-03,6 sin pi- las del puente.	11 L	-	
	34 L	-	
	21 RR	-	14,96
	29 U	-	13,19
	15 T	4,95	-
	V	4,44	-
	X	4,10	-
	Z	3,95	-
	BB	4,09	-
	CH CH	4,02	-
	L1	-	16,54
	L3	-	12,85
	L4	-	13,22
Lc	-	-	

ENSAYO N° 16

MEDIDAS DE NIVELES EN METROS SOBRE CERO DEL RIACHUELO

PUNTO	Q=16.000m ³ /s	Q=21.000m ³ /s	Q=27.000m ³ /s	Q=30.000m ³ /s	Q=35.400m ³ /s
L1	15,19	17,40	19,79	20,70	22,24
L3	13,37	15,86	18,24	19,12	20,24
L4	13,16	15,64	18,05	18,92	20,34
11 L	15,09	17,53	19,79	20,65	22,47
34 L	13,56	15,96	18,26	19,54	20,21
12 P	12,78	15,43	16,87	18,31	19,49
14 P	12,44	15,19	17,38	19,19	-
16 P	12,59	15,54	16,78	18,76	-
17 P	12,88	15,41	17,66	18,32	20,21
27 P	13,42	15,92	17,61	19,44	21,06
30 P	13,48	16,09	18,36	18,51	20,89
19 R	12,93	15,70	-	19,11	-
20 RR	13,19	15,74	17,74	18,75	21,03
24 RR	13,52	15,90	17,76	19,26	21,21
26 Q	13,29	18,61	17,30	19,19	-
26 R					

ENSAYO N°16
MEDIDAS DE VELOCIDADES EN M/S

PUNTO	Q=16.000m ³ /s	Q=21.000m ³ /s	Q=27.000m ³ /s	Q=30.000m ³ /s	Q=35.400m ³ /s
9 X	3,13	-	2,68	-	-
11 X	3,79	3,71	3,77	3,51	3,42
13 X	4,51	-	4,07	-	-
15 X	4,45	-	4,63	-	-
17 X	5,24	4,29	5,77	4,98	5,19
20 X	5,01	-	5,15	-	-
23 X	5,06	4,90	5,20	5,52	5,69
26 X	5,37	-	5,49	-	-
29 X	5,41	4,69	5,36	5,24	5,84
9 V	3,26	-	2,81	-	-
11 V	4,13	-	3,50	-	-
13 V	4,74	-	4,53	-	-
15 V	5,18	-	4,96	-	-
17 V	5,59	-	5,65	-	-
20 V	5,12	-	6,02	-	-
23 V	5,03	-	6,24	-	-
26 V	4,78	-	5,85	-	-
29 V	4,63	-	5,57	-	-
9 BB	3,59	-	3,22	-	-
11 BB	4,16	-	3,75	-	-
13 BB	4,58	-	4,01	-	-
15 BB	4,80	-	4,24	-	-
17 BB	5,43	-	5,16	-	-
20 BB	4,89	-	4,65	-	-
23 BB	-	-	4,99	-	-
26 BB	-	-	4,58	-	-
29 BB	-	-	4,61	-	-
12 P	0,83	±1,23	±0,71	±1,23	-
13 P	-	0	-0,61	-	-
14 P	±0,30	0	0	-	-

ENSAYO N°16
 MEDIDAS DE VELOCIDADES EN M/S

PUNTO	Q=16.000m ³ /s	Q=21.000m ³ /s	Q=27.000m ³ /s	Q=30.000m ³ /s	Q=35.400m ³ /s
15 P	-	-	0	-	-
16 P	0	0	0	0,71	-
17 P	0	-	-0,71	±1,23	-
19 R	±0,71	±2,15	-2,65	-	-
20 RR	2,16	2,23	±1,64	±2,15	-
22 RR	4,10	3,76	±2,15	-	-
24 RR	4,10	3,76	±2,15	±2,15	-
26 Q	-	0,39	-	0,68	-
26 R	1,24	1,16	±1,64	±2,65	-
27 P	0	0	0	±1,23	-
28 P	0	-	0	-	-
29 P	0	-	0	-	-
30 P	±0,51	0	±1,23	±2,15	-

ENSAYO N° 17

Espectro de velocidades (m/s)

Posición ataguía longitudinal	Punto	$Q=10.000m^3/s$	$Q=16.000m^3/s$
19(+10m)R	20 T	0	0
Ataguía agua. arriba termina da.	21 T	0	0
	22 T	0	0
	23 T	0	0
Ataguías aguas abajo a 1.200m del punto K.	24 T	0	-
	25 T	0	0,29
	26 T	0,51	±0,35
	27 T	0,47	-0,43
Cabeza mat. Imp.en 21 T, protec. roca en 19(+10m)R	22 T	0	-
Cabeza mat. Imp.en 22 T, protec. roca en 21 T	23 T	0	0
Cabeza mat. Imp.en 23 T, protec. roca en 22 T.	24 T	-0,32	-
Cabeza mat. Imp.en 24 T, protec. roca en 23 T.	25 T	0	0,35
Cabeza mat. Imp.en 25 T, protec. roca en 24 T.	26 T	0,28	-
Cabeza mat. Imp.en 26 T, protec. roca en 23 T.	25 T	-	-0,64
Cabeza mat. Imp.en 26 T, protec. roca en 25 T.	26 T	-	-0,37
	27 T	0	-0,33

ENSAYO N°17

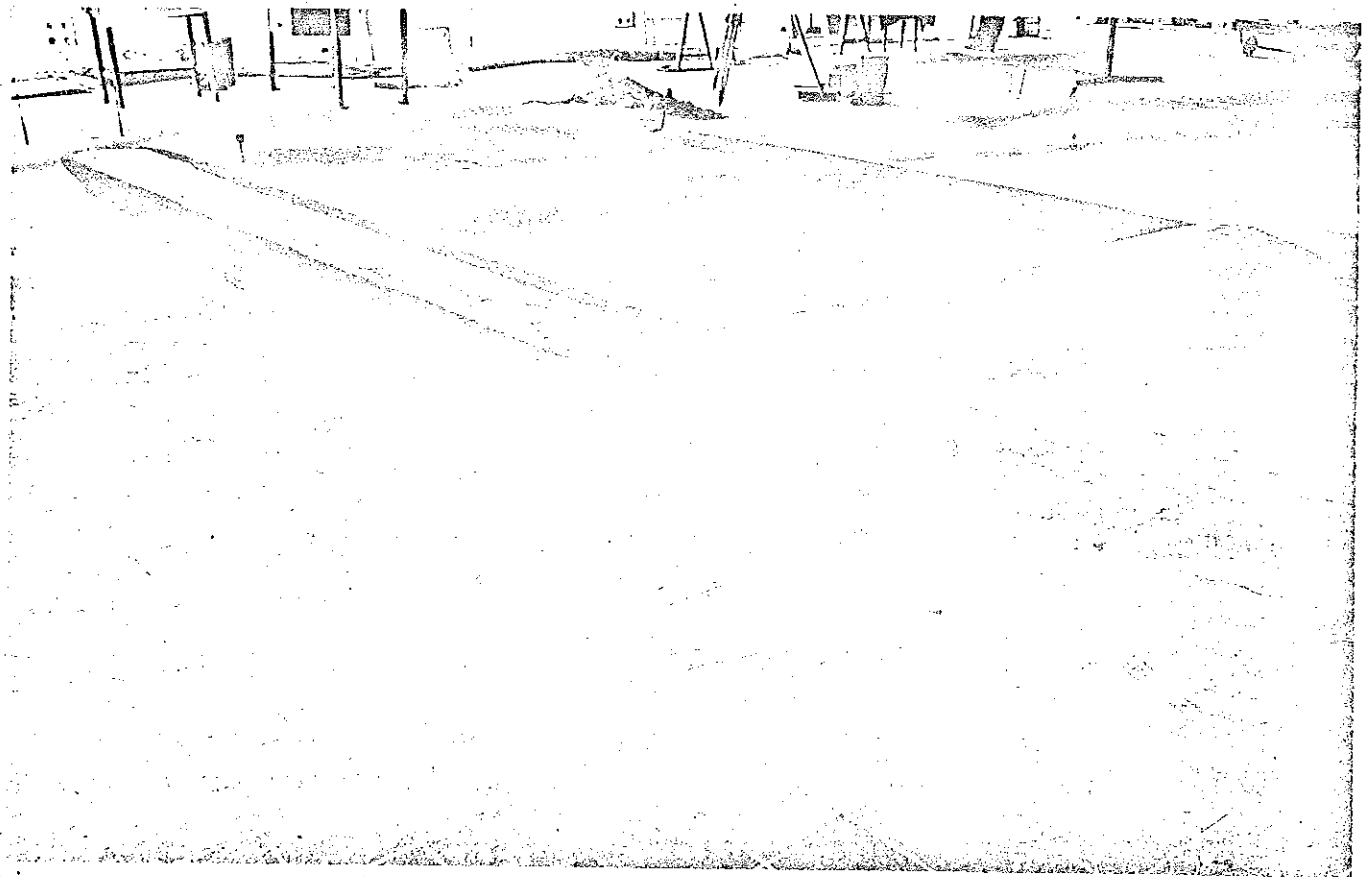
Posición ataguía longitudinal	Punto	Q=10.000m ³ /s	Q=16.000m ³ /s
Cabeza mat. Imp.en 26 T, protec. roca en 25(+10m)	26 T	-	0
Cabeza mat. Imp.en 27 T, protec. roca en 26 T.	28 T	0	-

