

2419



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL FLUJO
A TRAVES DE UN ORIFICIO RECTANGULAR

T E S I S

Que para obtener el título de
Ingeniero Mecánico Electricista
p r e s e n t a n

RAUL GERARDO ARTIGAS DIAZ
ERNESTO PINAL CALVILLO



México, D. F.

1988

UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

- I N D I C E -

CAPITULO I - INTRODUCCION	.....1
CAPITULO II - EQUIPO EXPERIMENTAL	.....5
2.1 - CONSTRUCCION DEL MODELO	.....6
2.2 - INSTALACION DEL MODELO	.....13
2.3 - ACCESORIOS	.....16
CAPITULO III - ESTUDIO EXPERIMENTAL A NUMEROS DE REYNOLDS BAJOS	.....19
3.1 - NOMENCLATURA Y ANALISIS DIMENSIONAL	.....20
3.2 - CONFIGURACIONES BASICAS	.....26
3.3 - RESULTADOS	.....37
CAPITULO IV - ESTUDIO EXPERIMENTAL A NUMEROS DE REYNOLDS MEDIOS	.....43
4.1 - VISUALIZACION DEL FLUJO CERCA DE LA RANURA DE DESCARGA	.....44
4.2 - UNA APROXIMACION TEORICA	.....55
4.3 - RESULTADOS	.....59
CAPITULO V - COEFICIENTE DE DESCARGA	.....61
5.1 - ECUACION GENERAL DE LOS ORIFICIOS	.....62
5.2 - FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA DESCARGA	.....68

5.3 - OBTENCION EXPERIMENTAL DEL	
COEFICIENTE DE DESCARGA	.....70
5.4 - RESULTADOS	.....73
CAPITULO VI - CONCLUSIONES	.....83
REFERENCIAS	.....87
BIBLIOGRAFIA	.....88

CAPITULO I

INTRODUCCION

EN ESTA TESIS SE PRESENTAN LOS RESULTADOS DE UNA INVESTIGACIÓN CUYO OBJETIVO PRINCIPAL ES EL ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LAS CARACTERÍSTICAS HIDRODINÁMICAS DE LA CORTINA DE LÍQUIDO (AGUA) QUE SE FORMA AL TENERSE UN FLUJO A TRAVÉS DE UN ORIFICIO RECTANGULAR TIPO RANURA.

EL ESTUDIO DE LA CORTINA ES IMPORTANTE, YA QUE EN LA PRÁCTICA ESTE FLUJO SE TIENE EN ALGUNOS PROCESOS DE ATOMIZACIÓN Y DE RECUBRIMIENTO EMPLEADOS PRINCIPALMENTE EN LA INDUSTRIA QUÍMICA.

SE HA OBSERVADO TAMBIÉN QUE EN LAS CORTINAS DE AGUA QUE SE FORMAN SOBRE LOS VERTEDORES DE DEMASÍAS DE LAS GRANDES PRESAS SE PRESENTAN -- UNA SERIE DE ESTRÍAS PARALELAS A LA DIRECCIÓN DEL FLUJO Y UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDAS EN EL ANCHO DE LA CORTINA. ÉSTAS ESTRÍAS PROVOCAN UN DESGASTE EN LOS MATERIALES DE LAS PAREDES DE LOS VERTEDORES, POR LO QUE SE DEBEN TOMAR EN CUENTA PARA EL DISEÑO Y ELECCIÓN DEL MATERIAL HA EMPLEAR.

UN EJEMPLO DE LOS EFECTOS PROVOCADOS POR LAS ESTRÍAS ES EL PROBLEMA QUE SE PRESENTÓ EN EL VERTEDOR DE DEMASÍAS NO. 1 DE LA CENTRAL HIDRO ELÉCTRICA MALPASO EN EL AÑO DE 1978, EN EL CUAL HUBO LA NECESIDAD DE CAMBIAR CINCO BLOQUES DE CONCRETO DE 100 MTS.² DE ÁREA POR 3 MTS. DE ESPESOR, OCASIONANDO UN GASTO PARA LA COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD FUERA DE SUS PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO.

INICIALMENTE SE PENSÓ QUE LAS ESTRÍAS SE FORMABAN POR LAS IMPERFECCIONES QUE PUDIERAN EXISTIR EN EL VERTEDOR; POSTERIORMENTE, CON EXPERIMENTOS MÁS CUIDADOSOS, SE DESCARTÓ ESTA POSIBILIDAD.

EL PROFESOR ENZO LEVI [1] SOSTIENE QUE LAS ESTRÍAS PODRÍAN SER VÓRTICES LONGITUDINALES QUE NACEN AGUAS ARRIBA DE LA CORTINA Y QUE DICHOS VÓRTICES LE DAN ESTABILIDAD Y CONSISTENCIA A LA CORTINA, COMO SI FUERAN LOS CASTILLOS DE UN MURO.

POR LO TANTO, EL OBJETIVO PRINCIPAL DE ESTA TESIS ES DETERMINAR SI - PARA LA CORTINA LÍQUIDA FORMADA EN UNA RANURA SE TIENEN LAS ESTRÍAS - Y SI ÉSTAS, DE EXISTIR, SON EN REALIDAD VÓRTICES LONGITUDINALES.

PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS PLANTEADOS SE TRABAJA DESDE LA FORMACIÓN - DE LA CORTINA, ES DECIR, DESDE EL COMPORTAMIENTO DE LAS PRIMERAS GOTAS HASTA LLEGAR A UNA CORTINA DE LÍQUIDO (AGUA) COMPLETAMENTE DESARROLLADA, PASANDO POR UNA SERIE DE ETAPAS Y CONDICIONES QUE SE FUERON PRESENTANDO DEBIDO A LAS CARACTERÍSTICAS DEL MODELO EMPLEADO, PERMITIENDO ANALIZAR VARIOS PARÁMETROS QUE COMPLEMENTAN EL ESTUDIO.

ENTRE ESTOS PARÁMETROS SE CONSIDERA MÁS IMPORTANTE EL COEFICIENTE DE DESCARGA, EL CUAL NOS REPRESENTA LAS PÉRDIDAS QUE SE TIENEN AL HACER-

PASAR UN FLUÍDO LÍQUIDO A TRAVÉS DE UN ORIFICIO. LAS PÉRDIDAS QUE IMPLICA EL COEFICIENTE DE DESCARGA SON LAS QUE SE ORIGINAN POR LA VELOCIDAD Y VISCOSIDAD DEL FLUÍDO, ASÍ COMO LA FORMA DEL ORIFICIO, SIENDO ESTAS TRES LAS MÁS IMPORTANTES.

EN ESTUDIOS REALIZADOS POR EL DR. R.D. GROSE [2], MUY SIMILARES A LOS QUE SE PRESENTAN EN EL CAPÍTULO V DE ESTA TESIS, SOLO SE AVOCA A ANALIZAR EL FLUJO DE LÍQUIDOS A TRAVÉS DE ORIFICIOS CIRCULARES Y OBTIENE UNA SERIE DE GRÁFICAS QUE PERMITEN SELECCIONAR LAS CARACTERÍSTICAS DE DICHS ORIFICIOS PARA SU APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA.

CABE RECORDAR QUE EL USO DE LOS ORIFICIOS EN PROCESOS INDUSTRIALES ES PRINCIPALMENTE PARA LA MEDICIÓN DE GASTO, Y QUE LA SELECCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ORIFICIO ESTÁN EN FUNCIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL LÍQUIDO QUE SE VA A MANEJAR.

LOS RESULTADOS OBTENIDOS SON SATISFACTORIOS GRACIAS A LOS RECURSOS QUE EL DEPARTAMENTO DE FLUÍDOS Y TÉRMICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNAM PROPORCIONÓ, ESPERANDO QUE EN LO FUTURO SE DE APOYO PARA QUE, CON TECNOLOGÍA MÁS AVANZADA, SE CONTINÚE CON TRABAJOS DE ESTE TIPO.

CAPITULO II

EQUIPO EXPERIMENTAL

2.1 CONSTRUCCION DEL MODELO

PARA CUMPLIR CON EL OBJETIVO DE ESTE TRABAJO, SE DISEÑO UN DISPOSITIVO QUE PERMITE LA FORMACIÓN DE UNA CORTINA DE LÍQUIDO, PARTIENDO DE UN DEPÓSITO PROVISTO DE UN ORIFICIO RECTANGULAR EN EL FONDO.

EL ORIFICIO, COMO SE PUEDE OBSERVAR EN LA FIGURA 2.1, ES RECTANGULAR ALARGADO Y PRESENTA UNA RELACIÓN ENTRE SUS LADOS DE APROXIMADAMENTE:

$$\beta = A / B = 1.0 \times 10^3$$

(FACTOR DE FORMA)

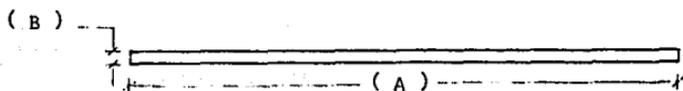


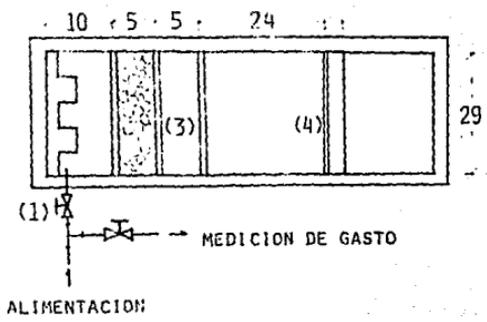
FIG. 2.1

EL DEPÓSITO DEBE ESTAR ALIMENTADO CONTINUAMENTE PARA TENER UNA CORTINA DE LÍQUIDO LO MÁS ESTABLE POSIBLE.

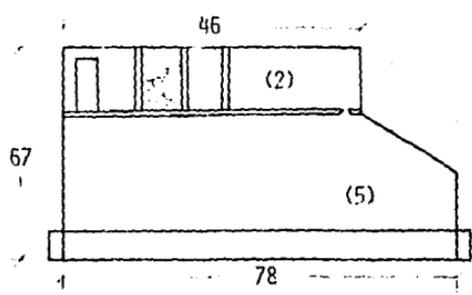
AL TENER CONSIDERADOS LOS FACTORES Y CARACTERÍSTICAS QUE DEBE REUNIR EL MODELO, ASÍ COMO LAS CONDICIONES DEL FLUJO, SE LLEGA AL SIGUIENTE DISEÑO:

2

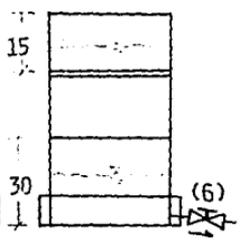
VISTA DE PLANTA



VISTA LATERAL



VISTA FRONTAL



ACOTACIONES EN CM.

