

Laboratorio de Hidráulica Aplicada

SALTO GRANDE

LABORATORIO DE HIDRÁULICA



INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIA Y TÉCNICA HIDRÁULICAS

REGISTRO Y ANALISIS DE PRESIONES
FLUCTUANTES EN LA OBRA DE SALTO GRANDE
JUNIO 1982

LHA-045-01-82

INCYTH - LABORATORIO DE HIDRAULICA APLICADA

REGISTRO Y ANALISIS DE PRESIONES
FLUCTUANTES EN LA OBRA DE SALTO GRANDE
JUNIO 1982

LHA-045-01-82

EZEIZA, julio de 1982

INCYTH - LABORATORIO DE HIDRAULICA APLICADA

REGISTRO Y ANALISIS DE PRESIONES FLUCTUANTES
EN LA OBRA DE SALTO GRANDE - JUNIO 1982

RESUMEN

Se presentan los resultados obtenidos de registros de presiones fluctuantes en el cuenco disipador del vertedero de la obra de Salto Grande, mediante siete sensores instalados en un diente de choque, detrás de las pilas separadoras y en la salida del drenaje. Se efectúa el tratamiento estadístico de los datos obtenidos y se hace una evaluación hidrodinámica de los resultados, en función de las posibilidades de cavitación instantánea.

DESCRIPTORES

Temáticos: Disipadores de energía, presiones fluctuantes, bloques de choque, cavitación.

Geográficos e institucionales: Salto Grande, río Uruguay.

LHA-045-01-82
Julio de 1982

EQUIPO DE TRABAJO

Director del Laboratorio	Dr. Alfonso PUJOL
Responsable del Proyecto	Dr. Raúl A. LOPARDO
Jefe de Comisión de Campaña	Ing. Gustavo F. VERNET
Ingeniero Electrónico	Ing. Gabriel TATONE
Ingeniero Hidráulico	Ing. Daniel A. BERRILIO
Técnico de Tratamiento de Datos	Sr. Jorge de ALMEYDA
Técnico Fotógrafo	Sr. Norberto MULLE

RECONOCIMIENTO

El Ingeniero Horacio FRANCO tuvo principalísima participación en la elaboración de la metodología de análisis estadístico de la información de presiones fluctuantes y prestó su asesoramiento desinteresado en esta ocasión.

INTRODUCCION

La Comisión Técnica Mixta de Salto Grande ha convenido oportunamente con el Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas a través del Laboratorio de Hidráulica Aplicada la realización de hasta ocho campañas de medición de presiones fluctuantes en el cuenco amortiguador del vertedero de la presa de Salto Grande (Figura N° 1), su elaboración estadística en computadora y la evaluación hidrodinámica de los resultados obtenidos.

El presente informe incluye los estudios correspondientes a la primera campaña comprendida en el contexto del contrato al que se hiciera previamente referencia.

Los siete sensores actualmente instalados en la obra fueron adquiridos por la Comisión Técnica Mixta de Salto Grande, colaborando el Laboratorio de Hidráulica Aplicada en su instalación y calibración. Con anterioridad a la existencia del convenio, el Laboratorio efectuó registros y evaluaciones de los mismos, como parte de un programa de interés propio, dando origen a una documentación que fue girada a la Comisión Técnica Mixta de Salto Grande (1).

La determinación de presiones fluctuantes en el resalto hidráulico resulta de singular interés, pues puede admitirse cavitación instantánea debido a macroturbulencia, con presiones medias temporales suficientemente alejadas de la tensión de vapor y aún por encima de la presión atmosférica (2).

Debido a las condiciones hidrológicas del río Uruguay resultó posible operar las compuertas del vertedero, alcanzando condiciones más exigentes que las existentes en la anterior campaña de mediciones. Para ello, las tareas fueron desarrolladas en horario nocturno los días 23 y 24 de junio de 1982.

Los resultados obtenidos muestran que en algunos sectores de la obra, aún con presiones medias siempre superiores a

la atmosférica, se llega a puntos de cavitación por pulsos de presión fluctuante.

1.- DETALLES E INSTRUMENTACION DE OBRA

La medición de presiones fluctuantes fue efectuada en el cuenco disipador de energía a resalto forzado de la obra binacional de Salto Grande. Este es plano y horizontal, de 65 m de longitud, con una fila de dientes de choque ("baffle piers") de forma y dimensiones explicitadas en la Figura N° 1, y con un diente final vertical de 5 m de altura.

Los sensores de presión N° 1 y N° 2 fueron instalados en las caras externa e interna respectivamente de la salida de drenaje ubicada aguas abajo de la pila N° 7 del vertedero (Figura N° 2).

Los sensores N° 3 y N° 7 se encuentran en la cara posterior de las pilas N° 8 y N° 15 respectivamente, en ambos casos en idéntica posición, tal como se esquematiza en la Figura N° 3. Se destaca que la pila N° 8 tiene montado un sistema de aireación de la vena líquida, mientras que la pila N° 15 está entre dos vanos que mantienen el diseño original sin aireación.

Un diente de choque ("baffle piers" N° 11) enfrentado a la descarga del vano de vertedero N° 6 fue instrumentado en tres puntos característicos: dos tomas en la cara lateral, próximas a la arista de encuentro con la cara frontal (la N° 4 en la parte superior y la N° 5 a media altura del bloque) y la restante, identificada como N° 6, en el centro geométrico de la cara frontal. La Figura N° 4 ilustra acerca de la posición de estas tomas. Mientras los sensores N° 4 y N° 5 indican los valores instantáneos de presión con influencia de las fluctuaciones del resalto en una zona de separación del flujo, con tendencia a valores medios temporales relativamente bajos de presión, la toma N° 6, ubicada en la cara frontal, interpreta el fenómeno en una zona de estancamiento del flujo de elevada energía cinética, con valores medios temporales muy altos de presión.

Los siete transductores instalados en el cuenco disipador (adquiridos por la Comisión Técnica Mixta de Salto Grande) son del tipo "amplibrige", marca Statham, modelo PA-418-100, con rango de 100 p.s.i.a., frecuencia de resonancia de 10 Hz, tensión de alimentación de 24 V a 28 V en corriente continua para pleno rango.

La señal de los sensores de presión es grabada en un registrador magnético de instrumentación de cuatro canales Hewlett-Packard 3960, con tres velocidades de cinta y registro en frecuencia modulada en una banda que cubre de corriente continua a 5 KHz.

Para la excitación del sensor se utilizó una fuente de alimentación regulada de corriente continua de 0-25 V. También se ha utilizado un amplificador de ganancia variable por pasos, como interfase entre transductor y registrador en cinta magnética para obtener una escala apropiada de la fluctuación de presiones con exclusión del valor medio.

La observación directa de la fluctuación de presiones in situ fue efectuada mediante un osciloscopio Phillips PM 3200.

El instrumental de registro, amplificación y control de las señales forma parte del equipamiento del Laboratorio de Hidráulica Aplicada de I.N.C.Y.T.H..

2.- CONDICIONES DE ENSAYO

Los registros fueron efectuados para la totalidad de los sensores en el estado de obra denominado Estado N° 1. Esta condición de operación del vertedero mantiene la cota de embalse +35 m con compuertas abiertas 5,85 m para los vanos de la zona de medición y nivel de restitución variable entre cotas 11,75 m y 12,40 m según se describe en el siguiente cuadro:

Ensayo	Sensor	Cota de restitución
1	1	11,90
1	2	11,90
1	3	12,10
1	4	12,25
1	5	12,35
1	6	12,40
1	7	11,75
2	4	12,20
3	7	11,75

Los valores de restitución aquí consignados fueron leídos en la escala limnimétrica ubicada en el ascensor de peces de margen derecha. Debe destacarse que los niveles de restitución son muy inferiores a los que normalmente deberían producirse para los gastos específicos logrados, porque sólo se abren 5,85 m en los vanos de interés manteniendo el resto del vertedero con aperturas muy bajas, tal que el nivel de embalse permanezca constante.

Este estado N° 1 corresponde a una carga de 18 m sobre cresta de vertedero con un gasto específico del orden de 65,36 m²/s. En esas condiciones se estima una velocidad de incidencia al resalto de $U_1 = 22,95$ m/s y un tirante $h_1 = 2,85$ m. El número de Froude de ingreso al resalto resulta entonces $F_1 = 4,34$ y el tirante conjugado calculado según la expresión válida para

resalto puro (sin bloques) llega a $h_2 = 16,13$ m, es decir cota 15,13 m, levemente superior a la existente en la realidad.

Para la toma N° 4 se efectuó un registro con el denominado Estado N° 2, que mantiene las mismas cotas de embalse y restitución del anterior, como así también los 5,85 m de apertura de compuerta de sector en el vano N° 6, que es el directamente ubicado frente al bloque instrumentado. La diferencia estriba en tener una apertura de 2,77 m en la compuerta del adyacente vano N° 5, manteniendo la apertura de 5,85 m en el vano N° 7.

Este ensayo tiende a evaluar la influencia de una asimetría del escurrimiento en el fenómeno de presiones fluctuantes sobre el bloque.

Para la toma N° 7 se registró un estado de mayor exigencia (Estado N° 3), con apertura de las compuertas adyacentes a la pila N° 15 de 7,25 m. Esta situación lleva a un gasto específico de $80,72$ m²/s, una velocidad incidente $U_1 = 22,67$ m/s un tirante $h_1 = 3,56$ m y un número de Froude de ingreso al resalto $F_1 = 3,84$.

3.- TRATAMIENTO DE LA INFORMACION REGISTRADA

3.1.- Naturaleza del problema

El proceso de disipación macroturbulenta en el resalto hidráulico está siempre acompañada de severas fluctuaciones de presión, que actúan sobre las estructuras componentes del cuenco (losas, muros, pilares) y sobre los elementos adicionales de amortiguación forzada, tales como dientes de caída, bloques de choque y escalones finales, pudiendo someterlas a fatiga, vibraciones y eventualmente a cavitación por depresiones instantáneas.

Las fluctuaciones de presión en resalto hidráulico son de naturaleza aleatoria y clara definición tridimensional. Han sido estudiadas experimentalmente por varios autores, pudiendo mencionarse, entre otras, las publicaciones de Vasiliev y Bukreyev (3) en 1967 y Abdul Khader y Elango (4) en 1974, en los que se cubre un exiguo rango de números de Froude incidentes ($4,7 < F_1 < 6,6$). Lopardo y Solari (5) en 1980 extendieron dicha investigación cubriendo entre $F_1 = 2,5$ en el campo de los resaltos ondulados hasta $F_1 = 7,5$ dentro de los resaltos estables. Narasimhan y Bhargava (6) en 1976 y Narayanan (7) en 1978 efectuaron estudios para resaltos sumergidos y Solari (8) para resaltos forzados.