ENSAYO N° 19
 $Q = 10.000 \text{ m}^3/\text{s}$

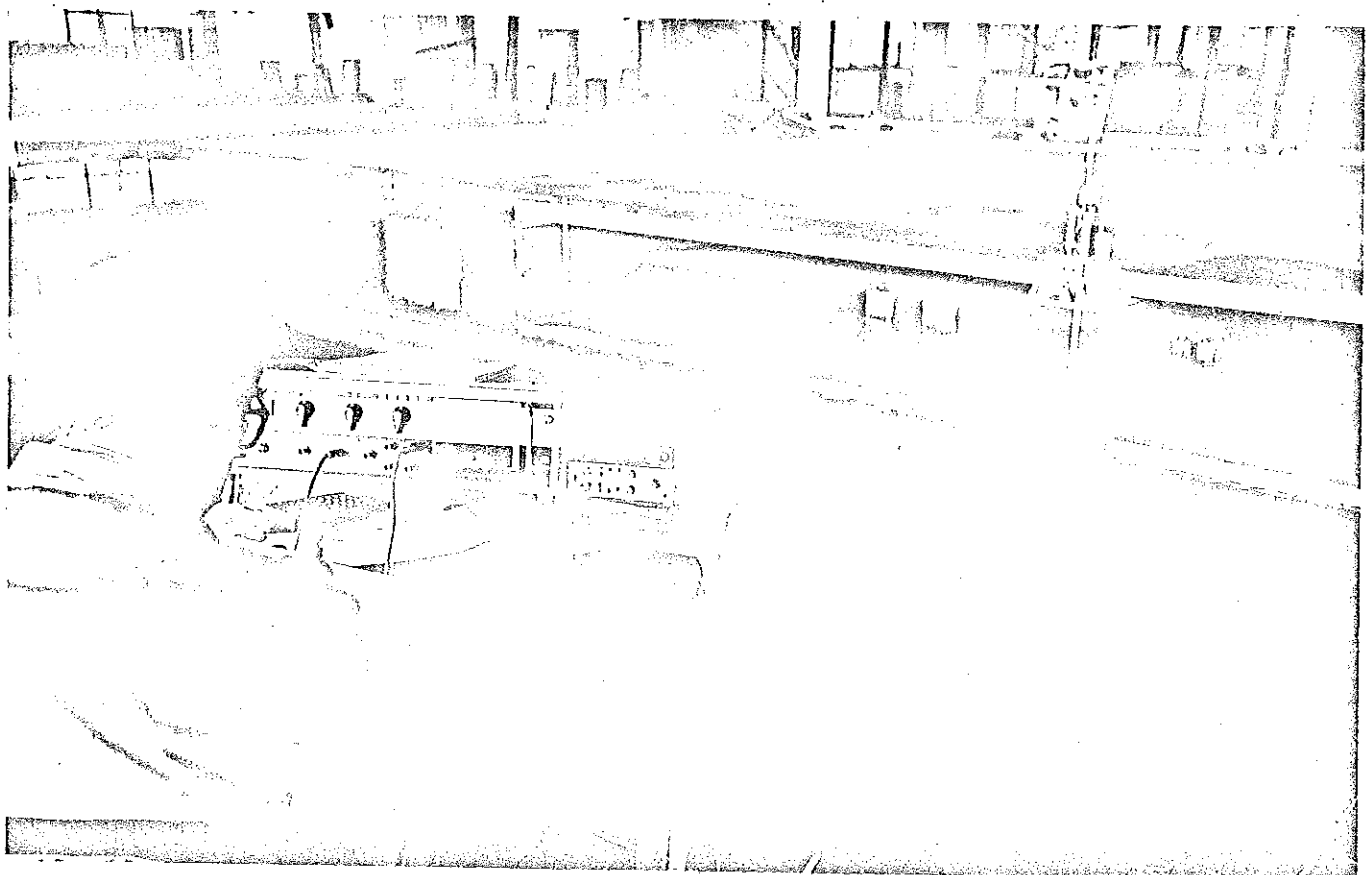
Posición ataguía en roca	Punto	Velocidad (m/s)	Nivel (m)
1.300m del punto K	L1		12,00
	L2		10,72
	L3		10,75
	L4		10,73
	11 L		
	13 K	0,48	
	13 M	1,32	
	14 O	4,52	
	14 Q	3,72	
	14 RR	3,64	
1.410m de punto K	L1		12,88
	L2		10,70
	L3		10,48
	L4		10,63
	11 L		
	13 K	0,00	
	13 M	0,65	
	13 Ñ	0,38	
14 T	5,02		
ataguía aguas arriba completa	L1		12,65
	L2		10,74
	L3		10,46
	L4		10,69
	11 L		
	7 RR	4,73	
	7 T	3,94	
	12 X	5,40	
	12 BB	5,41	
12 T	5,42		

ENSAYO N°19
 $Q = 10.000 \text{ m}^3/\text{s}$

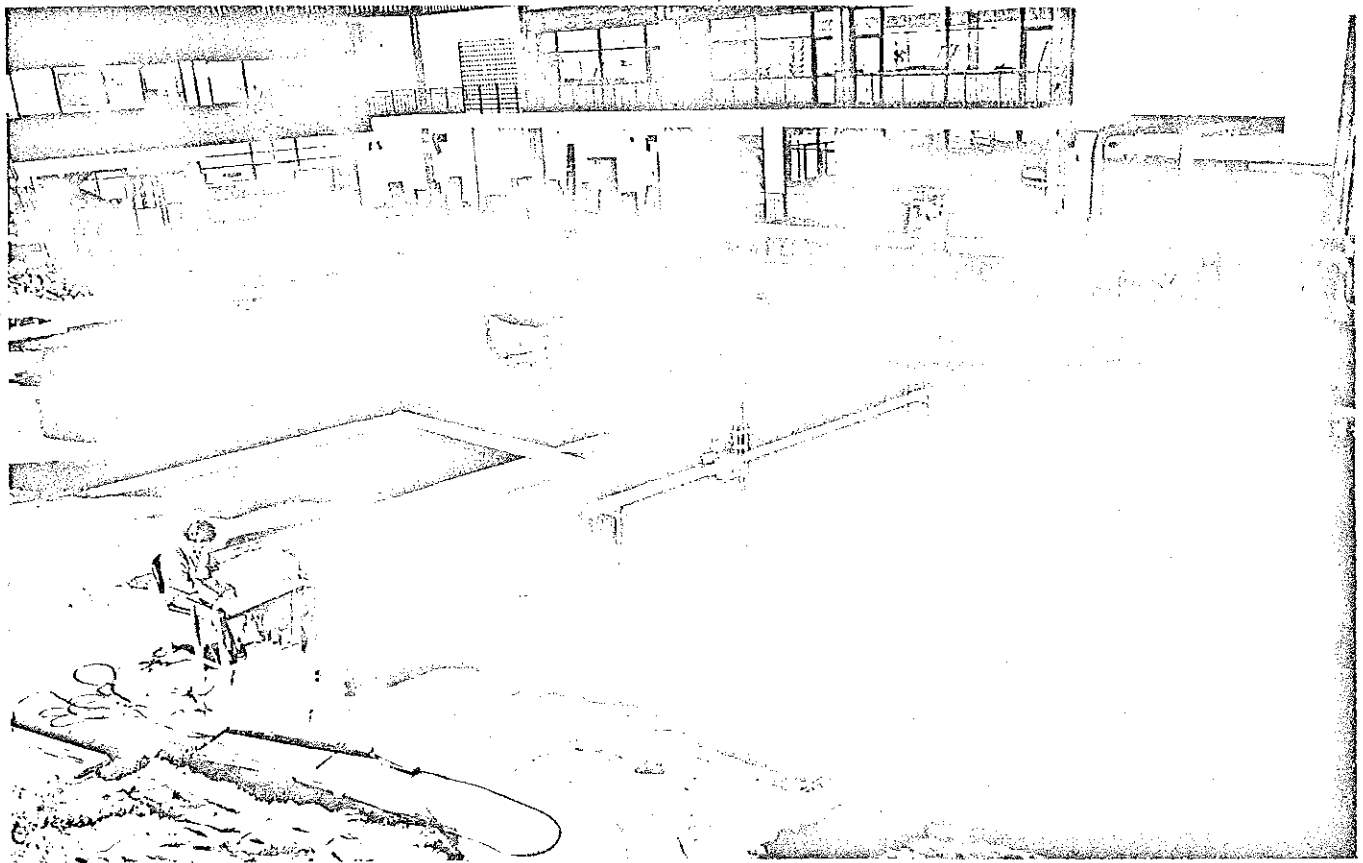
Posición ataguía en roca	Punto	Velocidad (m/s)	Nivel (m)
ataguía long. hasta línea 20	L1		12,86
	L2		10,51
	L3		10,43
	L4		10,68
	11 L		
	34 L		11,07
	20 V	6,03	
	20 X	5,50	
	20 BB	5,28	
	3(+6m)BB	3,25	
	3(+6m)X	2,64	
	3(+6m)T	1,91	
	3(+6m)Q	1,97	