FIG. 2.2

EL AGUA QUE VIENE DE UN TANQUE DE CARGA CONSTANTE, ENTRA POR (1) AL DEPOSITO SUPERIOR (2) Y DESPUÉS DE PASAR POR LAS REJILLAS TRANQUILIZADORAS (3) FLUYE POR LA RANURA (4); EL AGUA SE RECOLECTA EN EL -- TANQUE INFERIOR (5) PARA DE AHÍ PASAR DIRECTAMENTE AL DRENAJE A TRAVÉS DE (6).

EL MATERIAL EMPLEADO EN LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO ES LÁMINA DE --- ACRÍLICO DE 5 MM. , SE UNE CON PEGAMENTO PEGA-ACRIL Y LAS UNIONES - SE SELLAN CON SILICON PARA EVITAR POSIBLES FUGAS.

EL OBJETIVO QUE TIENEN LAS REJILLAS TRANQUILIZADORAS (3) ES EL DE - EVITAR QUE EL LÍQUIDO LLEGUE A LA RANURA DE DESCARGA CON TURBULEN - CIA, QUE PROVOCA INESTABILIDAD EN EL FLUJO, ÉSTAS REJILLAS TRANQUI - LIZADORAS SON 3 CON DIFERENTE PERFORACIÓN, COMO SE PUEDE OBSERVAR - EN LA FIGURA 2.3.

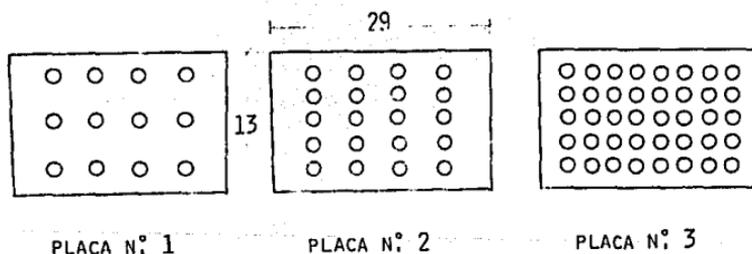


FIG. 2.3

ACOTACIONES EN CM.

CADA UNA DE LAS REJILLAS SE COMPLEMENTAN CON MALLA DE ALAMBRE GALVANIZADO PARA EVITAR EL PASO DE IMPUREZAS QUE PUEDAN LLEGAR A OBSTRUIR LA RANURA DE DESCARGA. POR ÚLTIMO, ENTRE LAS PRIMERAS 2 REJILLAS SE LE COLOCÓ UNA SERIE DE CANICAS DE DIFERENTES DIÁMETROS, YA QUE EN ESA ZONA EL LÍQUIDO LLEGA A ALTA VELOCIDAD DEL DEPOSITO DE CARGA --- CONSTANTE, PROVOCANDO ALTA TURBULENCIA.

PARA LA RANURA DE DESCARGA SE EMPLEARON 2 PLACAS PLANAS PARALELAS, UNA DE LAS CUALES QUEDÓ MÓVIL CON EL FIN DE PODER VARIAR EL ÁREA DE DESCARGA. EL MATERIAL QUE SE PENSÓ USAR DEBERÍA SER SUAVE PARA PODER SER TRABAJADO CON FACILIDAD.

EN PRIMERA INSTANCIA SE EMPLEÓ ALUMINIO PARA LAS PLACAS, OBTENIENDO SE RESULTADOS POCO FAVORABLES.

UNA VEZ CORTADAS LAS PLACAS DE ALUMINIO SE LES DIO ACABADO CASI A ESPEJO EN SUS SUPERFICIES, ASÍ COMO EN LOS CANTOS. AL TERMINAR ESTE TRABAJO SE BISELÓ UNO DE LOS CANTOS DE CADA PLACA PARA OBTENER EL PERFIL QUE SE MUESTRA EN LA FIGURA 2.4,

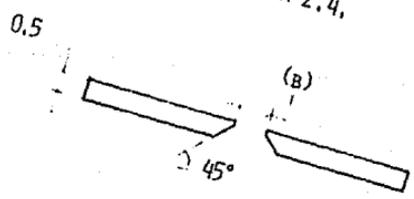
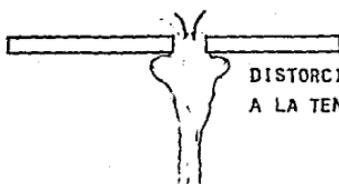


FIG. 2.4

ACOTACIONES EN CM,

EL OBJETIVO DEL BISELADO, EL CUAL ES EMPLEADO EN LAS PAREDES DE DESCARGA DE VERTEDORES U ORIFICIOS DE PARED DELGADA, ES EL DE EVITAR -- LOS EFECTOS DE TENSION SUPERFICIAL CUANDO EL FLUÍDO PASA A TRAVÉS DE LA RANURA DE DESCARGA (FIGURA 2.5).

ORIFICIO SIN
BISEL



DISTORCION DEL FLUJO DEBIDO
A LA TENSION SUPRFICIAL

ORIFICIO CON
BISEL

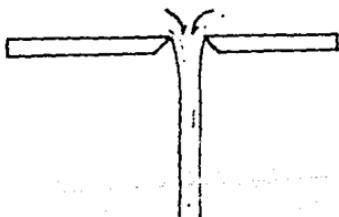


FIG. 2.5

EL ALUMINIO EMPLEADO PRESENTÓ CIERTA OXIDACIÓN AFECTANDO LAS SUPERFICIES Y DEBIDO AL MANIPULEO, EL BISEL SE DAÑABA FÁCILMENTE, POR LO -- QUE SE DECIDIÓ TRABAJAR CON EL MISMO ACRÍLICO EMPLEADO EN TODO EL MO DELO. PARA DARLE EL ACABADO REQUERIDO A LAS PLACAS, PRIMERAMENTE SE LIJARON TODAS Y CADA UNA DE LAS CARAS DE LAS PLACAS CON LIJA DE AGUA DE GRANO FINO, SE BISELÓ UN COSTADO DE CADA PLACA EN LA MISMA FORMA-- QUE CON ALUMINIO Y PARA DAR EL ACABADO SUPERFICIAL SE EMPLEÓ UN ABRA SIVO EN PASTA PARA PULIR PERFECTAMENTE LAS SUPERFICIES QUE ESTARÁN - EN CONTACTO CON EL LÍQUIDO.

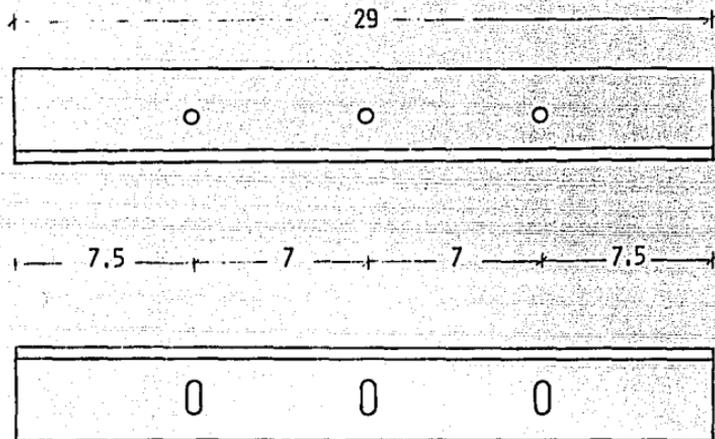
LAS DIMENSIONES FINALES DE LAS PLACAS SE MUESTRAN EN LA FIGURA 2.6.

COMO SE PUEDE OBSERVAR, LA PLACA NO. 1 ESTA PROVISTA SOLAMENTE DE - 3 PERFORACIONES PARA FIJARLA AL MODELO Y LA PLACA NO. 2 PRESENTA 3 RANURAS CON EL FIN DE PODER DESLIZARLA Y ASÍ VARIAR EL ÁREA DE DES- CARGA.

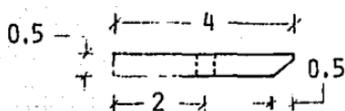
LAS PLACAS SE FIJARON CON TORNILLOS DE CABEZA PLANA Y TUERCAS DE -- 1/8" DE DIÁMETRO POR 1/4" DE LARGO. ÉSTOS TORNILLOS SON DE LATÓN - CON EL FIN DE QUE LA CORROSIÓN NO LOS DAÑE POR ESTAR EN CONTACTO DI RECTO CON EL LÍQUIDO (AGUA).

LA PERFORACIÓN DE LAS PLACAS SE REALIZÓ ANTES DE DARLES EL ACABADO- DESEADO CON EL FIN DE EVITAR QUE ESTAS SE MALTRATEN.

PLACA No. 1



PLACA No. 2



ACOTACIONES EN CM.

FIG. 2.6

2.2 INSTALACION DEL MODELO

LA INSTALACIÓN DEL MODELO SE DIVIDE EN 2 PARTES PRINCIPALMENTE:

- INSTALACIÓN DE LA TUBERÍA DE ALIMENTACIÓN Y DRENAJE
- NIVELACIÓN DEL MODELO

PARA LA INSTALACIÓN DE LA TUBERÍA DE ALIMENTACIÓN, SE SELECCIONÓ TUBO GALVANIZADO DE 1 1/2" DE DIÁMETRO, SOLAMENTE PARA LA LLEGADA AL MODELO COMO SE PUEDE VER EN LA FIGURA 2.7

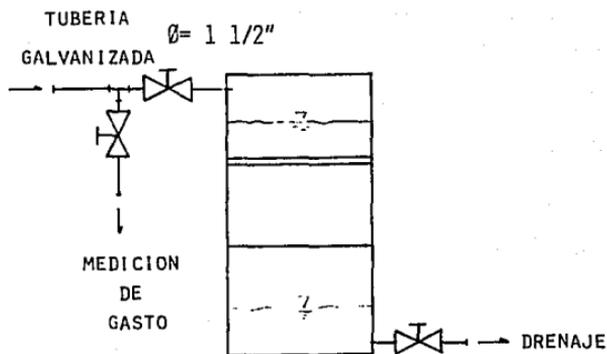


FIG. 2.7

LA TUBERÍA A LA SALIDA DEL TANQUE DE CARGA CONSTANTE ES DE MANGUERA Y SE CONECTA DIRECTAMENTE CON LA TUBERÍA GALVANIZADA.

EN LA TUBERÍA GALVANIZADA SE TIENE UNA "T" QUE NOS PERMITE DESVIAR EL FLUJO PARA PODER MEDIR EL GASTO QUE SE ALIMENTA AL MODELO, COMBINANDO LAS VÁLVULAS QUE SALEN DE LA "T" (ABIERTO O CERRADO).