En el campo de presiones fluctuantes sobre elementos de disipación forzada, Bowers y Tsai (9) en 1969 trataron el tema de dientes de caída ("chute bloks") y Lopardo, Orellano y Vernet (10) en 1977 presentaron resultados de presiones fluctuantes sobre bloques de choque ("baffle piers").

Habiendo ya adquirido el Laboratorio de Hidráulica Aplicada una extensa experiencia metodológica, el estudio de presiones fluctuantes de naturaleza aleatoria ha dejado el plano de investigación no convencional y su carácter de estudio académico, encontrándose actualmente como un medio más a disposición de los estudios habituales sobre modelo de obras hidráulicas (11).

Los esfuerzos dinámicos inducidos por el resalto hidráulico en la estructuras de disipación de energía pueden efectuar sensiblemente la duración de éstas al someterlas eventualmente a efectos de cavitación, fatiga o vibraciones. Siendo el fenómeno de presiones fluctuantes por acción turbulenta de naturaleza aleatoria y con absoluta definición tridimensional, resulta natural que en la bibliografía no se encuentren tentativas analíticas o numéricas de interpretación de estos procesos, al menos en caso de aplicación práctica inmediata. Queda pues la medición experimental como medio idóneo de verificación y análisis de este tipo de problemas.

3.2.- Análisis estadístico de presiones fluctuantes

Debido a la naturaleza del proceso en estudio resulta imposible su descripción mediante una explícita función del tiempo analítica. Sin embargo, existen adecuadas maneras de caracterizar un proceso aleatorio que lleva a estructuras explícitas y cuantitativas, suficientemente completas para los fines propuestos en estas investigaciones. Entre ellas, resulta competente la utilización del espectro de densidad de potencia y la función de distribución de probabilidad.

La Figura N° 5 ilustra acerca del proceso de densidad de potencia del tipo de los aquí estudiados. El área total debajo de la curva representada es igual a la potencia total contenida en la fluctuación, potencia a la que contribuyen todas las componentes de frecuencias. Por ejemplo, el área bajo la curva entre las frecuencias f_1 y f_2 de la Figura N° 5, rayada en el diagrama, resulta la potencia a que contribuyen las componentes entre dicha frecuencia.

Del espectro de densidad de potencia pueden extraerse además valores empleados para caracterizar sintéticamente la fluctuación, como el período dominante (o su inversa la fre-

cuencia de pico), el período medio, la desviación standard de frecuencias, frecuencias de cruce por cero, frecuencia de máximos relativos que superan cierta magnitud, valor medio cuadrático de la fluctuación (denominado habitualmente RMS) y de sus derivadas.

El espectro de densidad de potencia determina cómo la energía de una señal se encuentra distribuída en frecuencia, pero no se especifica la señal unívocamente.

Una estadística de la señal que entrega la información de la forma de onda, y es independiente del espectro es la función de distribución de probabilidad de amplitudes (Figura N° 6). La ordenada para un punto de abscisa x_1 es igual a la proporción de tiempo en que la señal tiene una amplitud menor o igual que el nivel x_1 .

La derivada de la función de distribución es la función de densidad de probabilidad, que se muestra esquemáticamente en la Figura N° 7. El área bajo la función densidad de probabilidad entre dos amplitudes x_1 y x_2 es igual a la proporción de tiempo que la señal se encuentra entre x_1 y x_2 y el área total debajo de la curva es siempre la unidad.

Los parámetros característicos de fluctuación que pueden ser obtenidos a través de la función de densidad de probabilidad son: índice de asimetría de la fluctuación, varianza, amplitud media cuadrática (RMS) probabilidad de encontrar amplitudes instantáneas por sobre un dado nivel específico, etc..

Las funciones descriptas, de densidad espectral y de probabilidad, caracterizan la fluctuación en sus distintos aspectos. Desde un punto de vista matemático, las fluctuaciones turbulentas de presión en escurrimientos reales pueden ser asimiladas a un proceso estocástico, estacionario y ergódico, sobre el cual es posible aplicar las funciones estadísticas que se han mencionado. Se destaca que un fenómeno de este tipo no es periódico y tiene duración infinita, de modo que cada segmento del proceso siendo diferente a cualquier otro segmento, hace una única contribución al espectro y a las funciones de proba-

bilidad. De este modo, las funciones estadísticas obtenidas en cualquier medición finita en tiempo son estimaciones respecto de las verdaderas, siendo el grado de aproximación mayor cuanto mayor sea el tiempo de medición.

El método empleado para obtener las estimaciones citadas está basado en las técnicas de procesamiento digital de las señales analógicas (12), que es el más adecuado y versátil para el procesamiento de señales de baja frecuencia.

El análisis espectral se lleva a cabo mediante la utilización de la transformada discreta de Fourier (TDF) en la implementación denominada rápida (EFT). Esta transforma un segmento finito de señal, muestreada adecuadamente y digitalizada en un espectro discreto de frecuencias. Los segmentos adquiridos son de longitud elegible entre 512 y 4.096 muestras (N muestras) que son convertidas mediante la EFT en $N/2$ valores complejos en el dominio frecuencial, que resultan ser variables aleatorias independientes con distribución aproximada de Rayleigh y varianza del orden del verdadero valor del espectro a esa frecuencia promediando las transformadas obtenidas a partir de K segmentos independientes de datos la desviación estandar del espectro promedio se reduce en $1/\sqrt{K}$ obteniéndose de este modo una estimación tan precisa como se desee con sólo aumentar el número de segmentos de datos procesados.

Utilizando la computadora y sus periféricos el Laboratorio ha desarrollado programas adecuados que permiten salida graficada en plotter del espectro de densidad de potencia y de la función de distribución y salida numérica en impresora de la totalidad de los parámetros estadísticos derivados de ellas, que se enumeran previamente.

3.3.- Equipo de tratamiento de datos

El análisis de las fluctuaciones es posible a partir del registro en cinta magnética, mediante el uso de una computadora de adquisición y control de datos Digital PDP 11/45, con 48 K palabras de memoria, cinta magnética compatible TM11, con vertidor digital-analógico AD01, dos unidades de disco RK11, cinta magnética DECTA PE T056, y graficador Houston Complot DP3.

3.4.- Presentación de resultados obtenidos

De acuerdo a lo expuesto precedentemente la medición de presiones instantáneas fue realizada con transductores y posteriormente tratada mediante análisis estadístico por computadora. Este último ha permitido obtener como resultados gráficos finales un histograma de amplitudes y un espectro de densidad de potencia para cada medición efectuada.

En el Anexo I del presente informe se presentan los listados de impresora del computador y sus correspondientes espectros graficados por el "plotter" que integra el equipo.

El tratamiento de datos de presiones fluctuantes mediante el computador DIGITAL PDP 11/45 permite obtener simultáneamente los listados de la impresora y los gráficos del "plotter" que integra el equipo.

Además de las condiciones impuestas, el listado impreso presenta los resultados de varianza y RMS (valor medio cuadrático) de la fluctuación, asimetría, algunos puntos de la ley probabilidad de ocurrencia-amplitud, máximos y mínimos registrados, frecuencia dominante, amplitud significativa, momentos de diverso orden, período y frecuencia de cruce por cero, fre-

cuencia de cruce por el nivel de 1 %, etc..

El "plotter" grafica dos curvas por toma, el espectro de densidad de potencia y la ley probabilidad de ocurrencia-semi amplitud de fluctuación.

Con la base de los valores allí expuestos, y la observación de las curvas (indicadoras de la calidad de los resultados) que a veces permiten conocer valores algo escondidos en los listados, se construye una tabla resumen en la que se incluyen los siguientes datos, ya convenientemente traducidos a prototipo, aplicando las respectivas escalas de presiones, tiempos y frecuencias, según el caso:

RMS (igualmente designado en los listados de computadora). Es el valor medio cuadrático de la fluctuación medido en altura de columna líquida:

$$RMS = \frac{1}{N} \sqrt{\sum p_i^2} .$$

Hs (designado como ALTURA SIGNIFICATIVA en los listados de computadora) es la amplitud de onda promedio del tercio mayor de amplitudes registradas.

SAmáx(+) (designado como DELTAPMAX en los listados) es la semi amplitud máxima positiva registrada sobre el promedio, durante la medición.

SAmáx(-) (designado como DELTAPMIN en los listados) es la semi amplitud máxima negativa registrada bajo el promedio, durante la medición.

SAx% (que integra la tabla de probabilidades-amplitudes de los listados) es la semi amplitud que tiene x% de probabilidad de ser superada por valores más negativos.

\bar{P}/N (valor obtenido de las presiones medias, a través de lecturas piezométricas en el modelo, ausente por lo tanto en los listados) es el valor medio de la presión en altura de columna líquida.

$\frac{P_{\min}}{N}$ Las presiones mínimas se obtienen de

$$(P/x)_{\text{mín}} = \bar{P}/x + SA_{\text{máx}} (-)$$

$\frac{P_{x\%}}{x}$

Análogamente, se calculan

$$(P/x)_{x\%} = \bar{P}/x + SA_{x\%}$$

por ejemplo,

$$(P/x)_{0,1\%} = \bar{P}/x + SA_{0,1\%}$$

y así siguiendo.

- T_z (así designado en los listados) es el período de cruce por cero de la señal.
- f_p (designado con la denominación FRECUENCIA DE DENSIDAD MAXIMA en los listados) es habitualmente llamada frecuencia dominante o de pico.
- \bar{f} (designado como FRECUENCIA MEDIA en los listados) es la frecuencia media del registro.
- σ_f (designado como DESVIACION STANDARD DEL ESPECTRO en los listados) indica el valor medio cuadrático de frecuencias involucradas en el espectro.
- ϵ (designado como MEDIDA DEL ANCHO ESPECTRAL) es una variable adimensional, definida como

$$\epsilon = \sqrt{1 - \frac{M_2^2}{M_0 M_4}}$$

donde M_0 , M_2 y M_4 son los momentos de orden cero, dos y cuatro respectivamente.

$f_{p1\%}$ es la frecuencia estadística de aparición de una presión tal como $P/x_{1\%}$. Su inversa indica el período promedio estimado de ocurrencia.

Ad (designado como ASIMETRIA DE LA DISTRIBUCION) es la asimetría de la curva probabilidad-amplitud del registro,

definida como

$$A_d = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} p'^3 I(p') dp'}{(\sqrt{p'^2})^3} .$$

4.- EVALUACION HIDRODINAMICA DE LOS RESULTADOS

En el Anexo I se adjuntan al presente informe las salidas de listados y gráficos de computadora de la totalidad de registros de presiones fluctuantes efectuados.