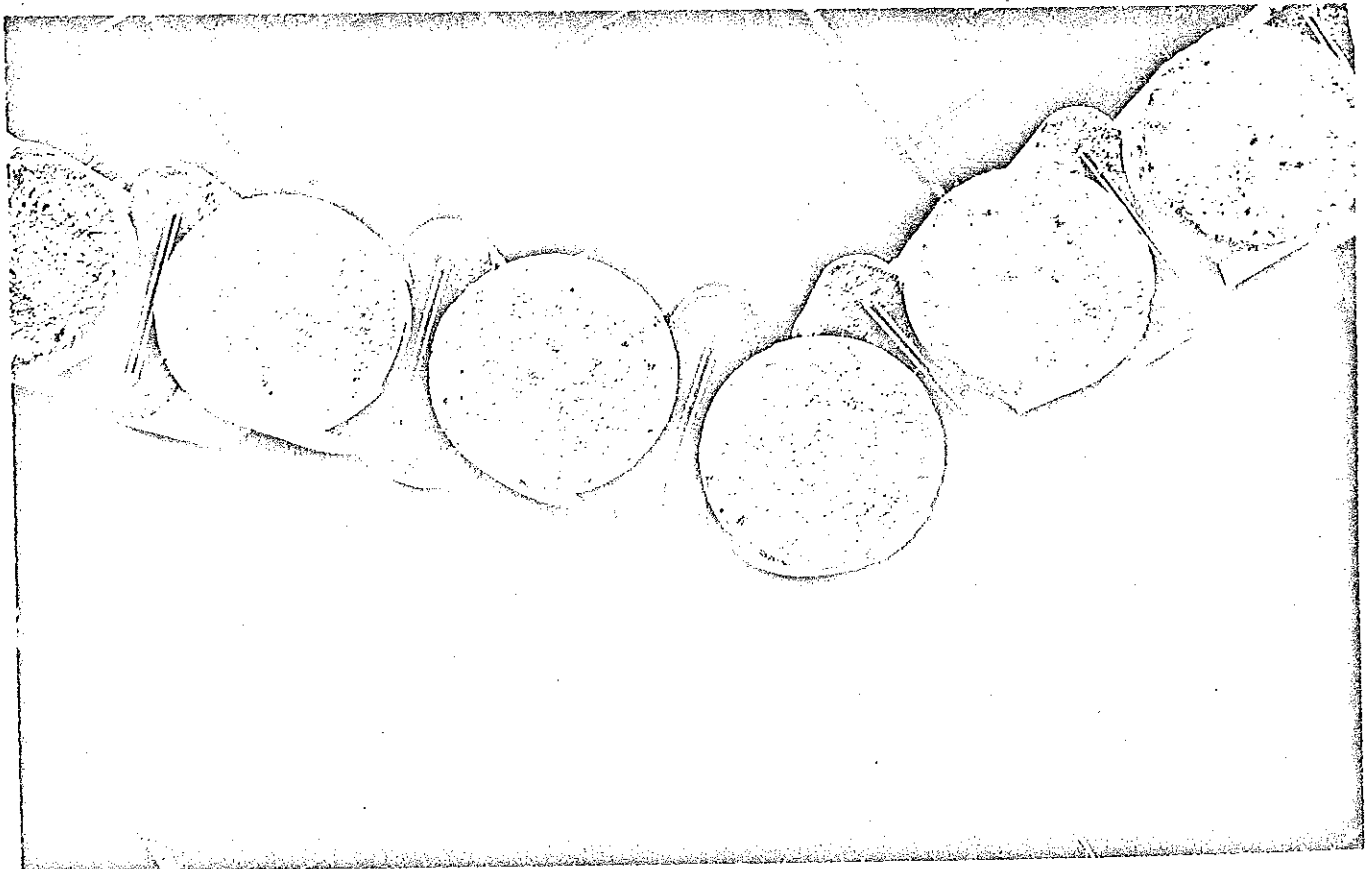
Fotografía N°1: Ataguía original según proyecto de la Empresa



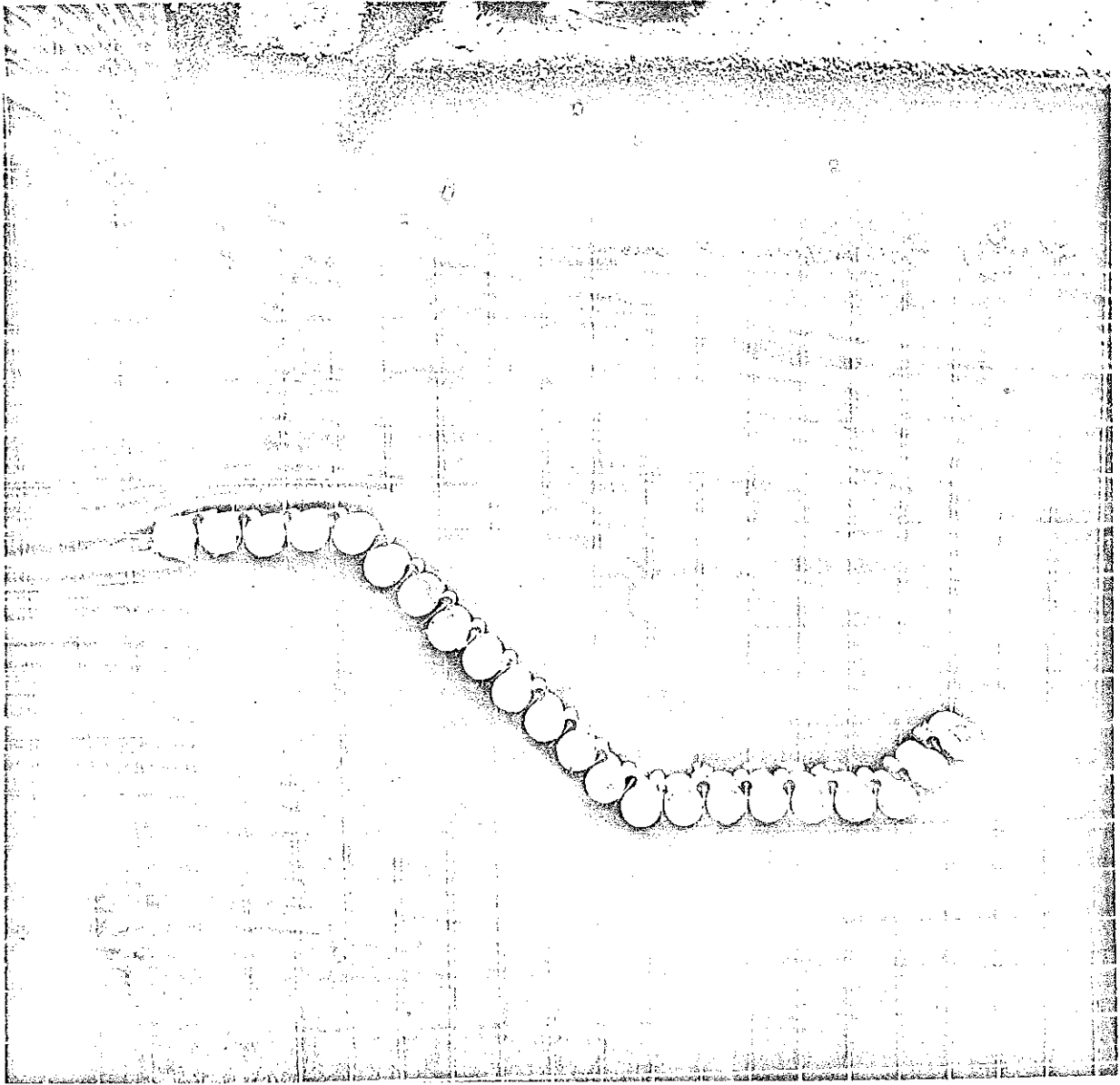
Fotografía N°2: Equipo de registro de velocidades