EN LA FIGURA 2.8 SE ILUSTRAN LA FORMA DE MEDIR EL GASTO.

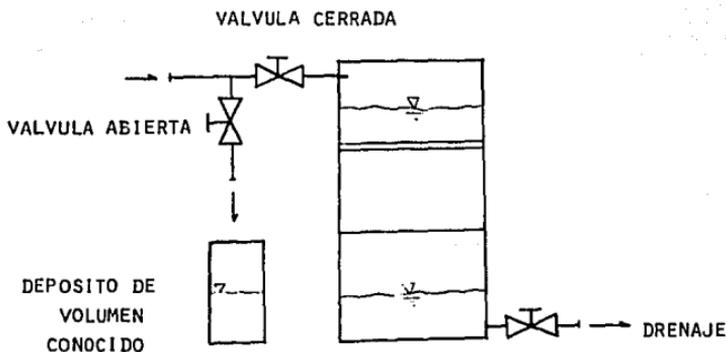


FIG. 2.8

POR ÚLTIMO, EL DEPOSITO DE RECEPCIÓN DE DESCARGA ESTÁ PROVISTO DE UN TUBO DE SALIDA CON LAS MISMAS CARACTERÍSTICAS QUE LOS ANTERIORES CON SU RESPECTIVA VÁLVULA EL CUAL VA DIRECTAMENTE AL DRENAJE MUNICIPAL.

LAS VÁLVULAS EMPLEADAS SON DE TIPO AGUJA, YA QUE SE PUEDE CONTROLAR CON GRAN PRECISIÓN EL GASTO QUE PASA A TRAVÉS DE ELLAS.

PARA NIVELAR EL MODELO, SE EMPLEÓ UN NIVEL DE BURBUJA Y AUXILIANDONOS DE PEQUEÑAS CALZAS SE LOGRÓ QUE ESTE QUEDARA COMPLETAMENTE HORIZONTAL.

NO FUE NECESARIO ANCLAR EL MODELO DEBIDO A SU PESO, QUE ES ALREDEDOR DE 50 KG.

2.3 ACCESORIOS

LOS ACCESORIOS A LOS QUE SE HACE REFERENCIA EN ESTE PUNTO SON AQUELLOS QUE SIRVIERON PARA EL CONTROL DEL GASTO, ASÍ COMO PARA LA TOMA DE LECTURAS.

PARA EL CONTROL DEL GASTO YA SE MENCIONÓ QUE SE EMPLEARON VÁLVULAS-DE AGUJA ADEMÁS DEL TANQUE DE CARGA CONSTANTE QUE SE MUESTRA EN LA FIGURA 2.9



FIG. 2.9

CABE MENCIONAR QUE ESTE TANQUE SOLO SE EMPLEÓ PARA EL ANÁLISIS A NÚMEROS DE REYNOLDS BAJOS DEBIDO A QUE NOS ENTREGA UN GASTO MÁXIMO DE $1.0 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ QUE EQUIVALE A UN NÚMERO DE REYNOLDS DE 200. DESPUÉS SE ALIMENTÓ POR MEDIO DE UNA BOMBA PARA CONTAR CON GASTOS - MAYORES.

PARA LA TOMA DE LECTURAS SE UTILIZARON:

- UN CRONÓMETRO
- PROBETA DE VOLÚMEN CONOCIDO

EN LA FIGURA 2.10 SE TIENE EL MODELO COMPLETAMENTE TERMINADO CON -- UNA REFERENCIA FÍSICA QUE PERMITE VER EL TAMAÑO REAL DEL MODELO. A LA IZQUIERDA DEL MODELO SE PUEDE OBSERVAR LA PROBETA EMPLEADA.



FIG. 2.10

CAPITULO III

ESTUDIO EXPERIMENTAL A NUMEROS DE REYNOLDS BAJOS

3.1 NOMENCLATURA Y ANALISIS DIMENSIONAL

PARTIENDO DEL ESCURRIMIENTO DE AGUA A TRAVÉS DE LA RANURA RECTANGULAR HORIZONTAL CON VALORES BAJOS DEL NUMERO DE REYNOLDS, DEFINIDO - MEDIANTE EL ANCHO DE LA RANURA Y LA VELOCIDAD MEDIA DEL AGUA A TRAVÉS DE ELLA, SE OBSERVA QUE AL AUMENTAR EL NÚMERO DE REYNOLDS LA CONFIGURACIÓN DEL FLUJO CAMBIA.

PARA DESCRIBIR LOS DIFERENTES TIPOS DE FLUJOS OBSERVADOS AL IR AUMENTANDO EL NÚMERO DE REYNOLDS (R) SE USA UNA NOMENCLATURA SIMILAR A LA PROPUESTA POR PRITCHARD [3] PARA EL ESTUDIO DE FLUJOS A BAJOS REYNOLDS EN EL EXTREMO DE UNA PLACA INCLINADA. EN ESTA NOMENCLATURA EL FLUJO EN GOTAS SE REPRESENTA CON LA LETRA G, LOS CHORROS CIRCULARES CON LA LETRA C, LOS CHORROS EN FORMA DE "Y" SE PRESENTAN -- CON DICHA LETRA, USÁNDOSE LA MINÚSCULA PARA CHORROS PEQUEÑOS Y LA MAYÚSCULA PARA LOS GRANDES. PARA LA CORTINA LÍQUIDA QUE NO SE PEGA A LAS PAREDES LATERALES DEL MODELO SE USA LA LETRA V, USÁNDOSE LA LETRA L PARA LA CORTINA PEGADA EN AMBAS PAREDES. UNA CORTINA DESPRENDIDA DE LA PARED IZQUIERDA SE INDICA CON $(1/2)L$ Y UNA DESPRENDIDA DE LA DERECHA CON $L(1/2)$. LA POSICIÓN RELATIVA DE LOS FLUJOS A LO LARGO DE LA RANURA Y EL NÚMERO DE VECES QUE ESTOS SE REPITEN SE INDICAN ESCRIBIENDO LA LETRA DE CADA FLUJO EN LA POSICIÓN CORRESPONDIENTE Y CON UN NÚMERO ANTEPUESTO QUE SEÑALA EL NÚMERO DE VECES QUE DICHS FLUJOS SE REPITEN. ASÍ POR EJEMPLO, EL FLUJO REPRESENTADO POR:

1c, 2y, 2c

ES UN FLUJO QUE VISTO DE FRENTE, Y DE IZQUIERDA A DERECHA, TIENE UN CHORRO CIRCULAR, DOS CHORROS EN Y, PARA TERMINAR CON DOS CHORROS -- CIRCULARES. DICHO FLUJO SE OBSERVA EN LA FIGURA 3.1.

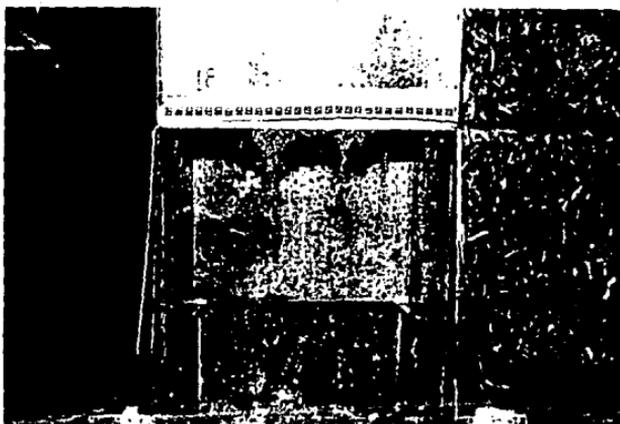


FIG. 3.1

UNA FLECHA ENTRE DOS LETRAS INDICA UNA CONFIGURACIÓN INESTABLE. POR EJEMPLO, EL FLUJO:

$1\gamma - v, 1\gamma$

REPRESENTA UN CHORRO EN γ INESTABLE QUE EN MOMENTOS SE TRANSFORMA EN v , Y UN CHORRO EN γ ESTABLE.

EL SUBÍNDICE P INDICA QUE EL FLUJO CORRESPONDIENTE SE ENCUENTRA PEGADO A LA PARED Y QUE SOLO ES LA MITAD DEL MISMO FLUJO FUERA DE LA PARED. EN LA FIGURA 3.2 SE OBSERVA UNA γ_p DEL LADO IZQUIERDO, DICHO FLUJO PRESENTA LA SIGUIENTE CONFIGURACIÓN:

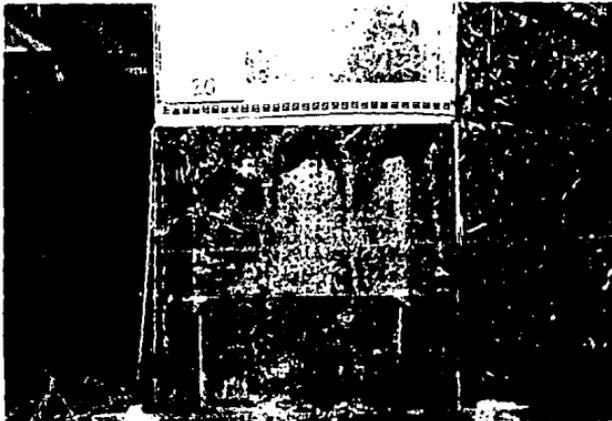
 $\gamma_p, 1\gamma, 1c - \gamma, 1\gamma$


FIG. 3.2

ANALISIS DIMENSIONAL .-

VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA DESCARGA:

VARIABLE	SIMBOLO	DIMENSIONES
LARGO DE LA RANURA (CONSTANTE)	A	(L)
ANCHO DE LA RANURA	B	(L)
TIRANTE DE CARGA	H	(L)
GRAVEDAD DE LA TIERRA	G	(L T ⁻²)
VELOCIDAD DEL LIQUIDO A TRAVES DEL ORIFICIO	V	(L T ⁻¹)
DENSIDAD	ρ	(M L ⁻³)
VISCOSIDAD	μ	(M L ⁻¹ T ⁻¹)
TENSION SUPERFICIAL	σ	(M T ⁻²)