De esos registros se ha hecho un resumen de los datos más relevantes (presión media y parámetros estadísticos de fluctuación de presiones) en las Tablas N° 1 y N° 2 que son en realidad un único cuadro de valores. Las presiones son siempre expresadas en metros de columna de agua y las frecuencias en ciclos por segundo (Hz).

Con relación a las amplitudes de fluctuación para el Estado N° 1 resulta interesante destacar que, en la zona ubicada detrás de las pilas, la toma N° 1 (parte externa del drenaje) tiene un valor RMS importante, pero prácticamente igual al obtenido en una condición bastante menos exigente del flujo (1). La toma N° 2 apenas llega en RMS a 0,62 m de columna de agua, duplicando el valor de RMS obtenido para apertura de compuertas de 4 m (1). Es destacable la notable diferencia entre las amplitudes registradas en la toma N° 7 respecto de las obtenidas en la toma N° 3, lo que sería atribuible a la acción de las estructuras de aireación, que se han instalado en correspondencia con la toma N° 3. La amplitud media cuadrática en la toma N° 3 es del 61,5 % de la correspondiente a la toma N° 7 para igual condición de flujo.

Respecto de los sensores ubicados en el bloque de disipación forzada (baffle pier) se ha notado una amplitud media cuadrática de fluctuación de presiones mayor en la toma lateral superior N° 4, luego en la N° 5 y menor en la cara frontal (toma N° 6).

En la Tabla N° 1 se incluyen los valores de RMS, HS, semiamplitud máxima negativa $SA_{m\acute{a}x}(-)$, semiamplitudes con diversa probabilidad de ocurrencia $SA_{0,1\%}$, $SA_{1\%}$, $SA_{5\%}$, $SA_{20\%}$, $SA_{95\%}$, $SA_{99\%}$, $SA_{99,9\%}$ y semiamplitud máxima positiva $SA_{m\acute{a}x}(+)$.

En la Tabla N° 2 se agrega la asimetría de distribución de amplitudes A_d , la presión media temporal \bar{P}/γ y los valores de presiones mínima, con distintas probabilidades de ocurrencia y máxima instantáneas.

Los valores señalados con asterisco (*) indican que del cálculo $(P/\gamma)_{\alpha\%} = \bar{P}/\gamma - SA_{\alpha\%}$ resulta una magnitud inferior a $-10,33$ m de columna de agua, cero absoluto de presión, límite físico imposible de ser superado. No se consignan entonces valores de evidente carácter absurdo.

Cuando los valores instantáneos de presión se acercan al cero absoluto, la calibración del sensor se hace imprecisa y no parece posible considerar que la respuesta mantenga linealidad, por lo que no resulta sencillo evaluar los resultados a partir de la simple adición de valores medios y mínimos. Por otra parte, de alcanzarse el valor para el cual se produce la cavitación, ésta motivará una vibración del sensor (sólo en la parte inferior de los picos) que puede llevar al resultado aparentemente absurdo de tener presiones por debajo del cero absoluto. En realidad, para una interpretación coherente de los resultados, se debe observar si la ley de distribución mantiene su forma normal (caso de las tomas N° 1 y N° 6, como se observa en la Figura N° 8) o bien se aprecia una influencia de un límite inferior alcanzado (toma N° 7 de la Figura N° 8). Si el $P/\gamma_{\text{mín}}$ está lejos del límite absoluto indicará cavitación en las zonas cercanas, con lo que se nivelan los mínimos del campo de presiones, y si está en el orden del cero absoluto (caso de la toma N° 7 para ambos estados) la cavitación instantánea se produce en el punto de toma. La Tabla N° 3 completa los resultados de la Figura N° 8 dando una idea de la forma de la curva cerca del mínimo.

Las variables de respuesta en frecuencia se han incluido en las Tablas N° 1 y N° 2, pudiendo señalarse que la frecuencia de pico es menor de 0,12 Hz con excepción de dos tomas, las ubicadas detrás de las pilas separadoras, toma N° 3 detrás de la pila octava y toma N° 7 de la decimoquinta pila.

En general, el espectro se comprende en frecuencias del orden de $\bar{f} + \Delta f$ por debajo de los 4,5 Hz, y el ancho de banda está comprendido entre $0,52 < \epsilon < 0,79$.

Considerando que el parámetro usual de interpretación de amplitudes de presiones fluctuantes es C'_p , definido como

$$C'_p = \frac{\sqrt{(\bar{P}'/\gamma)^2}}{U_1^2 / \rho g}$$

resulta posible su cálculo a partir de velocidades de ingreso al resalto $U_1 = 22,95$ m/s para los Estados N° 1 y N° 2 y de $U_1 = 22,67$ m/s para el Estado N° 3. En la Tabla N° 4 se han incluido los valores calculados de C'_p , además del parámetro adimensional que interpreta las frecuencias de pico (número de Strouhal de pico)

$$S_p = \frac{f_p h_1}{U_1}$$

y las frecuencias de cruce por cero

$$S_z = \frac{h_1}{U_1 T_z}$$

Los resultados allí expuestos permiten observar que detrás de la pila, cuando no hay deflectores (toma N° 7) la energía cinética incidente se transforma en un 27,6 % en macroturbulencia para un número de Froude incidente $F_1 = 4,34$ y en un 38,4 % para un número de Froude incidente de 3,84. Estos órdenes de magnitud son muy elevados, y sólo pueden ser justificados por la existencia de la discontinuidad estructural que genera la pila. Es interesante observar que el C'_p calculado para la toma 7 es razonablemente equivalente al que se obtuvo en modelo físico sobre un diente de caída (chute block), que resultó de $C'_p = 0,27$ para un número de Froude incidente $F_1 = 4,2$ (2). Para esas condiciones de escurrimiento los dientes de caída cavitan con presiones medias positivas, y probabilidad de

ocurrencia del 2 %, detectándose daños si la duración del estado es prolongada.

Los números de Strouhal confirman que las frecuencias de oscilación son en general muy bajas, con valores de Sp destacables sólo para el tramo inicial del resalto, detrás de las pilas.

La asimetría de distribución, los valores de $C'p$, las relaciones entre semiamplitudes mínimas y de 0,1 % de probabilidad de ocurrencia hacen pensar que, con prescindencia de los $P/\gamma_{\text{mín}}$ expuestos en la Tabla N° 2 (cuando los registros se acercan al cero absoluto pierden precisión y confiabilidad) existen tres datos que marcan cavitación instantánea en el flujo: los evidentes resultados de la toma N° 7 para aperturas de compuertas de 7,25 m y de 5,85 m, y la toma N° 5 para estado N° 1, pues además de tener un valor mínimo prácticamente cercano al de cavitación muestra un cambio en la asimetría muy notable (prácticamente $Ad = 0$) lo que sólo es explicable si debido al campo de presiones reinante no pueden sobrepasarse límites negativos, es decir el cero absoluto de presión.

Los valores de $C'p$ obtenidos para el diente de choque resultan verdaderamente coherentes con los ya consignados en una anterior medición (1), y mantienen órdenes de magnitudes previstos en un estudio general para bloques que cumplen las condiciones de cuenco tipo del U.S. Bureau of Reclamation (10), aunque el dissipador de Salto Grande sea efectivamente atípico. La Figura N° 9 permite observar que las tomas N° 4 y N° 5 se encuentran entre las curvas de máximo y de mínimo $C'p$ en la cara lateral, la toma N° 6 está levemente por debajo de la curva de máximo $C'p$ en cara frontal y los datos de la toma N° 7 (detrás de la pila) aunque no tengan aparentemente relación con análisis de "baffle piers" coinciden con la curva de máximo $C'p$ en cara lateral.

Considerando la variación de $C'p$ con el número de Froude incidente, que existe entre los estados N° 1 y N° 3 de este relevamiento y los de los estados incluídos en una anterior cam-

paña (1), que ilustra claramente la Figura N° 9, es posible destacar la confirmación de que $C'p$ decrece para F_1 crecientes, ya enunciado por investigaciones de carácter fundamental realizadas en el Laboratorio y publicadas en 1977 (10).

CONCLUSIONES

Para un exigente estado de operación del vertedero, con apertura de compuertas de 5,85 m (gasto específico de 65,36 $\text{m}^3/\text{s.m}$, $U_1 = 22,95 \text{ m/s}$, $F_1 = 4,34$) con cota de embalse +35 m y cota de restitución cercana +12 m se han estudiado los registros obtenidos de presiones fluctuantes en las siete tomas instaladas en la obra.

Los datos obtenidos en la salida del drenaje (tomas N° 1 y N° 2) no presentan elementos destacables. Si bien la condición actual era más rigurosa el sensor externo denominado N° 1 presentó amplitudes de fluctuación con RMS equivalente al del estado 4 de la anterior campaña, con 4 m de apertura de compuertas. En el interior de la cañería de drenaje el RMS resultó ahora del 11,6 % de amplitud respecto de la toma N° 1, considerablemente mayor al de la referencia (1).

Detrás de las pilas, resulta notoria la influencia de los deflectores, tanto en la presión media como en la fluctuación de presiones. La relación entre los RMS del sensor 3 (con deflectores) y sensor 7 es del 61,5 %, y de este modo el registro no indica cavitación detrás de la pila séptima (sensor N° 3), y lo sugiere plenamente detrás de la pila decimoquinta (sensor N° 7).

En el bloque de disipación forzada instrumentado ("baffle pier" N° 11 frente al vano sexto) se aprecia una leve tendencia a iniciar la cavitación instantánea en la cara lateral, en especial en la parte inferior, pues el sensor N° 5 parece más próximo a alcanzar la tensión de vapor.

Es de destacar la notable incidencia de un aumento de apertura de compuertas (Estado N° 3, con apertura de 7,25 m, $q = 80,72 \text{ m}^3/\text{s.m}$, $U_1 = 22,67 \text{ m/s}$, $F_1 = 3,84$) sobre la fluctuación de presiones registrada en el sensor N° 7. El valor medio cuadrático se incrementa en un 35,8 % respecto del anterior, y la probabilidad de ocurrencia de cavitación supera el 5 %, por

lo que una prolongada situación de operación como la efectuada podrá provocar daños debido al motivo expuesto. Debe señalarse sin embargo que el nivel de restitución era muy bajo para ese gasto específico, por lo que el registro indica una condición posiblemente más crítica de la real, cuando el nivel de restitución se encuentre en el equivalente a 23.465 m³/s erogados por vertedero más los erogados por las centrales.