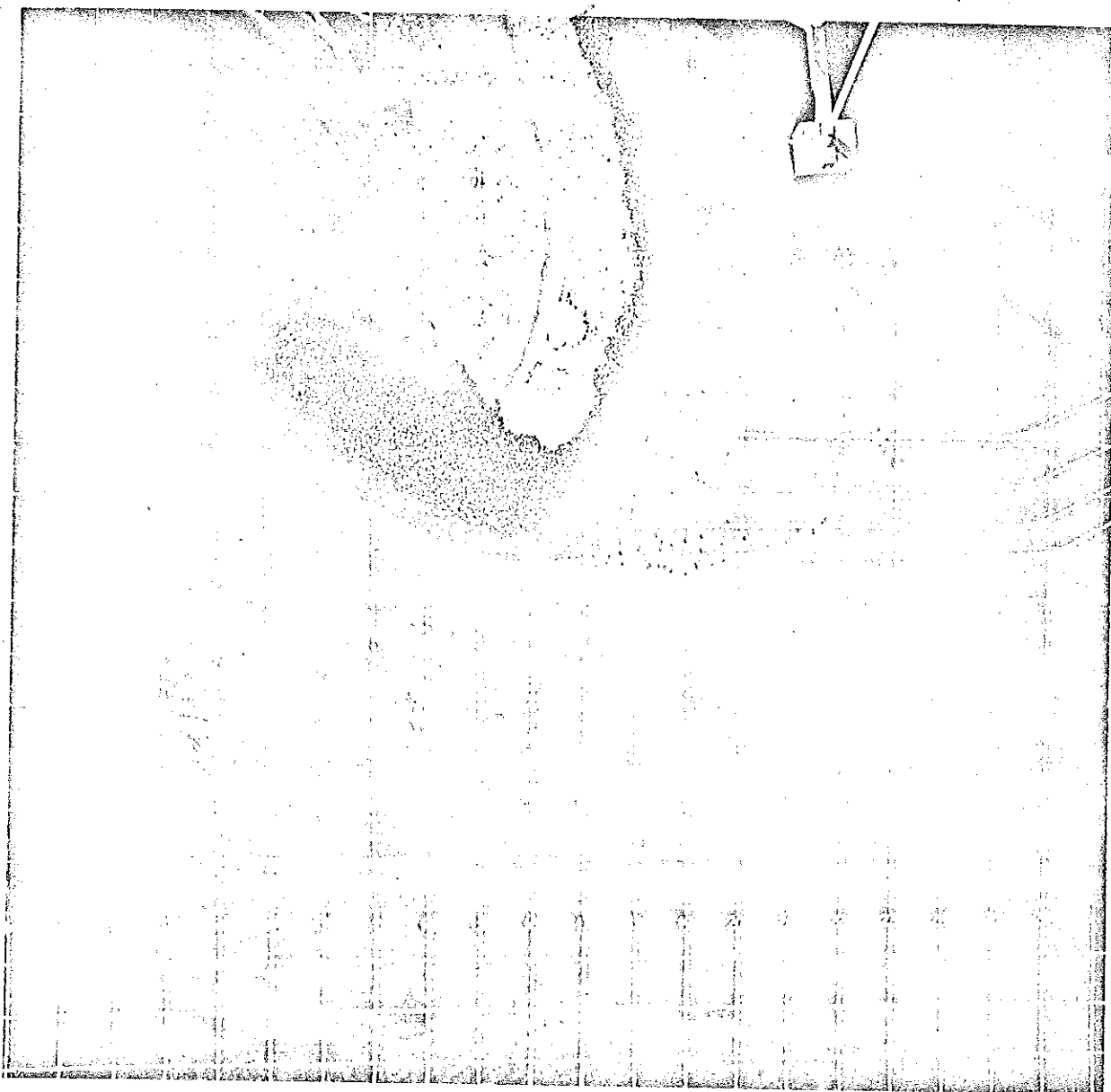
Fotografía N°3: $Q = 15.000 \text{ m}^3/\text{s}$ - Ensayo N°3.



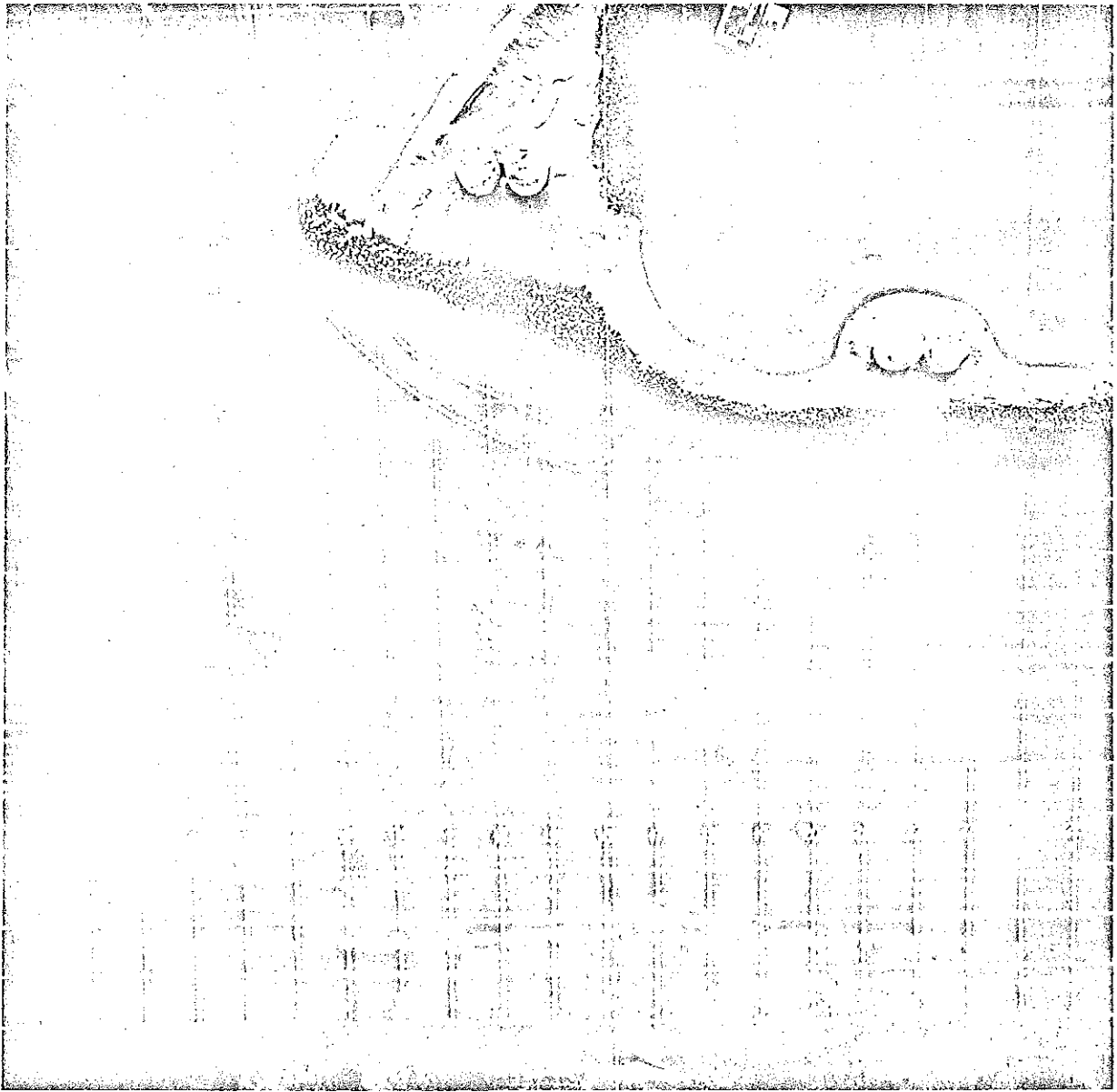
Fotografía N°4: Ensayo N°5 - Detalle de los cilindros