SE SELECCIONAN 3 VARIABLES REPETITIVAS, DADO QUE SE TIENEN
3 DIMENSIONES:

$$V, \rho, B$$

SE OBTIENEN LO PARAMETROS Π :

$$\Pi_1 = V^{x1} \rho^{y1} B^{z1} A$$

$$\Pi_2 = V^{x2} \rho^{y2} B^{z2} H$$

$$\Pi_3 = V^{x3} \rho^{y3} B^{z3} G$$

$$\Pi_4 = V^{x4} \rho^{y4} B^{z4} \mu$$

$$\Pi_5 = V^{x5} \rho^{y5} B^{z5} \sigma$$

DESARROLLANDO LOS PARÁMETROS Π EN SUS DIMENSIONES:

$$\Pi_1 = (L T^{-1})x_1 (M L^{-3})y_1 (L)z_1 (L)$$

$$x_1 - 3y_1 + z_1 + 1 = 0$$

$$-x_1 = 0$$

$$y_1 = 0$$

SUSTITUYENDO:

$$\Pi_1 = L / L = A / B$$

(FACTOR DE FORMA)

DE DONDE: $x_1=0$, $y_1=0$, $z_1=-1$

$$\Pi_2 = (L T^{-1})x_2 (M L^{-3})y_2 (L)z_2 (L)$$

$$x_2 - 3y_2 + z_2 + 1 = 0$$

$$-x_2 = 0$$

$$y_2 = 0$$

SUSTITUYENDO:

$$\Pi_2 = L / L = H / B$$

(FACTOR DE FORMA)

DE DONDE: $x_2=0$, $y_2=0$, $z_2=-1$

$$\Pi_3 = (L T^{-1})x_3 (M L^{-3})y_3 (L)z_3 (L T^{-2})$$

$$x_3 - 3y_3 + z_3 + 1 = 0$$

$$-x_3 - 2 = 0$$

$$y_3 = 0$$

SUSTITUYENDO:

$$\Pi_3 = (L T^{-1})^{-2} (L) (L T^{-2})$$

$$\Pi_3 = V^{-2} B G$$

$$\Pi_3 = V^2 / B G$$

DE DONDE: $x_3=-2$, $y_3=0$, $z_3=1$

CONOCIDO COMO EL NÚMERO DE FROUDE (F)

$$F = V^2 / B G$$

$$\Pi_4 = (L T^{-1})x^4 (M L^{-3})y^4 (L)z^4 (M L^{-1} T^{-1})$$

$$x^4 - 3y^4 + z^4 - 1 = 0$$

$$-x^4 \quad \quad \quad -1 = 0$$

$$y^4 \quad \quad \quad +1 = 0$$

DE DONDE: $x_4 = -1$, $y_4 = -1$, $z_4 = -1$

SUSTITUYENDO:

$$\Pi_4 = (L T^{-1})^{-1} (M L^{-3})^{-1} (L)^{-1} (M L^{-1} T^{-1})$$

$$\Pi_4 = V^{-1} \rho^{-1} B^{-1} \mu$$

$$\Pi_4 = V B \rho / \mu$$

CONOCIDO COMO EL NÚMERO DE REYNOLDS (RE)

$$RE = V B \rho / \mu$$

$$\Pi_5 = (L T^{-1})x^5 (M L^{-3})y^5 (L)z^5 (M T^{-2})$$

$$x^5 - 3y^5 + z^5 = 0$$

$$-x^5 \quad \quad \quad -2 = 0$$

$$y^5 \quad \quad \quad +1 = 0$$

DE DONDE: $x_5 = -2$, $y_5 = -1$, $z_5 = -1$

SUSTITUYENDO:

$$\Pi_5 = (L T^{-1})^{-2} (M L^{-3})^{-1} (L)^{-1} (M T^{-2})$$

$$\Pi_5 = V^{-2} \rho^{-1} B^{-1} \nabla$$

$$\Pi_5 = V^2 \rho B / \nabla$$

CONOCIDO COMO EL NÚMERO DE WEBER (W)

$$W = V^2 \rho B / \nabla$$

3.2 CONFIGURACIONES BASICAS

EN EL EXPERIMENTO SE FUE VARIANDO EL NÚMERO DE REYNOLDS PROGRESIVAMENTE AUMENTANDO EL GASTO DE ENTRADA. LA ABERTURA DE LA RANURA "B" - TAMBIÉN SE VARIÓ, TOMÁNDOSE LOS VALORES DE 0.4, 0.8 Y 1.2 MM.

EL CAMBIO DE UN TIPO DE CONFIGURACIÓN A OTRO DEPENDE TANTO DEL REYNOLDS COMO DE LA ABERTURA DE LA RANURA. EN LAS TABLAS DEL PUNTO 3.3 SE RESUMEN LOS RESULTADOS Y NOS PERMITE ESTIMAR ENTRE QUE VALORES DE REYNOLDS SE TENDRÁN LAS DIFERENTES CONFIGURACIONES. DE HECHO, -- LOS REYNOLDS DE TRANSICIÓN NO ESTÁN MUY BIEN DEFINIDOS, POR LO QUE SE HABLARÁ DE RANGOS DE TRANSICIÓN PARA REYNOLDS MENORES QUE UN VALOR COMPRENDIDO ENTRE 20 Y 30, E INDEPENDIEMENTE DE LA ABERTURA QUE SE TENGA EN LA RANURA, EL FLUJO ES EN GOTAS ÚNICAMENTE. ESTE -- FLUJO SE ILUSTRA EN LA FIGURA 3.3

PARA NÚMEROS DE REYNOLDS MAYORES QUE EL VALOR ANTERIOR Y MENORES QUE UN VALOR COMPRENDIDO ENTRE 120 Y 130 SE TENDRÁ UNA COMBINACIÓN DE GOTAS Y CHORROS PARA LAS 3 ABERTURAS DADAS EN EL EXPERIMENTO. EL NÚMERO DE GOTAS Y CHORROS Y SU POSICIÓN ES MUY VARIADO COMO PUEDE NOTARSE EN LA TABLA 1-3.

UN EJEMPLO DE ESTE TIPO DE FLUJOS SE MUESTRA EN LA FIGURA 3.4. SI EL ESCURRIMIENTO SE OBSERVA DESDE LA PARTE SUPERIOR DEL DEPÓSITO (2)

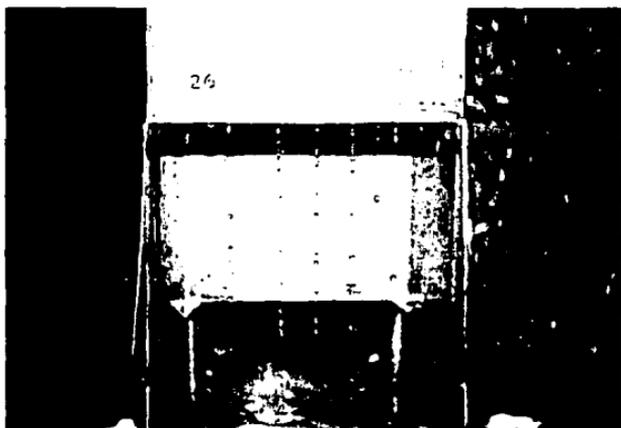


FIG. 3,3



FIG. 3.4

(VER FIGURA 2.2) SE NOTAN UNOS VÓRTICES DE EJE VERTICAL EN LOS PUNTOS DONDE SE TIENEN CHORROS.

SI EL REYNOLDS AUMENTA AÚN MÁS, ALGUNOS DE LOS CHORROS PIERDEN ESTABILIDAD, SE JUNTAN Y FORMAN CHORROS EN "Y" Y COMO SE ILUSTRAN EN LA FIGURA 3.5 LA Y (PEQUEÑA) PIERDE A SU VEZ ESTABILIDAD Y PUEDE FORMAR Y (GRANDE). TANTO LAS Y'S COMO LAS Y'S PRESENTAN VARIACIONES CON EL TIEMPO EN SU FORMA DE UNA MANERA ALEATORIA. PARECE SER TAMBIÉN ALEATORIA LA POSICIÓN RELATIVA DE LOS DIFERENTES TIPOS DE CHORROS A LO LARGO DE LA RANURA. MUCHAS VECES LOS CHORROS ANTERIORES MUESTRAN GIRO EN SENTIDO CONTRARIO AL DE LAS MANECILLAS DEL RELOJ. ESTE TIPO DE FLUJOS SE LOGRA TENER HASTA QUE EL NÚMERO DE REYNOLDS ALCANZA UN VALOR COMPRENDIDO ENTRE 400 Y 450, TAMBIÉN INDEPENDIENTEMENTE DE LA ABERTURA QUE SE TENGA PARA LA RANURA. SI EL NÚMERO DE REYNOLDS PASA DE 450 APROXIMADAMENTE, LOS CHORROS CIRCULARES DESAPARECEN POR COMPLETO Y SE PRESENTAN AHORA FLUJOS EN "Y" Y EN "V" HASTA UN CIERTO REYNOLDS QUE DEPENDE DE LA ABERTURA.

PARA $b = 0.4$ MM. Y $b = 0.8$ MM, EL VALOR ES DE 625, MIENTRAS QUE PARA $b = 1.2$ MM. ES DE 750 APROXIMADAMENTE.

EN LA FIGURA 3.6 SE MUESTRA ESTE TIPO DE FLUJO.

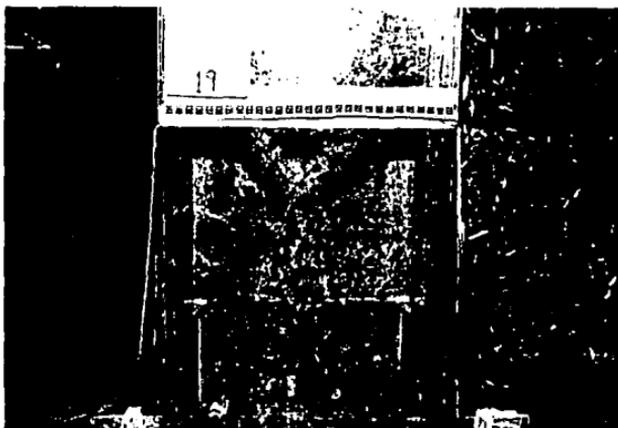


FIG. 3.5

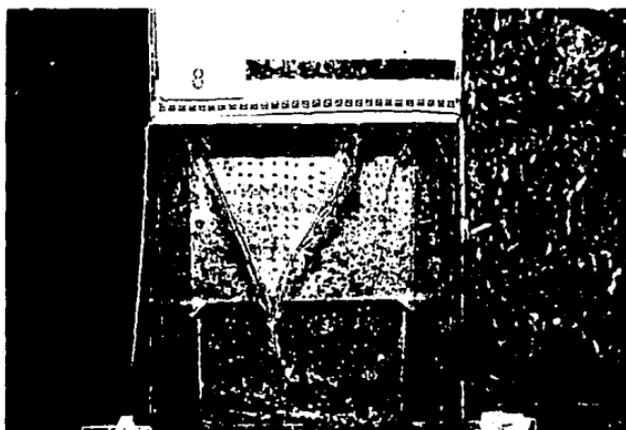


FIG. 3.6

SI SE SIGUE AUMENTANDO EL REYNOLDS SE LOGRA TENER UN FLUJO EN "v" - EXCLUSIVAMENTE. DICHO FLUJO SE SOSTIENE HASTA UN REYNOLDS DE APROXIMADAMENTE 800 PARA $b = 0.4$ MM. Y DE 1,000 PARA $b = 0.8$ MM. Y --- $b = 1.2$ MM. LA FIGURA 3.7 ILUSTR A UN FLUJO DE ESTE TIPO; LOS BORDES LATERALES DE LA V SON CHORROS CIRCULARES.