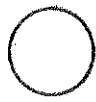
Debido a los registros obtenidos se recomienda una recalibración estática de los ceros de los sensores (con lectura efectuada para agua en reposo dentro del cuenco disipador (ver tedero totalmente cerrado), y un control periódico de los mismos. También sería de interés constatar el estado del hormigón detrás de la decimoquinta pila, a pesar del escaso tiempo en que estuvieron operando los vanos del vertedero adyacentes a ella en condiciones críticas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (1) INCYTH-LHA: Medición de presiones instantáneas en puntos característicos del vertedero de Salto Grande, LHA-039-02-81, Ezeiza, junio de 1981.
- (2) LOPARDO, R.A., DE LIO, J.C. y VERNET, G.F.: Physical modelling on cavitation tendency for macroturbulence of hydraulic jump, BHRA International Conference on the Hydraulic Modelling of Civil Engineering Structures, Warwick, Inglaterra, 1982.
- (3) VASILIEV, O.F. y BUKREYEV, V.I.: Statistical characteristics of pressure fluctuations in the region of hydraulic jump, Proceedings XII IAHR Congress, Colorado, 1967, pág. B1.1-B1.8.
- (4) ABDUL KHADER, M.H. y ELANGO, K.: Turbulent pressure field beneath a hydraulic jump, Journal of Hydraulic Research, Delft, 1974, vol. 12, N° 4, pág. 469-489.
- (5) LOPARDO, R.A. y SOLARI, H.G.: Fluctuaciones de presión en la base de resalto libre, Anales del IX Congreso Latinoamericano de Hidráulica, IAHR, Mérida, Venezuela, 1980, pág. 69-78.
- (6) NARASIMHAN, S. y BHARGAVA, V.P.: Pressure fluctuations in submerged jump, Journal of the Hydraulic Division, ASCE, 1976, vol. 102, N° HY3, pág. 339-350.
- (7) NARAYANAN, R.: Pressure fluctuations beneath submerged jump, Journal of the Hydraulic Division, ASCE, 1978, vol. 104, N° HY7, pág. 1331-1342.
- (8) SOLARI, H.G.: Fluctuaciones de presión en resalto hidráulico libre y forzado, INCYTH-Laboratorio de Hidráulica Aplicada, LHA-S2-028-78, Ezeiza, 1978.
- (9) BOWERS, E. y TSAI, F.Y.: Fluctuating pressures in spillway stilling basins, Journal of the Hydraulic Division, ASCE, vol. 95, N° HY6, 1969, pág. 2071-2079.

- (10) LOPARDO, R.A., ORELLANO, J.A. y VERNET, G.F.: Baffle piers subjected to flow induced vibrations, Proceedings XVII IAHR Congress, Baden-Baden, 1977, vol. 3, pág. 445-52.
- (11) LOPARDO, R.A., DE LIO, J.C., VERNET, G.F. y FRANCO, H.: Determinación de fluctuaciones de presión en disipadores a resalto mediante modelos físicos convencionales, X Congreso Nacional del Agua, Corrientes, 1980.
- (12) OTNES, R. y ENOCHSON, L.: Applied time series analysis, Wiley, 1978.

TABLAS



ESTADO	TOMA	RMS	HS	S _{Amáx} ^(c)	SA 0.1%	SA 1%	SA 5%	SA 20%	SA 95%	SA 99%	SA 99.9%	S _{Amáx} ^(d)	f _p	T _z	f̄
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(Hz)	(s)	(Hz)
E-1	1	5,415	21,637	-25,072	-22,535	-17,357	-10,004	-3,824	7,499	10,709	15,577	19,391	0,078	0,312	2,031
	2	0,630	2,448	-3,461	-2,464	-1,649	-1,072	-0,510	0,978	1,361	1,769	2,052	0,039	0,280	1,849
	3	4,560	18,135	-15,744	-14,296	-12,216	-8,839	-3,632	6,321	8,188	10,320	12,977	0,703	0,310	2,312
	4	5,067	20,356	-10,391	-10,144	-9,447	-8,477	-5,363	7,332	9,306	11,926	18,792	0,059	0,351	1,813
	5	4,326	17,320	-11,266	-10,389	-9,276	-7,486	-3,714	6,994	9,567	12,140	14,286	0,117	0,361	1,720
	6	3,935	15,687	-10,588	-8,668	-7,456	-5,682	-3,497	7,152	9,899	13,022	15,215	0,117	0,708	0,771
	7	7,409	29,683	-16,150	-15,599	-14,925	-13,434	-6,796	11,415	16,278	21,318	23,145	0,430	0,381	1,537
E-2	4	3,859	15,387	-13,153	-12,396	-11,136	-8,431	-2,849	4,536	5,591	7,412	11,419	0,039	0,419	1,368
E-3	7	10,061	40,021	-18,656	-18,123	-17,343	-15,781	-10,598	15,742	20,001	24,119	28,272	0,430	0,411	1,331

FORMILHA-3

PREVISIONES FLUCTUANTES EN LA OBRA DE
SALTO GRAVIDE

TABLA N° 1



ESTADO	TOMA	σ_f (Hz)	ϵ	$f_{p1\%}$ (Hz)	Ad	\bar{P}/g (m)	$P/g \text{ m}^{\text{in}}$ (m)	$P/g \text{ 0.1\%}$ (m)	$P/g \text{ 1\%}$ (m)	$P/g \text{ 5\%}$ (m)	$P/g \text{ 10\%}$ (m)	$P/g \text{ 95\%}$ (m)	$P/g \text{ 99\%}$ (m)	$P/g \text{ 99.9\%}$ (m)	$P/g \text{ máx}$ (m)
E-1	1	2,482	0,556	0,018	-0,855	16,11	-8,96	-6,42	-1,25	6,11	12,29	23,61	26,82	31,69	35,50
	2	3,062	0,606	0,093	-0,351	10,63	7,17	8,17	8,98	9,56	10,12	11,61	11,99	12,40	12,68
	3	2,254	0,526	0,084	-0,644	7,32	-8,42	-6,98	-4,90	-1,52	3,69	13,64	15,51	17,64	20,30
	4	2,198	0,593	0,504	-0,176	1,52	-8,87	-8,62	-7,93	-6,96	-3,84	8,85	10,83	13,45	20,31
	5	2,173	0,610	0,276	-0,008	1,45	-9,82	-8,94	-7,83	-6,04	-2,26	8,44	11,02	13,59	15,74
	6	1,184	0,784	0,230	0,478	21,39	10,80	12,72	13,93	15,71	17,89	28,54	31,29	34,41	36,60
	7	2,131	0,633	0,344	-0,128	3,89	(*)	(*)	(*)	-9,54	-2,91	15,31	20,17	25,21	27,04
E-2	4	1,955	0,652	0,035	-1,055	4,65	-8,50	-7,75	-6,49	-3,78	-1,80	9,19	10,24	12,06	16,07
E-3	7	2,034	0,660	0,537	-0,021	4,13	(*)	(*)	(*)	(*)	-6,47	19,87	24,13	28,25	32,40

FORM.LHA-3

PRESIONES FLUCTUANTES EN LA OBRA DE
SALTO GRANDE

TABLA N°2

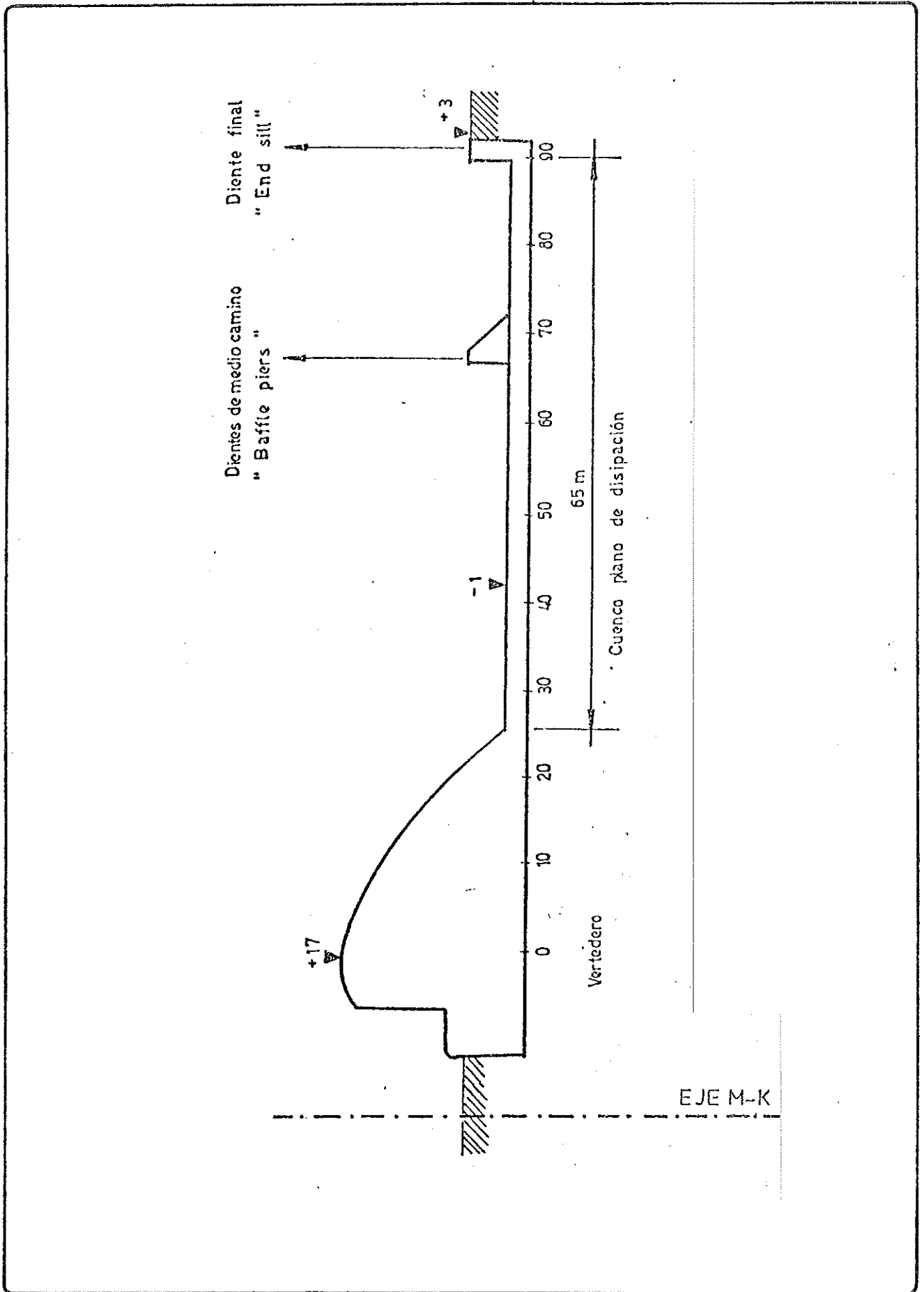
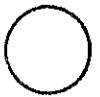