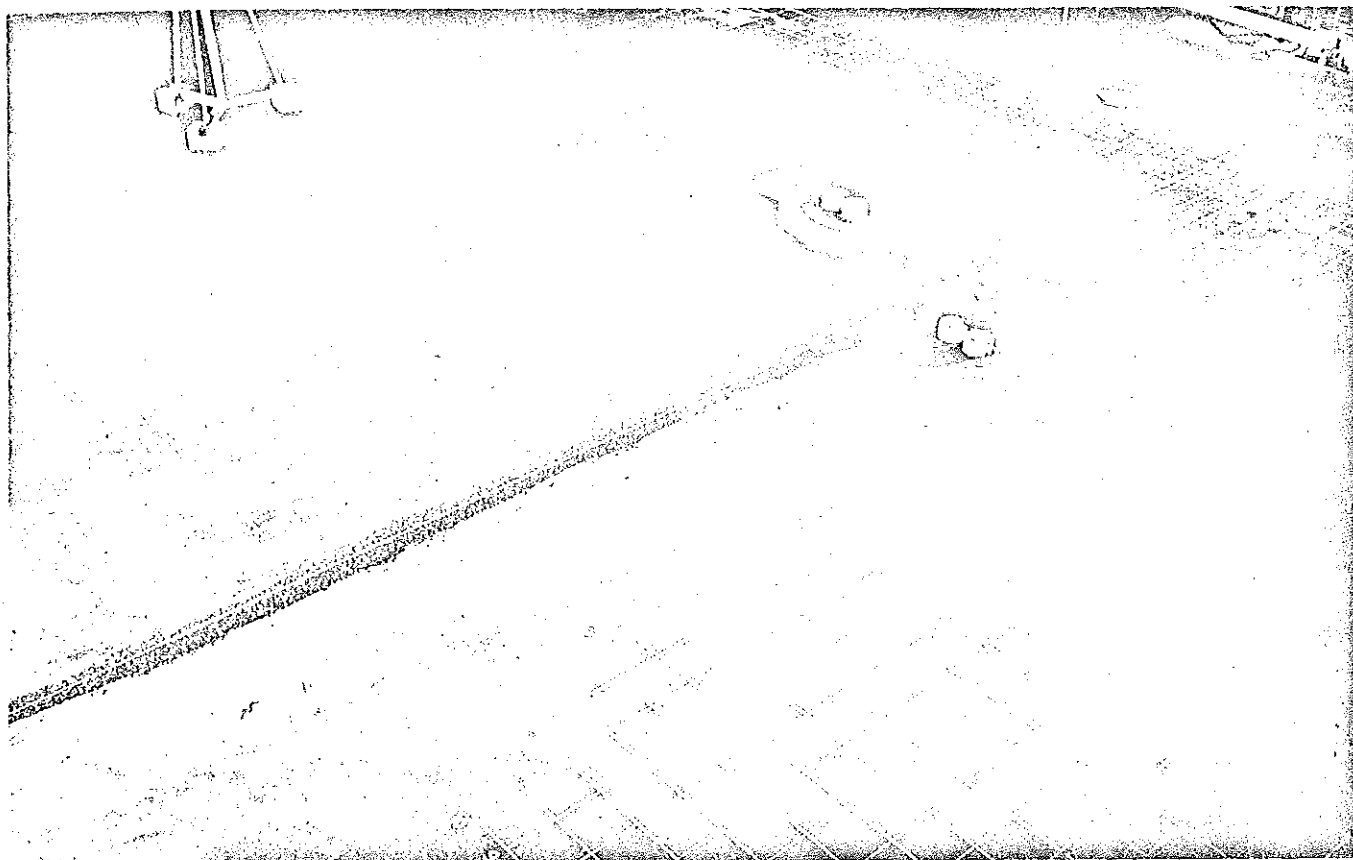
Fotografía N°5: Ensayo N°5 - Líneas de corriente, $Q = 5.000 \text{ m}^3/\text{s}$



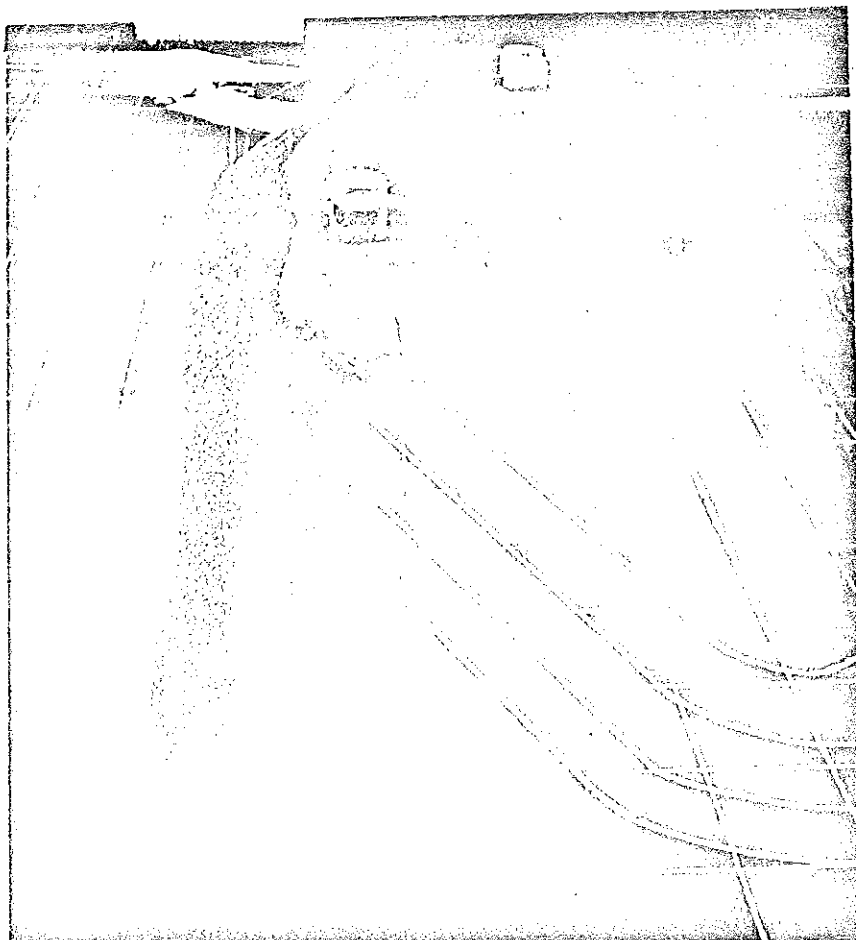
Fotografía N°6: Ensayo N°7 - Detalle de ataguía de aguas arriba



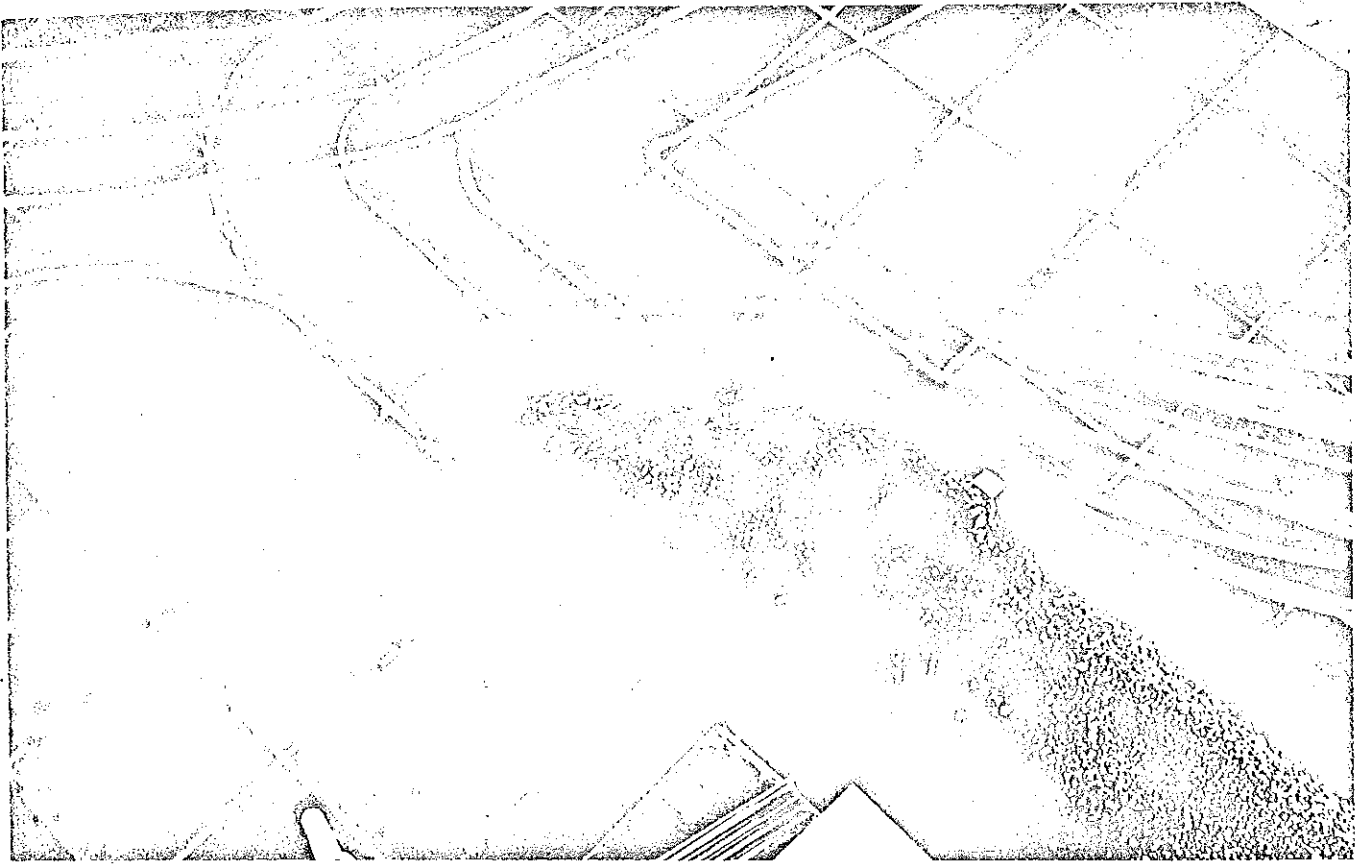
Fotografía N°7: Ensayo N°10 - Detalle de atagufa de aguas arriba