UN AUMENTO MÁS EN EL REYNOLDS HACE QUE UNO DE LOS BORDES DEL FLUJO EN "v" SE PEGUE FORMANDO UN FLUJO $(1/2)L$ O $L(1/2)$. ESTOS ÚLTIMOS-FLUJOS SE TIENEN PARA LAS CONDICIONES DE LAS FIGURAS 3.8 Y 3.9 RESPECTIVAMENTE.

FINALMENTE, PARA REYNOLDS MAYORES QUE 1,000 SI $b = 0.4$ MM., QUE --- 1,200 SI $b = 0.8$ MM. Y QUE 2,000 SI $b = 1.2$ MM., SE FORMA UNA CORTINA LÍQUIDA COMO LA MOSTRADA EN LA FIGURA 3.10. SI EL FLUJO SE ENCUENTRA CERCA DE LOS LÍMITES SEÑALADOS POR LOS REYNOLDS ANTERIORES- LA CORTINA ES MUY INESTABLE PUDIÉNDOSE TENER LAS POSIBILIDADES --- $L - (1/2)L$, $L - L(1/2)$ O $L - V$.

UN RESULTADO IMPORTANTE QUE SE NOTA EN LAS TABLAS 1-3 ES QUE PARA - EL MISMO REYNOLDS Y LA MISMA ABERTURA SE PUEDEN OBSERVAR VARIOS TIPOS DE FLUJOS. ESTO ILUSTR A LA MULTIPLICIDAD DE SOLUCIONES QUE --- PUEDAN TENERSE EN ESTOS ESCURRIMIENTOS.

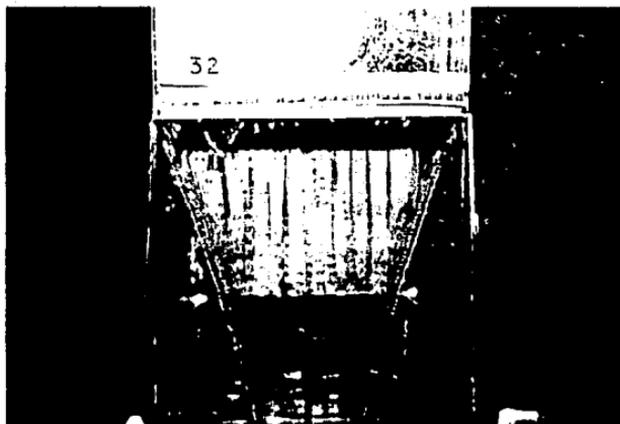


FIG. 3.7

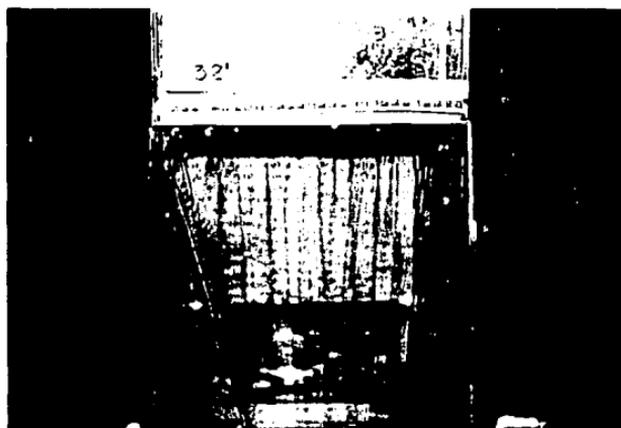


FIG. 3.8



FIG. 3.9

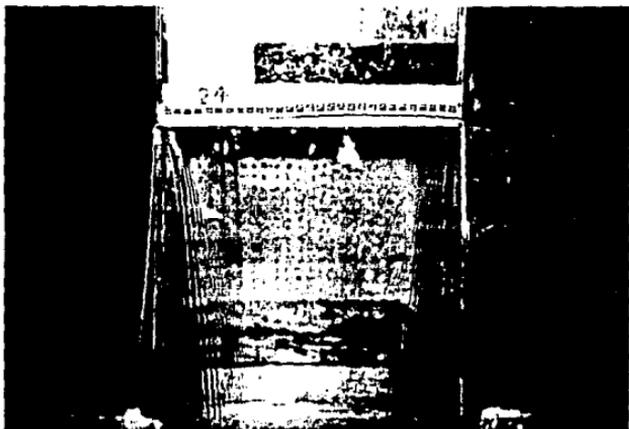


FIG. 3.10

3.3 RESULTADOS

TABLA 1

ABERTURA B=0.4 MM.

RE. PROGRESIVO.	CONFIGURACION
15.1	2G,1G- C,3G
25.89	3G,1G- C,2C,1G
41.38	1G,3C,3G
41.38	3G,3C,2G
57.45	1G,5C,2G
60.58	2G,7C,1G
60.58	7C,1G
76.0	2G,5C,4G
92.83	10C,1G
97.16	1G,8C
101.28	4C,1G,3C
116.88	13C,1G- C
144.3	3C,4C- y,2C- y,3C
159.4	1C,4C- y,y -5C,1C
190.88	1C,3C- y,1y,2C
192.6	2C,2y- C,5C
198.51	3C,1y,1C,1y,2C
198.51	1C,2C- y,3C
239.3	1C,3C- y,4C- y,2C- y
292.4	2y,4C- y,1C
323.2	1y,2y- V,y -4C,2C- y
343.9	1y,2C- y,3C- y,2C
382.66	2y- Y,4C- y,2C
456.5	1Y,1y- V,1y
496.3	1y- V,1y
549.2	1V,1y
613.27	1y,1V,1y
626.37	1V,2y
666.5	1V
707.4	1y- V,2y
720.0	1V
772.3	1V
836.4	(1/2)L
913.8	(1/2)L
948.7	(1/2)L
1173.0	1L

TABLA 2

ABERTURA B=0,8 MM.

RE. PROGRESIVO.	CONFIGURACION
10.6	2G
20.9	7G
49.74	4C,4G
60.0	1G,3C,3G,1C
80.85	1G- C,8C,1G
110.66	6C,1G,2C,1G
123.8	7C,1G- C,1G
201.0	1C,1y,3C- y,3C
201.0	1C,2y- Y,2C
231.0	1y,3C
254.6	1C,1Y -2C,1C
288.3	1C,2y,1C
333.2	1y,2y- Y,1y -2C
449.2	1y,2Y,1y
514.5	1y- Y,1Y,1y
566.0	1y- V -1y
625.0	1y- Y,1Y- 2y,1y
663.3	1V
745.0	1V
750.2	1V
790.0	1V
841.5	1V
987.5	1V
1014.0	1V
1087.3	(1/2)L
1164.5	L(1/2)
1232.8	1L
1344.0	1L
1349.0	1L

TABLA 3

ABERTURA B=1,2 MM.

RE, PROGRESIVO.	CONFIGURACION
9.25	3G
16.7	5G
29.76	5G,2G~ C,3G
36.9	3C,1G
50.7	1G~ C,3C,1G
63.13	1G,1G~ C,5C,1G
68.71	3G,3C,3G
68.71	2G,8C
81.0	8C,1G
89.5	1C,1G~ C,2C,1G
100.81	2G~ C,7C
116.83	6G,1G~ C,1C,1G
130.4	1C,3C~ y,1y,2C,1G
130.86	3C,2G~ y,4C
146.9	1C,1y,3C
158.4	1y ~2C,2C~ y
170.23	1C,4C~ y,4C~ y,1C
185.4	1C,1y,3C~ y,2C
196.7	2C,1Y,2C
196.7	1C,2y~ Y,1y,1C
228.0	2C~ y,1y,3C~ y,1C
255.3	1C~ y,1y ~1C,1C,3C~ y,1C
282.1	1C,1y,3C~ y,2C
305.76	1y,1y ~2C
343.5	1y,1Y,1C,1y,1C
354.0	1y~ Y,1C,1y,1C
406.22	1C,2y,1C
442.9	1y,2Y,1C
462.3	1y,1Y,3y
605.6	1y,2Y ~1V,1y
716.8	1V ~1y
756.5	1V
874.2	1V
876.58	1V
946.9	1V~ (1/2)L
1032.0	(1/2)L
1152.67	(1/2)L
1255.18	(1/2)L
2122.24	1L
2371.92	1L

TABLA 4 ABERTURA B=0.4 MM.

Re.	G	C	Y O Y	V	(1/2)L	L(1/2)	L
15	4-1						
26	7-1						
41	4-0	3-0					
57	3-0	5-0					
61	3-0	7-0					
76	6-0	5-0					
93	1-0	10-0					
97	1-0	8-0					
101	1-0	7-0					
117	0-1	13-0					
144		6-6					
159		2-9					
191		3-3	1-0				
193		7-2					
198		6-0	2-0				
239		1-9					
292		1-4	2-0				
323		0-6	3-0				
344		2-5	1-0				
383		2-4	2-0				
457			2-1				
496			1-1				
549			1-0	1-0			
613			2-0	1-0			
626			2-0	1-0			
667				1-0			
707			2-1				
720				1-0			
772				1-0			
836					1-0		
914					1-0		
949					1-0		
1173							

TABLA 5 ABERTURA B=0.8 MM.

RE.	G	C	Y o Y	V	(1/2)L	L(1/2)	L
11	2-0						
21	7-0						
50	4-0	4-0					
60	4-0	4-0					
81	1-1	8-0					
111	2-0	8-0					
124	1-1	7-0					
201		4-3	1-0				
231		3-0	1-0				
255		2-2					
288		2-0	2-0				
333		1-0	3-0				
390		0-2	3-0				
449			4-0				
515			3-3				
566			2-0				
625			4-0				
663				1-0			
745				1-0			
790				1-0			
842				1-0			
988				1-0			
1014				1-0			
1087					1-0		
1165						1-0	
1233							1-0
1344							1-0

TABLA 6 ABERTURA B=1.2 MM.