Estado	Sensor N°	SA0,1%/SAmax(-)	SA99,9%/SAmáx(+)
1	1	0,898	0,803
	2	0,712	0,862
	3	0,908	0,795
	4	0,976	0,635
	5	0,922	0,850
	6	0,819	0,856
	7	0,968	0,852
2	4	0,942	0,649
3	7	0,971	0,853



Ensayo	Toma	C'p	Sp	Sz
1	1	0,202	$9,69 \times 10^{-3}$	0,398
	2	0,023	$4,84 \times 10^{-3}$	0,445
	3	0,170	0,087	0,401
	4	0,189	$7,33 \times 10^{-3}$	0,354
	5	0,161	0,015	0,344
	6	0,147	0,015	0,175
	7	0,276	0,053	0,325
2	4	0,144	$4,84 \times 10^{-3}$	0,296
3	7	0,384	0,068	0,382

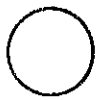
FIGURAS



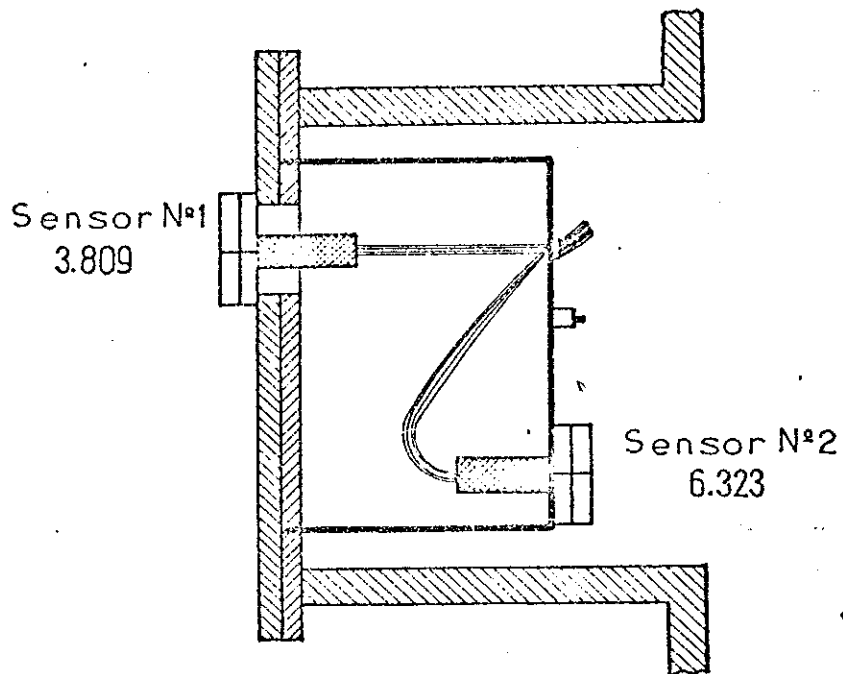
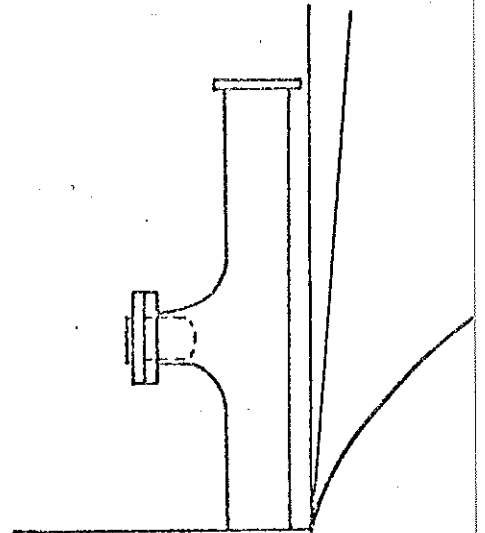
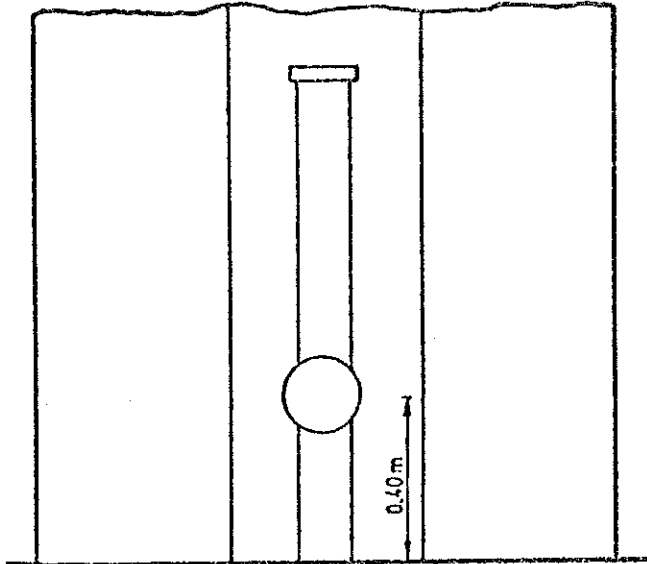
FORM.LHA-3