Fotografía N°8: Ensayo N°10 - Configuración del enrocado



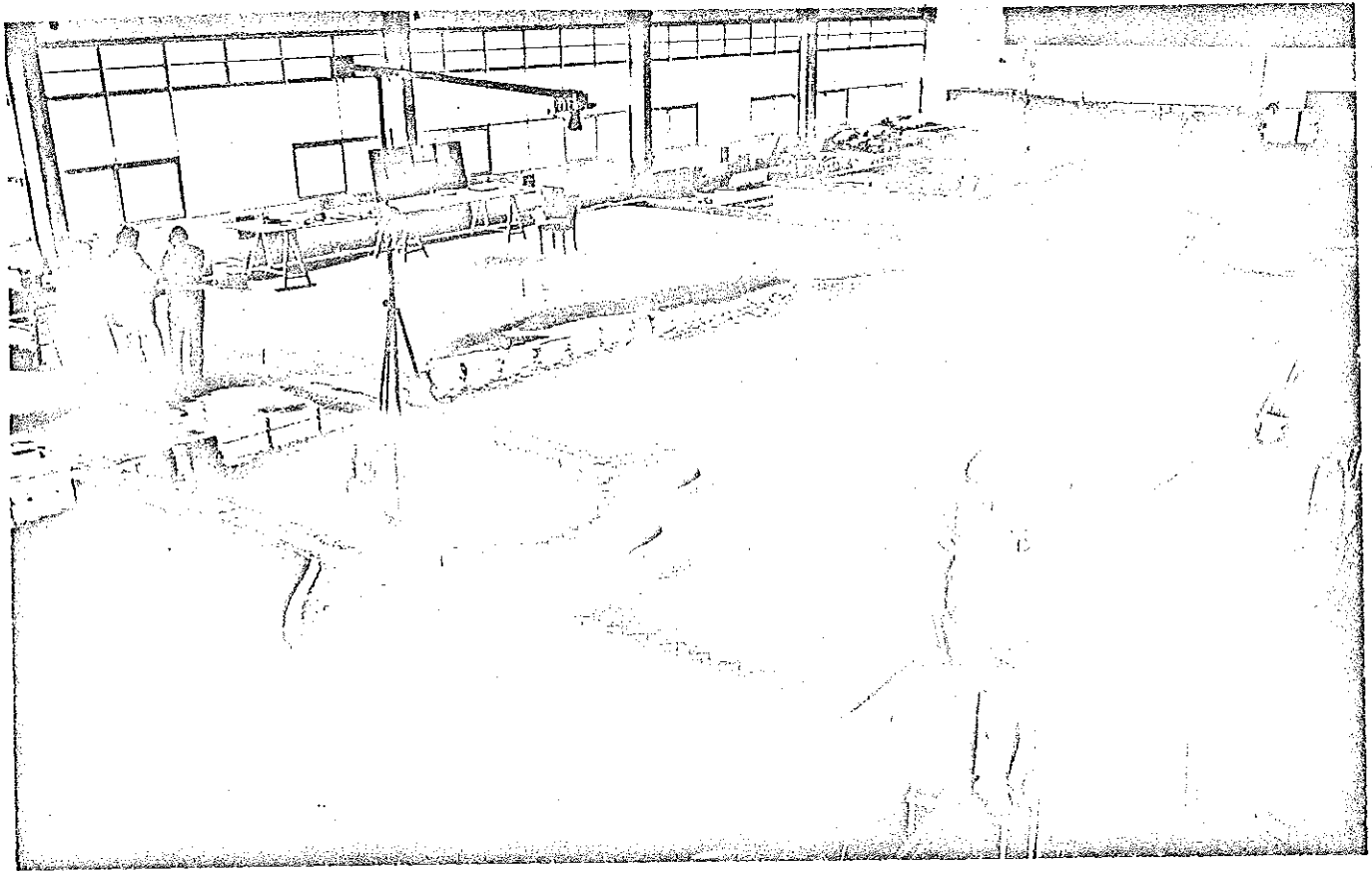
Fotografía N°9: Ensayo N°10 - Detalle de colocación de celdas en seco



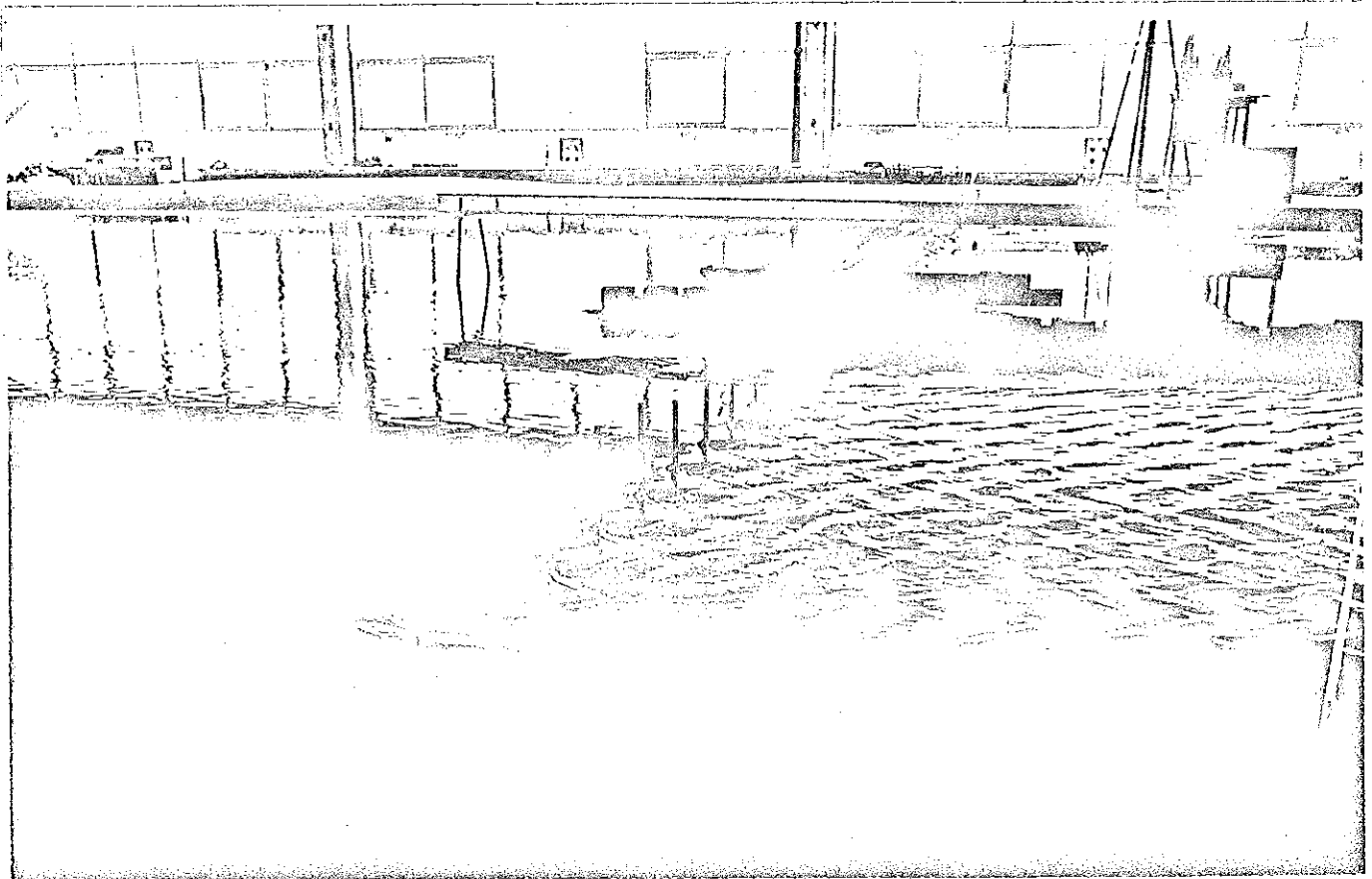
Fotografía N°10: Ensayo N°12 - Líneas de corriente en cabecera
 $Q = 10.000 \text{ m}^3/\text{s}$