RE.	G	C	γ o Y	V	(1/2)L	L(1/2)	L
9	3-0						
17	5-0						
30	8-2						
37	1-0	3-0					
51	0-1	4-0					
63	2-1	5-0					
68	2-0	8-0					
41	1-0	8-0					
90	1-1	3-0					
101	0-2	7-0					
116	7-1	1-0					
130	1-0	3-3	1-0				
147		4-0	1-0				
158		0-4	2-0				
170		2-8					
185		3-3	1-0				
197		4-0	1-0				
228		1-5	1-0				
255		2-5					
282		3-3	1-0				
305		0-2	1-0				
143		2-0	3-0				
384		2-0	2-0				
400		2-0	2-0				
443		1-0	3-0				
462			5-0				
505			2-2				
716			0-1				
756				1-0			
874				1-0			
947				0-1			
1035					1-0		
1032					1-0		
1152					1-0		
1255					1-0		
2122							1-0
2371							1-0

CAPITULO IV

ESTUDIO EXPERIMENTAL A NUMEROS DE REYNOLDS MEDIOS

4.1 VISUALIZACION DEL FLUJO CERCA DE LA RANURA DE DESCARGA

EN ESTE CAPÍTULO SE ANALIZA EL COMPORTAMIENTO DEL LÍQUIDO CUANDO SE APROXIMA A LA RANURA DE DESCARGA, TENIENDO SIEMPRE UN TIRANTE DE CARGA COMO SE MUESTRA EN LA FIGURA 4.1.

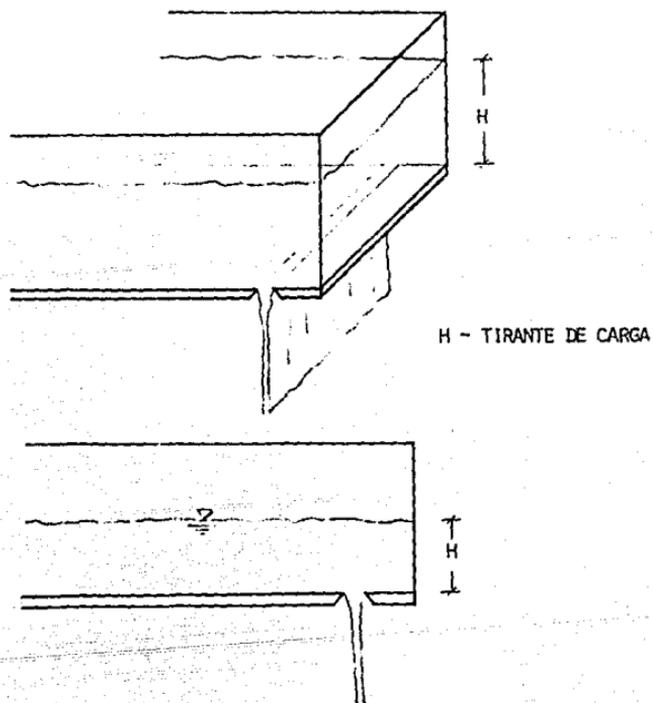


FIG. 4.1

PARA ESTE ESTUDIO, SE TOMARON LAS TRES ABERTURAS EMPLEADAS EN EL CAPÍTULO NO. 3 (0.4, 0.8 Y 1.2 MM.).

LA PRIMERA OBSERVACIÓN FUE UNA SERIE DE VÓRTICES SUPERFICIALES - QUE APARECEN Y DESAPARECEN CONTINUAMENTE. PARA PODER VISUALISAR ESTOS VÓRTICES FUE NECESARIO CONTAR CON UN PEINE PARA INYECTAR - TINTA A LO LARGO DEL FLUJO. ESTE PEINE SE CONSTRUYÓ CON AGUJAS - DE JERINGA ACOPLADAS A UN TUBO DE MANGUERA DE 1/2" DE DIÁMETRO , EL CUAL EN SUS EXTREMOS SE LE ADAPTÓ DOS ÉBOLOS (FIGURA 4.2).

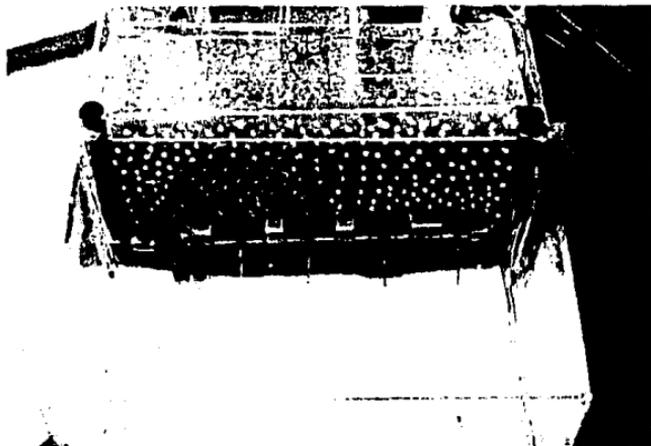


FIG. 4.2

ESTE PEINE PERMITE INYECTAR TINTA A DIFERENTES NIVELES DEL TIRANTE DE CARGA Y CON ESTO PODER SEGUIR DE CERCA EL DESARROLLO DE LOS VÓRTICES. PARA VISUALIZAR EL FLUJO EN EL FONDO DEL DEPÓSITO (2) - (VER FIGURA 2.2) SE EMPLEÓ PERMANGANATO DE POTASIO, Y PARA VISUALIZAR EL COMPORTAMIENTO DEL LÍQUIDO EN LA SUPERFICIE SE UTILIZÓ TALCO.

AL OBSERVAR EL FLUJO CON LA TINTA, A CIERTO TIRANTE Y DEPENDIENDO DE LA ABERTURA QUE SE TENGA EN LA RANURA LOS VÓRTICES SUPERFICIALES DESAPARECEN. EN LA TABLA 1 SE PRESENTAN LAS CONDICIONES PARA LAS CUALES EXISTE EL FENÓMENO.

LA SEGUNDA COLUMNA DE LA TABLA SE REFIERE AL TIRANTE DE CARGA EN EL CUAL LOS VÓRTICES SE PUEDEN OBSERVAR SUPERFICIALMENTE, A TIRANTES MAYORES LOS VÓRTICES SUPERFICIALES DESAPARECEN. EN LA TABLA 2 SE PRESENTAN LAS CONDICIONES EN LAS CUALES SE HICIERON LAS PRUEBAS DE VISUALIZACIÓN.

LOS VÓRTICES OBSERVADOS DURANTE LA PRUEBA PRESENTAN UN PERÍODO DE FORMACIÓN, ES DECIR EL TIEMPO EN QUE NACEN, CRECEN, ADQUIEREN SU MÁXIMA INTENSIDAD Y DESPUÉS DESAPARECEN. EN LA TABLA 3 PODEMOS OBSERVAR ESTOS RESULTADOS.

LOS VÓRTICES QUE SE FORMAN PARA LAS ABERTURAS DE 0.8 Y 1.2 MM. -- PRESENTAN UN DESPLAZAMIENTO DE TRASLACIÓN A LO LARGO DE LA RANURA,

ASÍ COMO UNA SERIE DE ESTRÍAS EN LA CORTINA LÍQUIDA QUE SE DESPLAZA A LA PAR DE LOS VÓRTICES. EN LAS FIGURAS 4.3 Y 4.4 SE MUESTRAN LOS VÓRTICES SUPERFICIALES Y LAS ESTRÍAS QUE ESTOS FORMAN EN LA -- CORTINA RESPECTIVAMENTE.



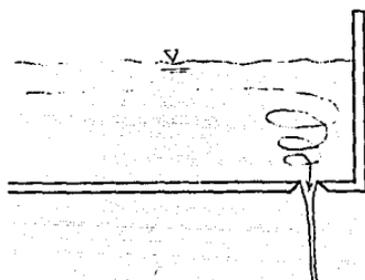
FIG. 4.3



FIG. 4.4.

DURANTE LA VISUALIZACIÓN SE DECIDIÓ OBSERVAR Y TRATAR DE SEGUIR - UNA PARTÍCULA QUE VIAJA A DIFRENTES NIVELES DEL TIRANTE DE CARGA (CERCA DE LA SUPERFICIE, A MEDIO TIRANTE, EN LA SUPERFICIE Y AL FONDO DEL RECIPIENTE). PARA LAS TRAYECTORIAS OBSERVADAS CERCA DE LA SUPERFICIE Y A LA MITAD DEL TIRANTE, SE EMPLEÓ TINTA Y ESTAS - SE MUESTRAN EN LA FIGURA 4.5.

PARTÍCULA VIAJANDO
CERCA DE LA SUPER-
FICIE,



PARTÍCULA VIAJANDO
A MEDIO TIRANTE,

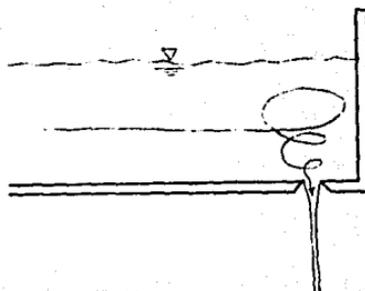
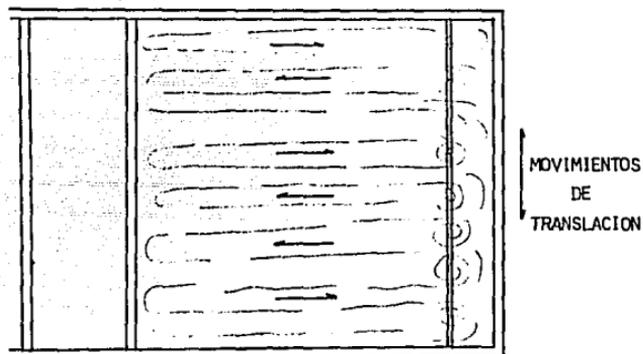


FIG. 4.5

LOS MOVIMIENTOS DEL FLUÍDO EN LA SUPERFICIE DEL FLUJO, ADEMÁS DE -
LOS MOVIMIENTOS DE TRASLACIÓN DE LOS VÓRTICES SOBRE LA RANURA DE -
DESCARGA QUE PROVOCAN LA UNIÓN DE VARIOS VÓRTICES PARA ALCANZAR SU
MÁXIMA INTENSIDAD, SON MOVIMIENTOS ALTERNADOS DE IDA Y REGRESO, --
COMO SE PUEDE OBSERVAR EN LA FIGURA 4.6.