ESQUEMA DE VERTEDERO Y DISIPADOR

FIGURA Nº1



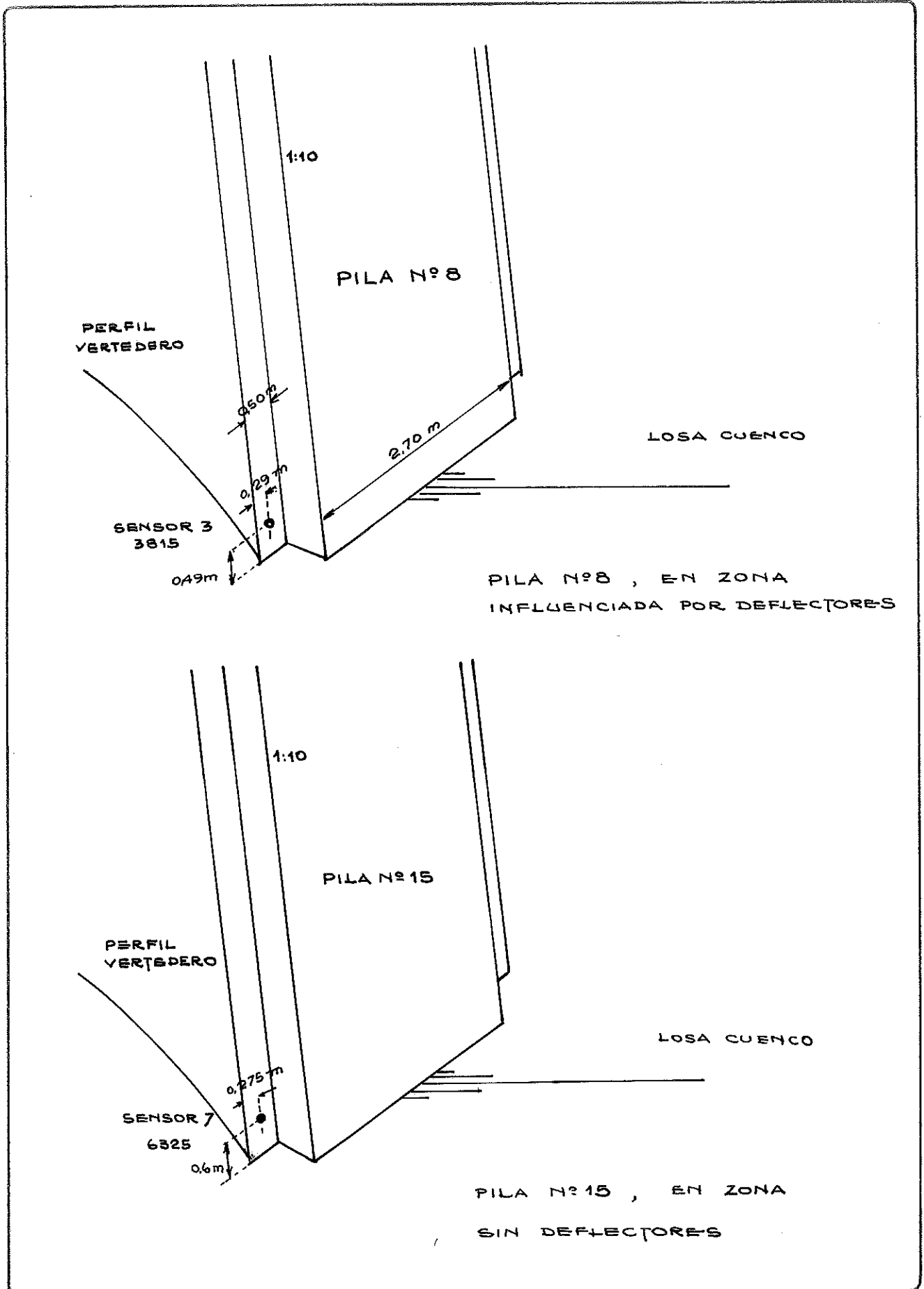
Pila Nº7



FORM.LHA-3

UBICACIÓN DE SENSORES Nº1 Y Nº2 EN OBRA

FIGURA Nº2



FORMILHAS

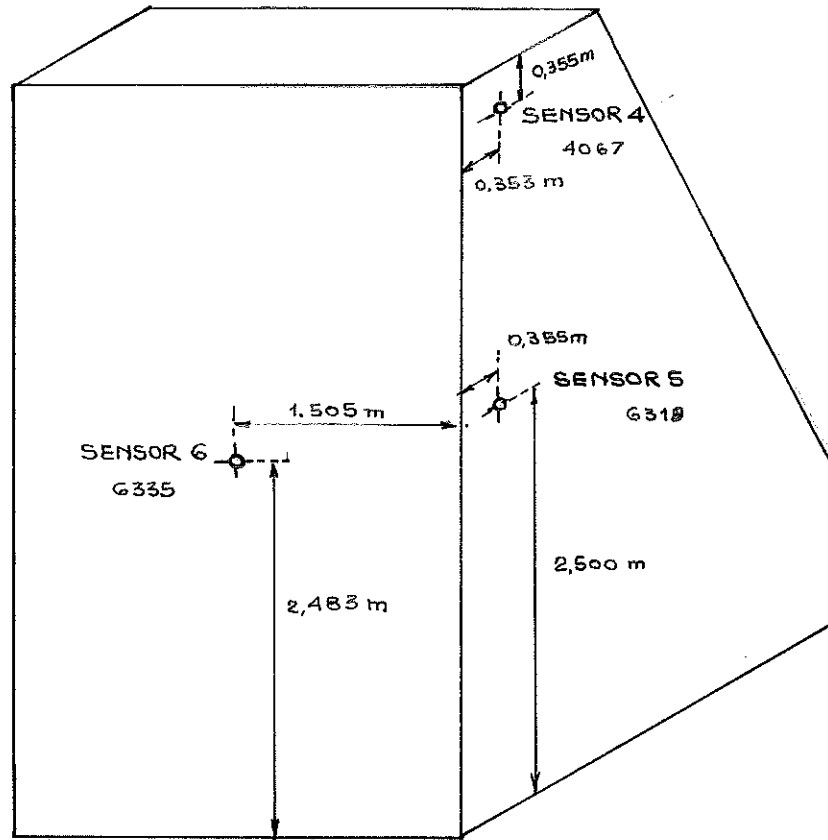
UBICACION DE SENSORES EN LAS PILAS

FIGURA N°3



BAFFLE PIER Nº 11

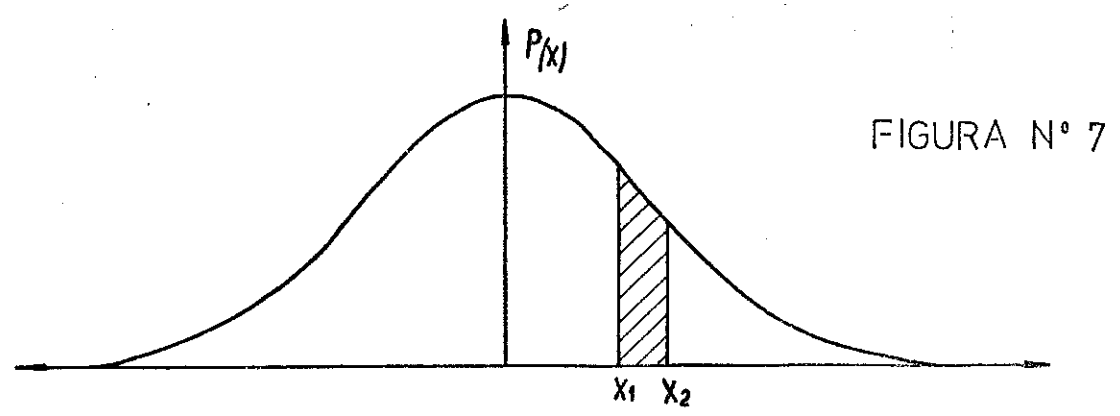
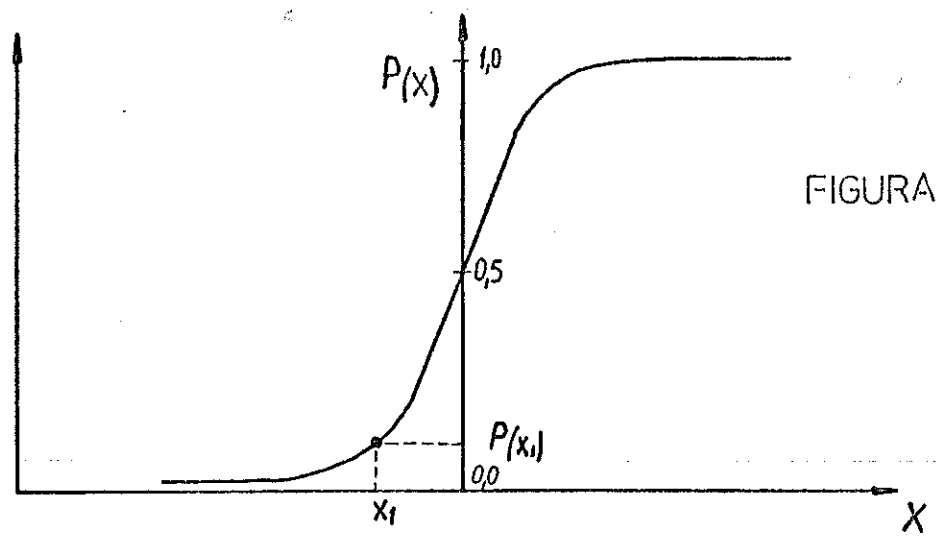
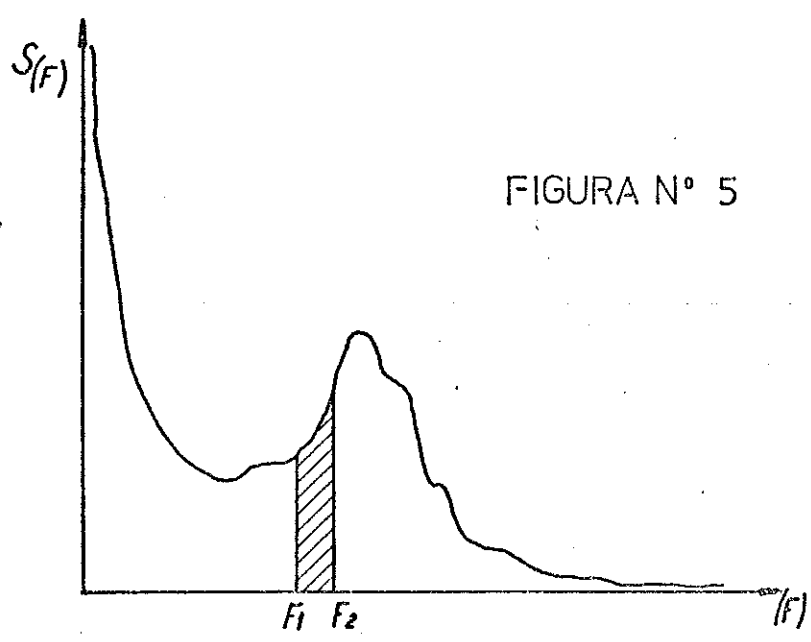
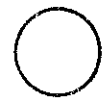
VANO DE VERTEDERO Nº 6