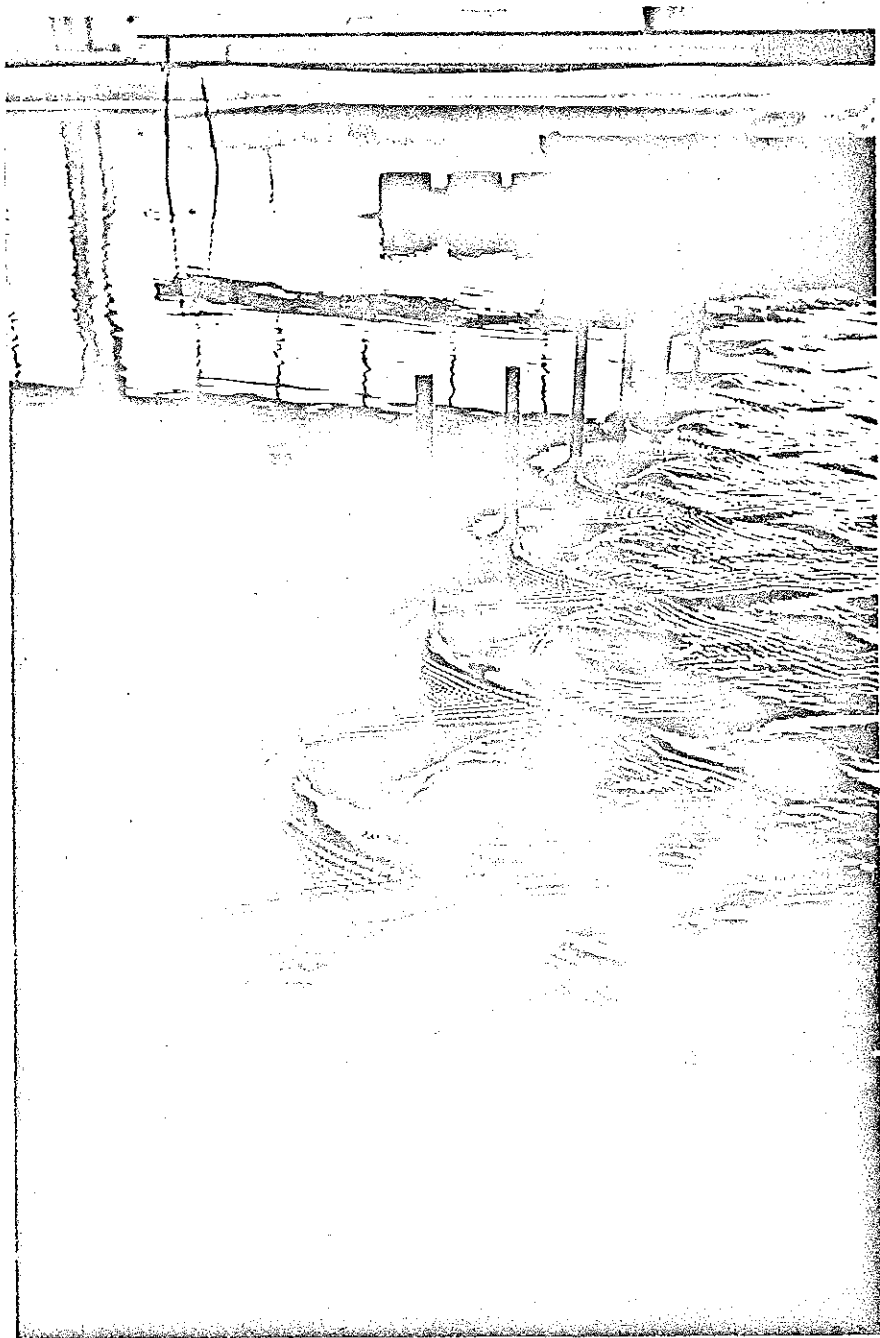
Fotografía N°11: Ensayo N°12 - Detalle del cambio de dirección



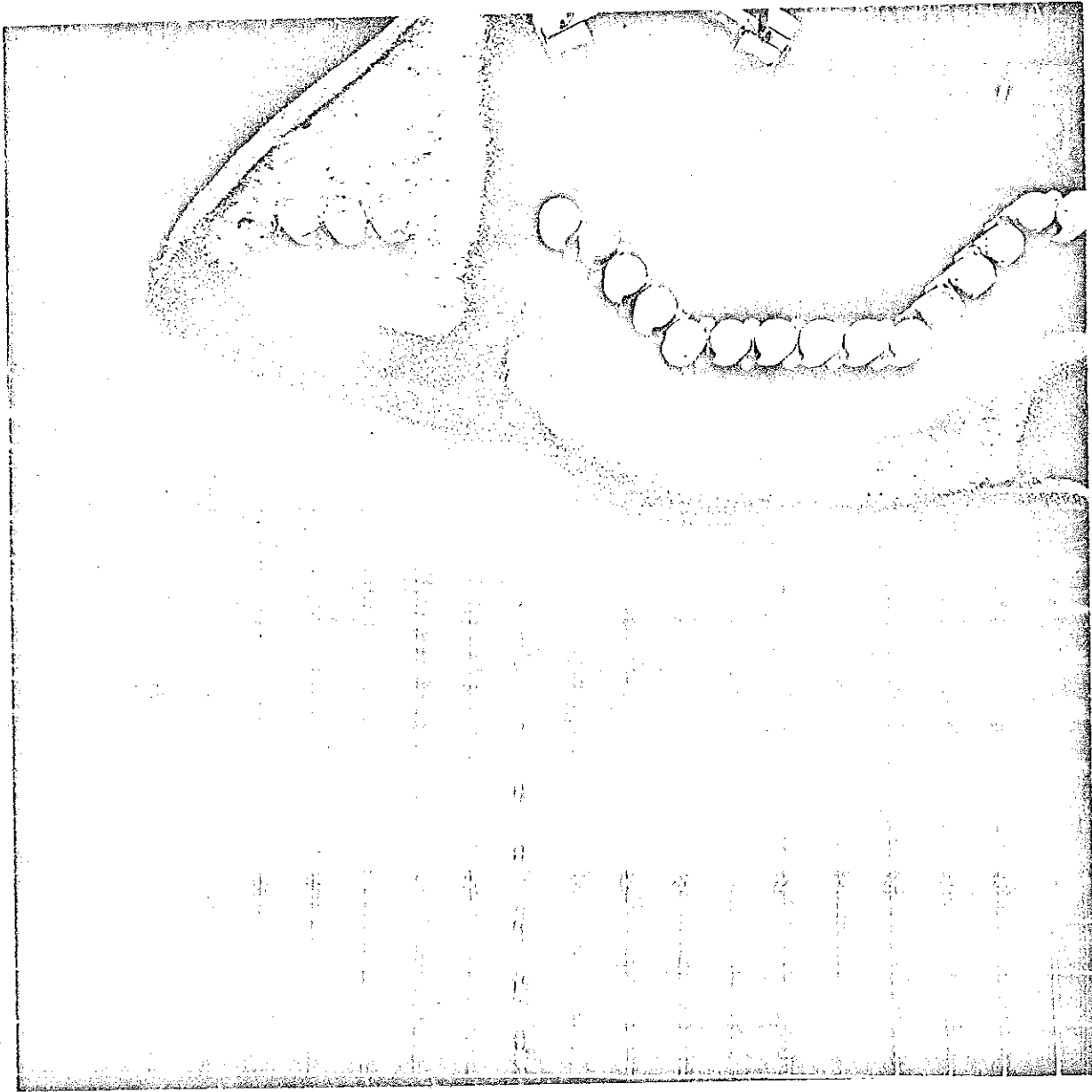
Fotografía N°12: Ensayo N°13 - Configuración final con pilas de puente de servicio.