MOVIMIENTOS ALTERNADOS

FIG. 4.6

COMO SE HA DICHO, LOS MOVIMIENTOS DE TRASLACIÓN PROVOCAN LA UNIÓN DE VARIOS VÓRTICES LOS CUALES DESAPARECEN EN LOS EXTREMOS DE LA-RANURA DE DESCARGA. A CONTINUACIÓN SE MUESTRAN 2 FIGURAS EN LAS-CUALES SE OBSERVA LA ZONA DONDE LOS VÓRTICES DESAPARECEN (FIGURAS 4.7 Y 4.8).



FIG. 4.7



FIG. 4.8

PARA LA VISUALIZACIÓN DE LA TRAYECTORIA DE LAS PARTÍCULAS QUE VIAJAN EN EL FONDO DEL RECIPIENTE, EN LA CUAL SE EMPLEÓ PERMANGANATO DE POTASIO, SE PUDO OBSERVAR QUE TODO EL FLUJO VA DIRECTAMENTE A LA RANURA DE DESCARGA SIN PRESENTAR NINGUNA PERTURBACIÓN (FIGURA - 4.9)

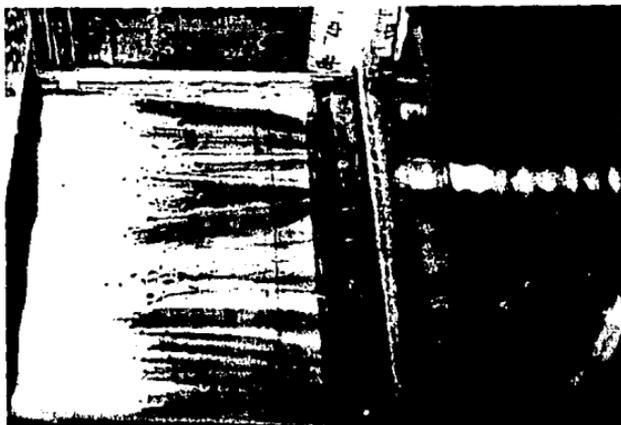


FIG. 4,9

SE PUEDE CONCLUIR PARA ESTA VISUALIZACIÓN QUE SE HA HECHO QUE EL -
NÚMERO DE VÓRTICES QUE SE PRESENTAN A LO LARGO DE LA RANURA DE DES-
CARGA ES IGUAL AL NÚMERO DE ESTRÍAS QUE SE TIENEN EN LA CORTINA DE
LÍQUIDO. DEBEMOS TAMBIÉN MENCIONAR QUE NO TODOS LOS VÓRTICES QUE-
SE TIENEN A LO LARGO DE LA RANURA DE DESCARGA SON SUPERFICIALES, -
ES DECIR LOS VÓRTICES SUPERFICIALES SON LOS QUE TIENEN MAYOR INTEN-
SIDAD.

4.2 UNA APROXIMACION TEORICA

LA MECÁNICA DE LOS FLÚIDOS, ASÍ COMO LA HIDRAÚLICA BUSCAN ESENCIALMENTE LA PREDICCIÓN DE LOS MOVIMIENTOS REALES DE UN LÍQUIDO, INTEGRANDO CONVENIENTES ECUACIONES DIFERENCIALES, UNA VEZ QUE SE HAN FIJADO LAS CONDICIONES DE FRONTERA. ADEMÁS, PARA FACILITAR LA SOLUCIÓN DE ESTOS PROBLEMAS SE INTRODUCEN TÁCTICAMENTE VARIAS HIPÓTESIS INTUITIVAS, COMO LAS SIGUIENTES:

- PEQUEÑAS CAUSAS PRODUCEN PEQUEÑOS EFECTOS.
- CAUSAS SIMÉTRICAS PRODUCEN EFECTOS DOTADOS DE LA MISMA SIMETRÍA.
- PROBLEMAS MATEMÁTICOS SUGERIDOS POR IDEAS FÍSICAS INTUITIVAS SON BIEN PLANTEADOS.

EN NUESTRO CASO, EL DESAGUE DE UN RECIPIENTE PROVISTO DE UN ORIFICIO RECTANGULAR TIPO RANURA EN EL FONDO, SE PUEDE OBSERVAR ESPECIALMENTE ESTO:

- CON GRANDES CARGAS, LA SUPERFICIE DEL LÍQUIDO SE MANTIENE PRÁCTICAMENTE HORIZONTAL, SIN QUE SE MANIFIESTE NINGÚN MOVIMIENTO APRECIABLE DE EVENTUALES PARTÍCULAS FLOTANDO.
- PARA CARGAS MENORES, COMIENZA APARECIENDO UNA SERIE DE DEPRESIONES CÓNICAS EN TORNO A LAS CUALES LAS PARTÍCULAS FLOTANTES GIRAN.

- AL REDUCIRSE AÚN MÁS EL TIRANTE, LAS DEPRESIONES TIENDEN A ESTIRARSE HACIA ABAJO EN FORMA DE EMBUDO HASTA ALCANZAR LA RANURA DE DESCARGA. LA VELOCIDAD GIRATORIA DE LAS PARTÍCULAS AUMENTA ---- SIEMPRE MÁS Y EL VÓRTICE LAS ENGULLE POCO A POCO.

COMO MENCIONA EL PROFESOR ENZO LEVI [1], LA ÚNICA CAUSA POSIBLE EN CUALQUIER CONDICIÓN Y LOCALIDAD ES LA ROTACIÓN DE LA TIERRA; LA -- HIPÓTESIS ES VIEJA Y MUY CONOCIDA.

HACE AÑOS, EL INVESTIGADOR BIESEL [4] LA RECORDÓ, JUSTIFICÁNDOLA - CON SUS CÁLCULOS SEGÚN LOS CUALES BASTARÍA UNA ROTACIÓN SUMAMENTE- DÉBIL, INICIALMENTE DIFUNDIDA EN LA MASA DEL FLUÍDO PARA CREAR UN- MOVIMIENTO DE ROTACIÓN INTENSO. SIN EMBARGO, NO DEJÓ DE SEÑALAR - ALGUNAS FUERTES OBJECIONES, COMO AQUELLA DE QUE EL VÓRTICE DE ---- HECHO NO ES CONSTANTE COMO EN NUESTRO CASO, YA QUE FRECUENTEMENTE- NACE, CRECE, ADQUIERE UNA GRAN INTENSIDAD Y DESPUÉS SE EXTINGUE -- PARA COMENZAR DE NUEVO.

ÉN EL MODELO, LA INTENSIDAD SE ADQUIERE DEBIDO AL DESPLAZAMIENTO - DE TRASLACIÓN QUE PROVOCA LA UNIÓN DE DOS Y MÁS VÓRTICES HASTA DE- SAPARECER EN LOS EXTREMOS DE LA RANURA DE DESCARGA.

ÉN LA FIGURA 4.10 SE MUESTRA EL FENÓMENO EN EL QUE LA VENA ACELERA DA QUEDA EN EL FONDO Y EL VÓRTICE NACE POR ENCIMA.

DEPRESION CONICA CON VENA ACELERADA EN EL FONDO

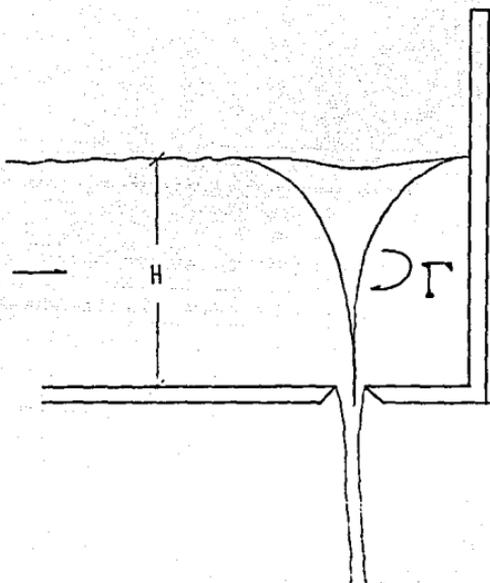


FIG. 4.10

EL PROFESOR ENZO LEVI [1] MENCIONA UN PRINCIPIO SOBRE LA FORMACIÓN DE LOS VÓRTICES, EN EL CUAL NOS DICE: "FLUJOS ACELERADOS CONTÍ -- GUOS A UNA MASA DE FLUÍDO TRANQUILO PUEDEN CREAR EN ELLA VÓRTICES-- TANTO MÁS INTENSOS, CUANTO MAYOR ES SU ACELERACIÓN".

ESTE PRINCIPIO ES VÁLIDO PARA EL ESTUDIO SI SE CONSIDERA QUE LA -- MASA DE FLUÍDO TRANQUILO ES EL QUE SE APROXIMA A LA RANURA DE DES-- CARGA, Y EL FLUJO ACELERADO EL QUE SE ESTÁ DESCARGANDO.

4.3 RESULTADOS

TABLA 1

ABERTURA (MM)	TIRANTE CON VORTICES SUPERFICIALES	GASTO (M ³ /s)	RE.
0.4	0.02 m.	8.357×10^{-5}	165
0.8	0.04 m.	1.660×10^{-4}	328
1.2	0.05 m.	3.090×10^{-4}	610

TABLA 2

ABERTURA (MM)	TIRANTE MEDIO DE VISUALIZACION	GASTO (M ³ /s)	RE.
0.4	0.01 m.	4.980×10^{-5}	98
0.8	0.02 m.	1.520×10^{-4}	300
1.2	0.025 m.	1.850×10^{-4}	365

TABLA 3

ABERTURA (MM)	TIRANTE	PERIODO DE FORMACION	Re.
0.4	0.01 m.	FORMACION DE LOS VORTICES CONTINUA. *	98
0.8	0.02 m.	2 A 3 SEGUNDOS.	300
1.2	0.025 m.	5 A 6 SEGUNDOS.	365

* LA FORMACIÓN DE LOS VÓRTICES ES CONTÍNUA DEBIDO A QUE SE ESTA TRABAJANDO CON UN NÚMERO DE REYNOLDS BAJO Y POR CONSIGUIENTE SE PRESENTA UNA CONFIGURACIÓN DE C'S Y Y'S.

CAPITULO V

COEFICIENTE DE DESCARGA

5.1 ECUACION GENERAL DE LOS ORIFICIOS

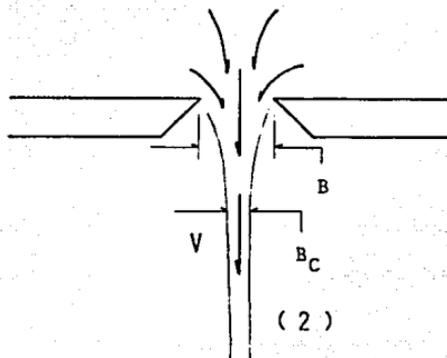
EN ESTE CAPÍTULO SE ANALIZAN EN DETALLE LAS POSIBLES PÉRDIDAS QUE SE PUEDAN PRESENTAR DURANTE LA DESCARGA DE LÍQUIDO A TRAVÉS DEL ORIFICIO RECTANGULAR TIPO RANURA.