FORMILHA-3

UBICACION DE SENSORES EN BAFFLE PIER

FIGURA Nº 4



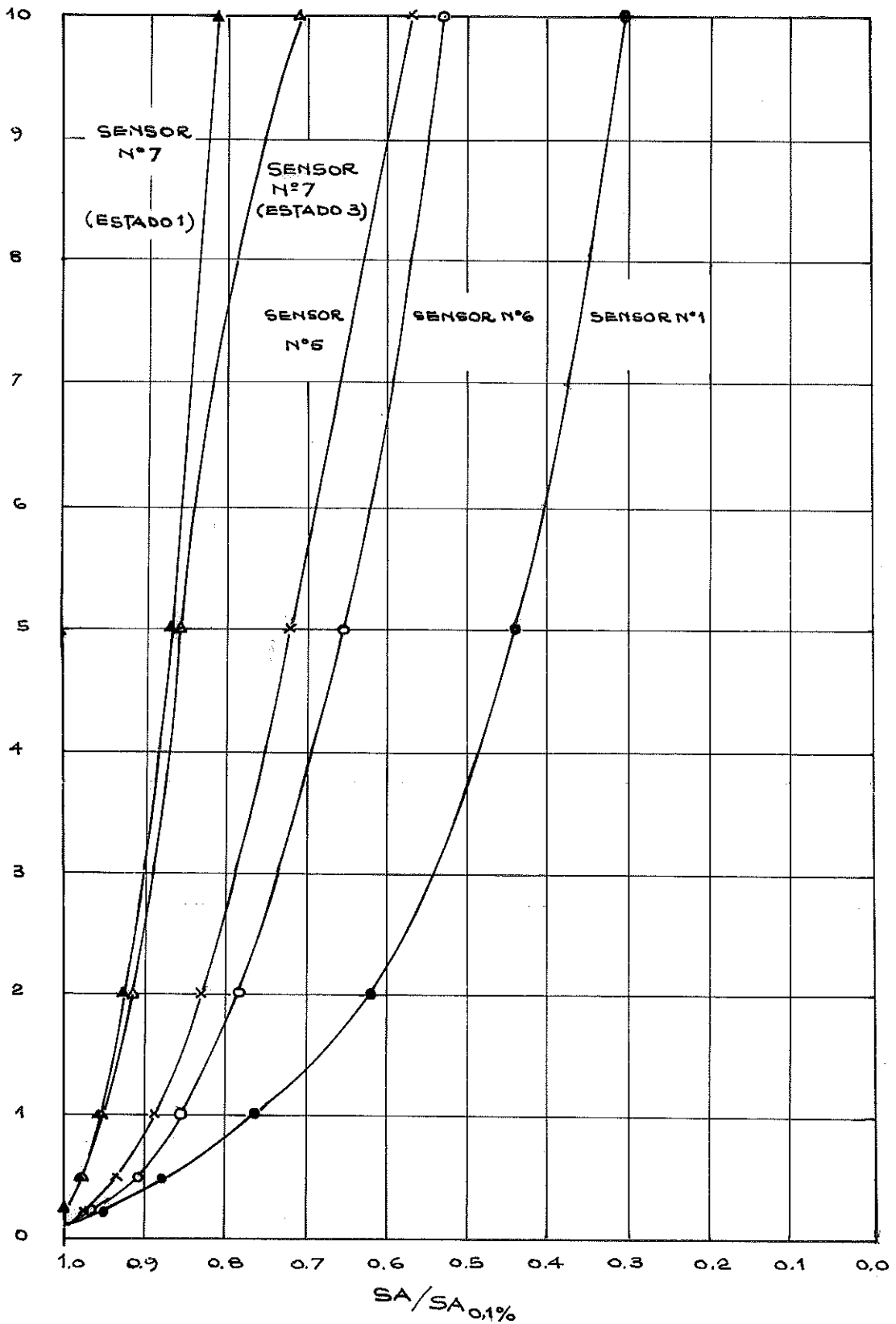
FORM.LHA-3

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

FIGURAS N° 5
N° 6 y N° 7



PROBABILIDAD DE OCURRENCIA %



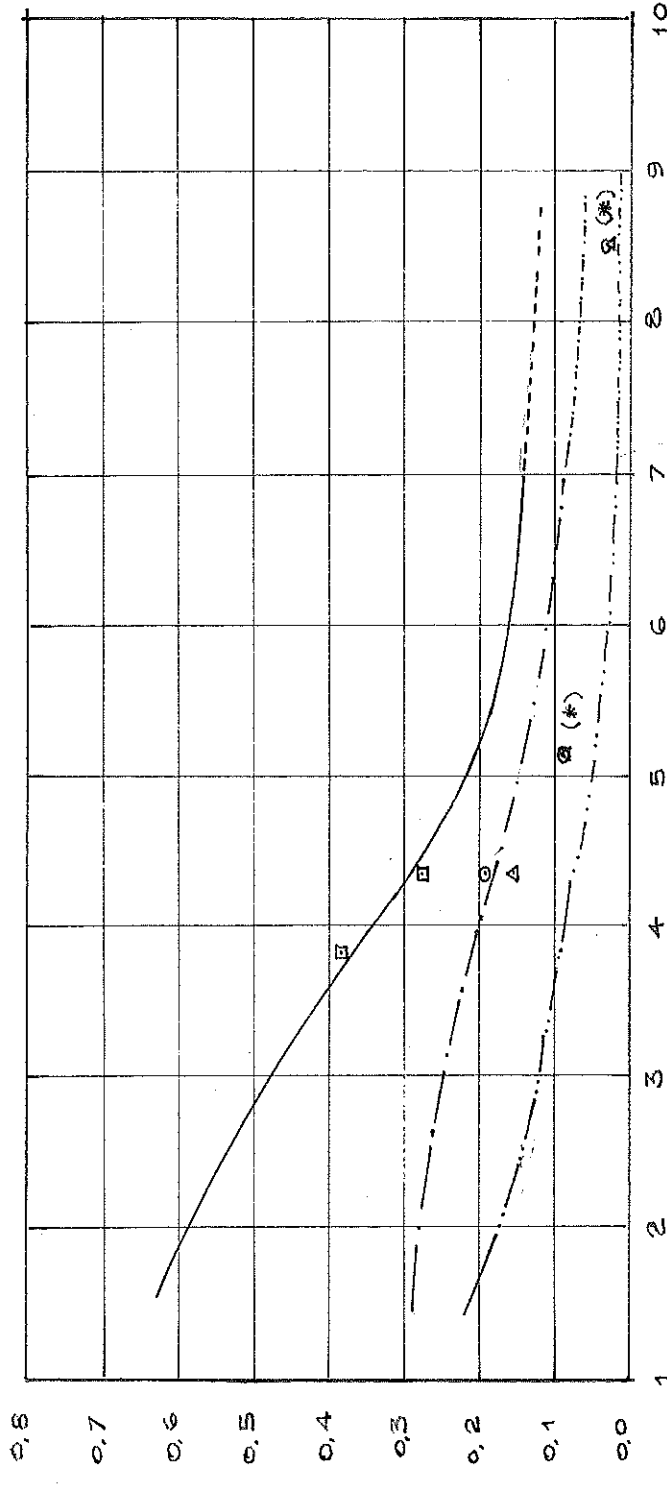
FORMILHA-3

LIMITE INFERIOR DE DISTRIBUCIÓN DE SEMIAMPLITUDES ADIMENSIONALIZADAS

FIGURA N° 8



$$C_p = \frac{\sqrt{p^2}}{\frac{1}{2} \rho U_1^2}$$



$$F_1 = \frac{U_1}{\sqrt{g_m}}$$

- (*) EXPERIENCIAS PREVIAS, REF. (1) _____ MÁXIMO EN CARA LATERAL, REF. (10)
- TOMA LATERAL (SENSOR N°4) -.-.-.- MÁXIMO EN CARA FRONTAL, REF. (10)
- △ TOMA FRONTAL (SENSOR N°6) MÍNIMO EN CARA LATERAL, REF. (10)
- TOMA DETRÁS DE PILA (SENSOR N°7) MÍNIMO EN CARA LATERAL, REF. (10)

FORM.LHA-3

COMPARACIÓN DE FLUCTUACIONES DE PRESIÓN EN BAFLE PIERES

FIGURA N° 9

FOTOGRAFIAS

FOTOGRAFIA N° 1: Detalle de sensor y portasensor.

FOTOGRAFIA N° 2: Instalación de sensor en baffle pier.

FOTOGRAFIA N° 3: Sensor N° 4 instalado.

FOTOGRAFIA N° 4: Vista de canaleta para cañería de cableado para los sensores del baffle pier (etapa constructiva).

FOTOGRAFIA N° 5: Tarea de registro en obra, junio 1982.

FOTOGRAFIA N° 6: Detalle del instrumental utilizado:
(registrador, amplificador, osciloscopio).

ANEXO I

LISTADOS DE IMPRESORA
Y GRAFICOS DE ESPECTROS
OBTENIDOS DE COMPUTADORA

MCR>RUN OK1:HISPEK4
 ROTULO: 5G-6-82-E1 SEN1
 PERIODO DE MUESTREO (MSEG.): 50
 NUMERO DE BLOQUES: 18
 GAN Y CANAL (EN OCTAL) : 20000
 PASABANDA 1=BARLETT,2=FLAT TOP : 1
 ESCALA (CM/VOLT) : 14.14

NUMERO DE DATOS TOMADOS = 9216.0
 VALOR MEDIO DEL REGISTRO= 0.631
 VARIANZA= 29.324
 R. M. S. = 5.415

ASIMETRIA DE LA DISTRIBUCION = -0.855

PROB %	AMPLITUD
0.1	-22.535
0.2	-21.430
0.5	-19.981
1.0	-17.337
2.0	-14.043
5.0	-10.804
10.0	-6.792
20.0	-3.824
50.0	0.663
80.0	4.219
90.0	5.980
95.0	7.499
98.0	9.397
99.0	10.709
99.5	12.332
99.8	14.403
99.9	15.577

DELTAPMIN= -25.072 DELTAPMAX= 19.391
 FRECUENCIA DE DENSIDAD MAXIMA = 0.076 IMAX= 3
 M0= 29.106 M2= 11817.8505859 M4= 0.2437736E 08
 ALTURA SIGNIFICATIVA= 21.637
 TZ = 0.3125SEG. FREC CRUCE DE CERO = 3.207HERTZ
 FREC CRUCE NIVEL 1% = 0.018HERTZ
 PER MAXIMOS= 0.138 SEG FREC DE MAXIMOS 7.228HERTZ
 PERIODO MEDIO= 0.4925SEG. FREC MEDIA= 2.031 HERTZ
 DESVIACION STANDARD DEL ESPECTRO= 2.402 HERTZ
 MEDIDA DEL ANCHO ESPECTRAL = 0.536

MCR>XYP
XYP>

MCR>RUN DK1:HISPEK#
ROTULO: SG-6-82-E1 SEN 2
PERIODO DE MUESTREO (MSEG.): 50
NUMERO DE BLOQUES: 18
GAN Y CANAL (EN OCTAL) : 20000
PASABANDA 1=BARLETT,2=FLAT TOP : 1
ESCALA (CM/VOLT) : 1.44

NUMERO DE DATOS TOMADOS = 9216.0
VALOR MEDIO DEL REGISTRO= 0.395
VARIANZA= 0.397
R. M. S. = 0.630

ASIMETRIA DE LA DISTRIBUCION = -0.351

PROB %	AMPLITUD
0.1	-2.464
0.2	-2.253
0.5	-1.884
1.0	-1.649
2.0	-1.399
5.0	-1.072
10.0	-0.798
20.0	-0.510
50.0	0.028
80.0	0.528
90.0	0.770
95.0	0.978
98.0	1.199
99.0	1.361
99.5	1.512
99.8	1.716
99.9	1.769

DELTA P MIN = -3.461 DELTA P MAX = 2.052
FRECUENCIA DE DENSIDAD MAXIMA = 0.039 IMAX = 2
M0 = 0.373 M2 = 188.2173615 M4 = 0.6115579E 06
ALTURA SIGNIFICATIVA = 2.448
TZ = 0.288SEG. FREQ CRUCE DE CERO = 3.577HERTZ
FREQ CRUCE NIVEL 1X = 0.093HERTZ
PER MAXIMOS = 0.110 SEG FREQ DE MAXIMOS 9.072HERTZ
PERIODO MEDIO = 0.541SEG. FREQ MEDIA = 1.849 HERTZ
DESVIACION STANDARD DEL ESPECTRO = 3.062 HERTZ
MEDIDA DEL ANCHO ESPECTRAL = 0.606

MCRDRUN DK1:HISPEK\$
 ROTULO: 5G-6-82-E1 SEN 3
 PERIODO DE MUESTREO (MSEG.): 50
 NUMERO DE BLOQUES: 18
 GAN Y CANAL (EN OCTAL) : 28000
 PASABANDA 1=BARLETT,2=FLAT TOP : 1
 ESCALA (CM/VOLT) : 7.28

NUMERO DE DATOS TOMADOS = 9216.0
 VALOR MEDIO DEL REGISTRO= -0.536
 VARIANZA= 20.794
 R. M. S. = 4.560

ASIMETRIA DE LA DISTRIBUCION = -0.644

PROB %	AMPLITUD
0.1	-14.296
0.2	-14.047
0.5	-13.070
1.0	-12.216
2.0	-11.203
5.0	-8.839
10.0	-6.440
20.0	-3.632
50.0	0.652
80.0	3.904
90.0	5.219
95.0	6.321
98.0	7.405
99.0	8.188
99.5	8.756
99.8	9.769
99.9	10.320

DELTAPMIN= -15.744 DELTAPMAX= 12.977
 FRECUENCIA DE DENSIDAD MAXIMA = 0.703 IMAX= 19
 M0= 20.447 M2= 8418.0234375 M4= 0.1541778E 08
 ALTURA SIGNIFICATIVA= 18.135
 TZ = 0.310SEG. FREQ CRUCE DE CERO = 3.229HERTZ
 FREQ CRUCE NIVEL 1% = 0.084HERTZ
 PER MAXIMOS= 0.147 SEG FREQ DE MAXIMOS 6.811HERTZ
 PERIODO MEDIO= 0.432SEG. FREQ MEDIA= 2.312 HERTZ
 DESVIACION STANDARD DEL ESPECTRO= 2.254 HERTZ
 MEDIDA DEL ANCHO ESPECTRAL = 0.526

MCR>XYP
XYP>

MCR>RUN DK1:HISPEK\$
ROTULO: SG-6-82_LE1 SEN 4
PERIODO DE MUESTREO (MSEG.): 50
NUMERO DE BLOQUES: 18
GAN Y CANAL (EN OCTAL) : 20000
PASABANDA 1=BARLETT, 2=FLAT TOP : 1
ESCALA (CM/VOLT) : 6.97