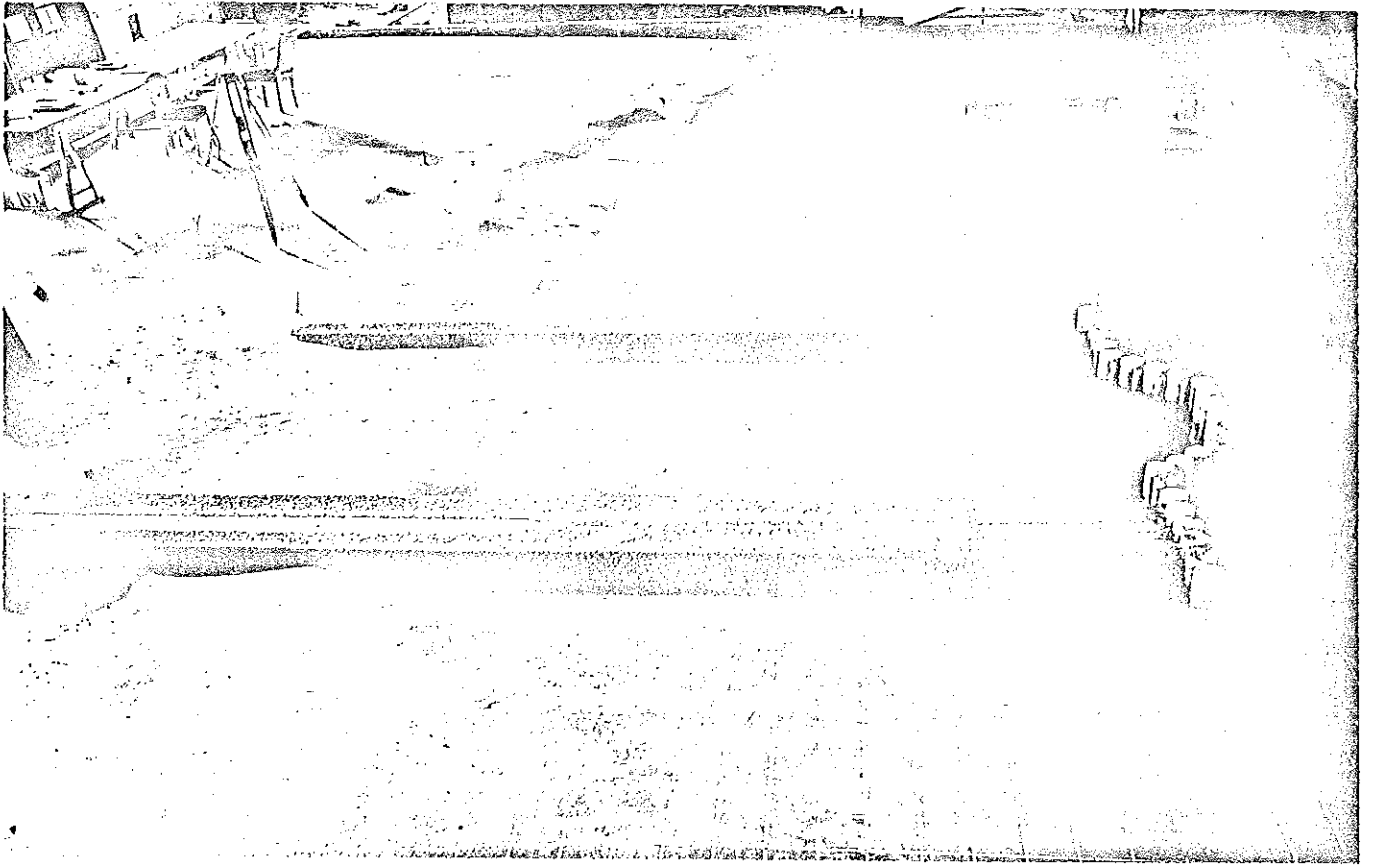
Fotografía N°13: Ensayo N°13 - Efecto de las pilas del puente de servicio, $Q = 16.000 \text{ m}^3/\text{s}$



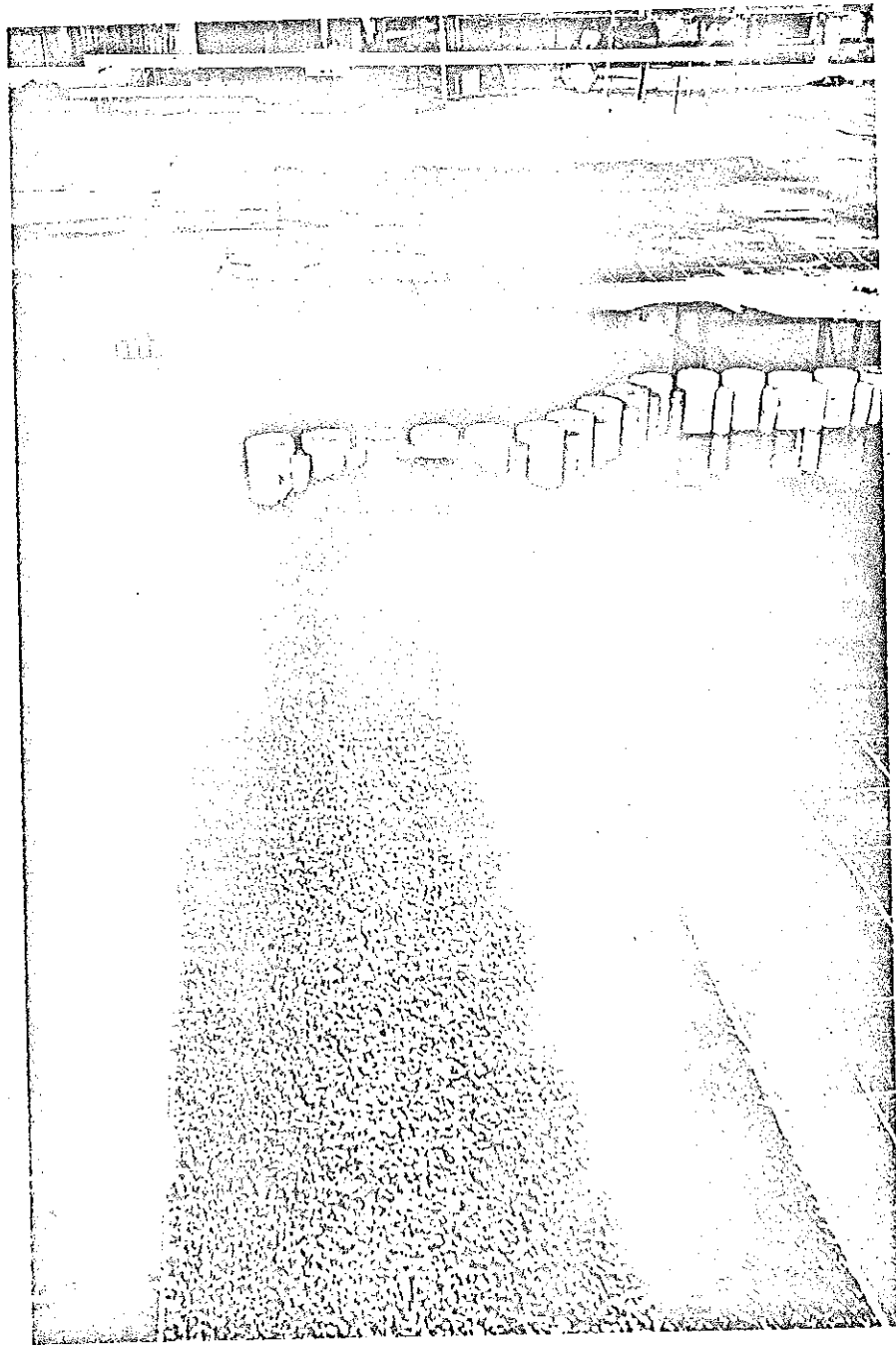
Fotografía N°14: Ensayo N°13 - Efecto de las pilas del puente de servicio, $Q = 16.000 \text{ m}^3/\text{s}$.



Fotografía N°15: Ensayo N°13 - Líneas de corriente, $Q = 16.000 \text{ m}^3/\text{s}$



Fotografía N°16: Obras de primera etapa definitivas, plano AT-1-03/7.



Fotografía N°17: Detalle de encuentro entre cilindros y espigón
de aguas abajo.

RECONOCIMIENTO

La Empresa Constructora Salto Grande S.A., ha contribuído al desarrollo de los trabajos con su constante preocupación y sus decisiones rápidas y concretas acerca de las variantes constructivas que consideraban de interés estudiar. La discusión técnica con el Prof. Dr. Hippolito ZUCCHERI TOSIO y el Ing. Martín BASTERRECHEA, ha sido un valioso aporte a esta investigación.

La tarea fotográfica estuvo a cargo del Señor Norberto MULLE.

Colaboraron en este estudio:

Angel Rubén RISOLI	: Técnico principal del modelo
Jorge SANTURIO	: Técnico
Mercedes Jorgelina CEPEDA	: Secretaria
Daniel MONTENEGRO	: Dibujante
Antonio PEREZ	: Oficial maquetista
Hector ARCUDI	: Oficial maquetista

ESTUDIO SOBRE MODELO DE LA PRIMERA ETAPA DE DESVIO DEL RIO URUGUAY

PARA LAS OBRAS DE SALTO GRANDE - TOMO II - FIGURAS

FIGURA Nº 1	Estudio de cierre - primera etapa
FIGURA Nº 2	Disposicion de celdas ensayo nº 5
FIGURA Nº 3	Estudio de cierre - primera etapa
FIGURA Nº 4	Estudio de cierre - primera etapa
FIGURA Nº 5	Estudio de cierre - primera etapa
FIGURA Nº 6	Estudio de cierre - primera etapa
FIGURA Nº 7	Estudio de cierre - primera etapa
FIGURA Nº 8	Estudio de cierre - primera etapa
FIGURA Nº 9	Estudio de cierre - primera etapa
FIGURA Nº 10	Estudio de cierre - primera etapa
FIGURA Nº 11	Distribucion de velocidades sobre la linea 17 para distintos estados de avance de la ataguia
FIGURA Nº 12	Velocidades medidas a distintas distancias aguas arriba del eje estando ataguias la. etapa terminada
FIGURA Nº 13	Niveles superficiales relevados en el ensayo nº 14
FIGURA Nº 14	Estudio de cierre - primera etapa
FIGURA Nº 15	Estudio de cierre - primera etapa

(Originales consultar en la Biblioteca del Laboratorio de Hidráulica Aplicada)