NUMERO DE DATOS TOMADOS = 9216.0
VALOR MEDIO DEL REGISTRO= -1.725
VARIANZA= 25.671
R. M. S. = 5.067

ASIMETRIA DE LA DISTRIBUCION = -0.176

PROB %	AMPLITUD
0.1	-10.144
0.2	-9.991
0.5	-9.719
1.0	-9.447
2.0	-9.106
5.0	-8.477
10.0	-7.541
20.0	-5.363
50.0	0.627
80.0	4.813
90.0	6.277
95.0	7.332
98.0	8.540
99.0	9.306
99.5	10.003
99.8	10.939
99.9	11.926

DELTAPMIN= -10.391 DELTAPMAX= 18.792
FRECUENCIA DE DENSIDAD MAXIMA = 0.039 IMAX= 2
M0= 25.761 M2= 8256.4589844 M4= 0.1595352E 03
ALTURA SIGNIFICATIVA= 20.356
TZ = 0.351SEG. FREQ CRUCE DE CERO = 2.849HERTZ
FREQ CRUCE NIVEL 1% = 0.504HERTZ
PER MAXIMOS= 0.143 SEG FREQ DE MAXIMOS 6.996HERTZ
PERIODO MEDIO= 0.552SEG. FREQ MEDIA= 1.813 HERTZ
DESVIACION STANDARD DEL ESPECTRO= 2.198 HERTZ
MEDIDA DEL ANCHO ESPECTRAL = 0.593

MCR>XYP
XYP>

MCR>RUN DK1:HISPEK#
ROTULO: SG-6-82-E1 SEN 5
PERIODO DE MUESTREO (MSEG.): 50
NUMERO DE BLOQUES: 18
GAN Y CANAL (EN OCTAL) : 20000
PASABANDA 1=BARLETT, 2=FLAT TOP : 1
ESCALA (CM/VOLT) : 7.12

NUMERO DE DATOS TOMADOS = 9216.0
VALOR MEDIO DEL REGISTRO= 1.688
VARIANZA= 18.711
R. M. S. = 4.326

ASIMETRIA DE LA DISTRIBUCION = -0.008

PROB %	AMPLITUD
0.1	-10.389
0.2	-10.250
0.5	-9.711
1.0	-9.276
2.0	-8.668
5.0	-7.486
10.0	-6.939
20.0	-3.714
50.0	-0.011
80.0	3.796
90.0	5.691
95.0	6.994
98.0	8.489
99.0	9.567
99.5	10.540
99.8	11.785
99.9	12.140

DELTAPMIN= -11.266 DELTAPMAX= 14.286
FRECUENCIA DE DENSIDAD MAXIMA = 0.117 IMAX= 4
M0= 18.651 M2= 5655.1669922 M4= 0.1126254E 08
ALTURA SIGNIFICATIVA= 17.320
TZ = 0.361SEG. FREQ CRUCE DE CERO = 2.771HERTZ
FREQ CRUCE NIVEL 1% = 0.276HERTZ
PER MAXIMOS= 0.141 SEG FREQ DE MAXIMOS 7.103HERTZ
PERIODO MEDIO= 0.581SEG. FREQ MEDIA= 1.720 HERTZ
DESVIACION STANDARD DEL ESPECTRO= 2.173 HERTZ
MEDIDA DEL ANCHO ESPECTRAL = 0.610

MCR>XYP
XYP>

MCR>RUN DK1:HISPEK\$
ROTULO: SG-6-82-E1 SEN 6
PERIODO DE MUESTREO (MSEG.): 50
NUMERO DE BLOQUES: 18
GAN Y CANAL (EN OCTAL) : 20000
PASABANDA 1=BARLETT,2=FLAT TOP : 1
ESCALA (CM/VOLT) : 6.99

NUMERO DE DATOS TOMADOS = 9216.0
VALOR MEDIO DEL REGISTRO= 1.577
VARIANZA= 15.482
R. M. S. = 3.935

ASIMETRIA DE LA DISTRIBUCION = 0.478

PROB %	AMPLITUD
0.1	-8.668
0.2	-8.412
0.5	-7.849
1.0	-7.456
2.0	-6.825
5.0	-5.682
10.0	-4.658
20.0	-3.497
50.0	-0.443
80.0	3.380
90.0	5.496
95.0	7.152
98.0	8.943
99.0	9.899
99.5	10.872
99.8	11.998
99.9	13.022

DELTA P MIN = -10.588 DELTA P MAX = 15.215
FRECUENCIA DE DENSIDAD MAXIMA = 0.117 I MAX = 4
M0 = 15.300 M2 = 1206.2033691 M4 = 0.2029421E 07
ALTURA SIGNIFICATIVA = 15.687
TZ = 0.708SEG. FREC CRUCE DE CERO = 1.413HERTZ
FREC CRUCE NIVEL 1% = 0.230HERTZ
PER MAXIMOS = 0.153 SEG FREC DE MAXIMOS = 6.528HERTZ
PERIODO MEDIO = 1.297SEG. FREC MEDIA = 0.771 HERTZ
DESVIACION STANDARD DEL ESPECTRO = 1.184 HERTZ
MEDIDA DEL ANCHO ESPECTRAL = 0.784

MCR>XYP
XYP>

MCR>N\N\RUN DK1:HISPEK#
ROTULO: 5G-6-82-E1 SEN 7
PERIODO DE MUESTREO (MSEG.): 50
NUMERO DE BLOQUES: 18
GAN Y CANAL (EN OCTAL) : 20000
PASABANDA 1=BARLETT,2=FLAT TOP : 1
ESCALA (CM/VOLT) : 14.54

NUMERO DE DATOS TOMADOS = 9216.0
VALOR MEDIO DEL REGISTRO= 1.312
VARIANZA= 54.900
R. M. S. = 7.409

ASIMETRIA DE LA DISTRIBUCION = -0.129

PROB %	AMPLITUD
0.1	-15.599
0.2	-15.520
0.5	-15.209
1.0	-14.925
2.0	-14.464
5.0	-13.434
10.0	-11.091
20.0	-6.796
50.0	0.694
80.0	6.161
90.0	8.859
95.0	11.415
98.0	14.538
99.0	16.278
99.5	17.946
99.8	19.686
99.9	21.318

DELTA_PMIN= -16.150 DELTA_PMAX= 35.003
FRECUENCIA DE DENSIDAD MAXIMA = 0.430 IMAX= 12
M0= 54.777 M2= 14926.6035156 M4= 0.3028012E 08
ALTURA SIGNIFICATIVA= 29.683
TZ = 0.381SEG. FREQ CRUCE DE CERO = 2.627HERTZ
FREQ CRUCE NIVEL 1% = 0.344HERTZ
PER MAXIMOS= 0.140 SEG FREQ DE MAXIMOS 7.168HERTZ
PERIODO MEDIO= 0.651SEG. FREQ MEDIA= 1.537 HERTZ
DESVIACION STANDARD DEL ESPECTRO= 2.131 HERTZ
MEDIDA DEL ANCHO ESPECTRAL = 0.633

MCR>XYP
XYP>

MCR>RUN DK1:HISPEK\$
ROTULO: 50-6-83\2-E2 SEN 4
PERIODO DE MUESTREO (MSEG.): 50
NUMERO DE BLOQUES: 18
GAN Y CANAL (EN OCTAL) : 20000
PASABANDA 1=BARLETT,2=FLAT TOP : 1
ESCALA (CM/VOLT) : 6.97

NUMERO DE DATOS TOMADOS = 9216.0
VALOR MEDIO DEL REGISTRO= 0.765
VARIANZA= 14.891
R. M. S. = 3.859

ASIMETRIA DE LA DISTRIBUCION = -1.055

PROB %	AMPLITUD
0.1	-12.396
0.2	-12.106
0.5	-11.732
1.0	-11.136
2.0	-10.371
5.0	-8.431
10.0	-5.700
20.0	-2.849
50.0	0.920
80.0	3.158
90.0	3.991
95.0	4.536
98.0	5.149
99.0	5.591
99.5	5.999
99.8	6.714
99.9	7.412

DELTA P MIN = -13.153 DELTA P MAX = 11.419
FRECUENCIA DE DENSIDAD MAXIMA = 0.039 IMAX = 2
M0 = 14.719 M2 = 3300.0827637 M4 = 0.6154522E 07
ALTURA SIGNIFICATIVA = 15.387
TZ = 0.4195SEG. FREC CRUCE DE CERO = 2.386HERTZ
FREC CRUCE NIVEL 1X = 0.035HERTZ
PER MAXIMOS = 0.146 SEG FREC DE MAXIMOS 6.865HERTZ
PERIODO MEDIO = 0.7315SEG. FREC MEDIA = 1.368 HERTZ
DESVIACION STANDARD DEL ESPECTRO = 1.955 HERTZ
MEDIDA DEL ANCHO ESPECTRAL = 0.652

MCR>XVP
XVP>

MCR>RUN DK1:HISPEK\$
ROTULO: 56-6-82-E3 SEN 7
PERIODO DE MUESTREO (MSEG.): 50
NUMERO DE BLOQUES: 18
GAN Y CANAL (EN OCTAL) : 20000
PASABANDA 1=BARLETT, 2=FLAT TOP : 1
ESCALA (CM/VOLT) : 29.00

NERO DE DATOS TOMADOS = 9216.0
VALOR MEDIO DEL REGISTRO= 1.475
VARIANZA= 101.224
R. M. S. = 10.061

ASIMETRIA DE LA DISTRIBUCION = -0.021

PROB %	AMPLITUD
0.1	-18.123
0.2	-17.981
0.5	-17.698
1.0	-17.343
2.0	-16.775
5.0	-15.781
10.0	-14.645
20.0	-10.598
50.0	0.761
80.0	9.281
90.0	12.973
95.0	15.742
98.0	18.440
99.0	20.001
99.5	21.208
99.8	22.557
99.9	24.119

DELTAPMIN= -18.656 DELTAPMAX= 28.272
FRECUENCIA DE DENSIDAD MAXIMA = 0.430 IMAX= 12
M0= 99.577 M2= 23229.8457031 M4= 0.4691732E 00
ALTURA SIGNIFICATIVA= 40.021
T2 = 0.411SEG. FREC CRUCE DE CERO = 2.431HERTZ
FREC CRUCE NIVEL 1X= 0.537HERTZ
PER MAXIMOS= 0.140 SEG FREC DE MAXIMOS 7.153HERTZ
PERIODO MEDIO= 0.751SEG. FREC MEDIA= 1.331 HERTZ
DESVIACION STANDARD DEL ESPECTRO= 2.034 HERTZ
MEDIDA DEL ANCHO ESPECTRAL = 0.660