PARTIENDO DE UN RECIPIENTE LLENO DE LÍQUIDO, EN NUESTRO CASO AGUA, - EN CUYO FONDO SE HA PRACTICADO UN ORIFICIO DE PEQUEÑAS DIMENSIONES - (EN COMPARACIÓN CON SU PROFUNDIDAD "H") Y CUALQUIER FORMA, ADEMÁS DE UNA ÁREA "A". EL ORIFICIO DESCARGA UN GASTO "Q" CUYA MAGNITUD SE DEBE CALCULAR, PARA LO CUAL SE SUPONE QUE EL NIVEL DEL AGUA EN EL RECIPIENTE PERMANECE CONSTANTE POR EFECTO DE LA ENTRADA DE UN GASTO IDENTICO AL QUE SALE; O BIEN PORQUE POSEA UN VOLÚMEN MUY GRANDE. ADEMÁS, EL ÚNICO CONTACTO ENTRE EL LÍQUIDO Y LA PARED DEBE SER ALREDEDOR DE UNA ARISTA AFILADA (BISEL DE LAS PLACAS), ESTO ES EL ORIFICIO ES DE PARED DELGADA.

LAS PARTÍCULAS DEL LÍQUIDO EN LA PROXIMIDAD DEL ORIFICIO SE MUEVEN APROXIMADAMENTE EN DIRECCIÓN AL CENTRO DEL MISMO, DE MODO QUE POR EFECTO DE SU INERCIA, LA DEFLEXIÓN BRUSCA QUE SUFREN PRODUCE A LO LARGO DE LA RANURA UNA SERIE DE CONTRACCIONES COMO SE MUESTRA EN LA FIGURA 5.1.

EFFECTO DE CONTRACCION

(1)



V - VELOCIDAD MEDIA.

FIG. 5.1

PODEMOS CONSIDERAR EL ÁREA DEL ORIFICIO DEFINIDA COMO:

$$A_o = A \times B$$

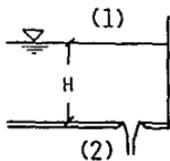
Y UNA ÁREA PROMEDIO CONTRAÍDA:

$$A_c = A \times B_c$$

DONDE: B_c - ES LA SECCIÓN CONTRAÍDA PROMEDIO, LA CUAL ES MUY DIFÍCIL DE MEDIR FÍSICAMENTE.

EN LA SECCIÓN CONTRAÍDA LA VELOCIDAD DE LAS PARTÍCULAS ES PRÁCTICAMENTE UNIFORME Y CON UN VALOR MEDIO "V".

SUPONIENDO UN PLANO DE REFERENCIA QUE COINCIDA CON EL CENTRO DE GRAVEDAD DEL ORIFICIO, LA APLICACIÓN DE LA ECUACIÓN DE BERNOULLI ENTRE LAS SECCIONES (1) Y (2) DE UNA VENA LÍQUIDA ADEMÁS DE CONSIDERAR DESPRECIABLE LA LLEGADA AL ORIFICIO CONDUCE AL SIGUIENTE DESARROLLO:



$$Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} = Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma}$$

DONDE: $Z_1=H$; $Z_2=0$; $P_1=P_2=P$ ATM.

$$V_1=0 \rightarrow H=CTE.$$

POR LO TANTO: $H = \frac{V^2}{2g}$ ----- (5.A)

DONDE SE HA DESPRECIADO EL PEQUEÑO DESNIVEL ENTRE LOS CENTROS DE GRAVEDAD DEL ORIFICIO Y DE LA SECCIÓN CONTRAÍDO. DE AQUÍ SE OBTIENE:

$$V = \sqrt{2 g H} \text{ ----- (5.B)}$$

LA ECUACIÓN SE LLAMA DE TORRICELLI E INDICA QUE LA VELOCIDAD SIGUE -- UNA LEY PARABÓLICA CON LA PROFUNDIDAD Y EN ESTE CASO LA VELOCIDAD MEDIA SE CALCULA CON LA PROFUNDIDAD MEDIA DEL ORIFICIO Y CORRESPONDE A SU CENTRO DE GRAVEDAD, NO OBSTANTE QUE LAS VELOCIDADES DE LAS PARTÍCULAS ARRIBA DE ESTE PUNTO SON MENORES Y ABAJO MAYORES.

LOS RESULTADOS OBTENIDOS SI SE HICIERA EXPERIMENTALMENTE SOLO SE CORRIJEN MEDIANTE UN COEFICIENTE "Cv" LLAMADO DE VELOCIDAD, EN LA FORMA:

$$V_R = C_v \sqrt{2 g H} \text{ ----- (5.c)}$$

DONDE: V_R - VELOCIDAD MEDIA REAL.

ESTE COEFICIENTE DE VELOCIDAD "Cv" CORRIGE EL ERROR DE NO CONSIDERAR -- LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA Y SU VALOR ES MUY PRÓXIMO A 1.

SI EL ÁREA DE LA SECCIÓN CONTRAÍDA SE CALCULA EN TÉRMINOS DE LA DEL -- ORIFICIO, POR MEDIO DE UN COEFICIENTE Cc LLAMADO DE CONTRACCIÓN, EN LA FORMA:

$$A_c = C_c A_o \text{ ----- (5,D)}$$

PODEMOS DECIR QUE EL GASTO DESCARGADO POR EL ORIFICIO ES ENTONCES:

$$Q = V_R A_c$$

DONDE: $Q = C_c C_v A_o \sqrt{2 g H} \text{ ----- (5,E)}$

POR LO QUE SE PUEDE DEFINIR EL COEFICIENTE DE DESCARGA COMO:

$$C_D = C_v C_c$$

QUEDANDO LA ECUACIÓN (5,E) COMO SIGUE:

$$Q = C_D A_o \sqrt{2 g H} \text{ ----- (5,F)}$$

CONOCIDA COMO LA ECUACIÓN GENERAL DE LOS ORIFICIOS.

CONVIENE ACLARAR QUE EN LAS ECUACIONES ANTERIORES SE CONSIDERÓ "H" - COMO EL DESNIVEL ENTRE LA SUPERFICIE LIBRE Y EL CENTRO DE GRAVEDAD - DEL ORIFICIO. ESTO RESULTÓ DE CONSIDERAR DESPRECIABLE LA VELOCIDAD - DE LLEGADA AL ORIFICIO Y QUE LA PRESIÓN SOBRE LA SUPERFICIE LIBRE -- CORRESPONDE A LA ATMOSFÉRICA. CUANDO ELLO NO ACONTECE, "H" CORRES - PONDE A LA ENERGÍA TOTAL; ESTO ES , A LA SUMA DE LA PROFUNDIDAD DEL

ORIFICIO, DE LA CARGA DE VELOCIDAD DE LLEGADA Y DE LA CARGA DE PRESIÓN SOBRE LA SUPERFICIE DEL AGUA:

$$E = H + \frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma}$$

5.2 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA DESCARGA

EN ESTE PUNTO SE HABLA EN TÉRMINOS GENERALES DE LOS FACTORES QUE --
AFECTAN AL FLUÍDO EN EL MOMENTO DE LA DESCARGA.

PODEMOS MENCIONAR ALGUNOS DE ESTOS FACTORES:

1. GRAVEDAD DE LA TIERRA
2. DENSIDAD DEL FLUÍDO
3. VISCOSIDAD DEL FLUÍDO
4. AREA DE DESCARGA
5. CARGA APLICADA AL FLUÍDO

COMO SE VIÓ EN EL PUNTO 5.1, ESTOS FACTORES RELACIONADOS ENTRE SI --
PERMITEN OBTENER PARÁMETROS QUE NOS REPRESENTAN LAS CONDICIONES DEL-
PROCESO DE DESCARGA, COMO SON:

1. VELOCIDAD MEDIA DE DESCARGA
2. GASTO REAL DESCARGADO

ESTOS PARÁMETROS SON AFECTADOS POR DOS COEFICIENTES BÁSICAMENTE:

CV - COEFICIENTE DE VELOCIDAD
CC - COEFICIENTE DE CONTRACCIÓN

EXISTE UN TERCER COEFICIENTE LLAMADO DE EFECTOS POR VISCOSIDAD, EL CUAL NO LO CONSIDERAMOS EN NUESTRO ESTUDIO DEBIDO A QUE SE TRABAJÓ CON NÚMEROS DE REYNOLDS MEDIOS.

NUMERICAMENTE LOS EFECTOS PROVOCADOS POR LOS FACTORES QUE AFECTAN LA DESCARGA, ASÍ COMO POSIBLES PÉRDIDAS SON REPRESENTADOS GLOBALMENTE POR EL COEFICIENTE DE DESCARGA C_d .

EL COEFICIENTE DE DESCARGA, ASÍ COMO LOS YA MENCIONADOS, SE OBTIENEN EXPERIMENTALMENTE. EN ESTE ESTUDIO SOLO SE OBTENDRÁ EL COEFICIENTE DE DESCARGA.

5.3 OBTENCION EXPERIMENTAL DEL COEFICIENTE DE DESCARGA

PARTIENDO DE LA ECUACIÓN (5.F), EN LA CUAL OBSERVAMOS QUE EL COEFICIENTE DE DESCARGA ESTÁ EN FUNCIÓN DE TRES VARIABLES (GASTO "Q", -- ÁREA DEL ORIFICIO "A" Y TIRANTE DE CARGA "H"), SE PUEDE VARIAR UNA DE ELLAS FIJANDO LOS VALORES DE LAS OTRAS DOS.

EN ESTE CASO LAS VARIABLES QUE SE ELIGEN PARA FIJAR SU VALOR SON EL ÁREA DEL ORIFICIO Y EL TIRANTE DE CARGA, PARA LOS CUALES SE OBTIENE UNA LECTURA DE GASTO.

COMO SE MENCIONÓ EN EL CAPÍTULO II, LA MEDICIÓN DE GASTO SE HACE -- POR MEDIO DE UN RECIPIENTE DE VOLÚMEN CONOCIDO EN EL CUAL SE TOMA EL TIEMPO EN EL QUE ÉSTE SE LLENA.

PRIMERO SE FIJARON LAS ABERTURAS DE LA RANURA CON LAS CUALES SE OBTENDRÍA CIERTA ÁREA DE ACUERDO A LAS CARACTERÍSTICAS DEL MODELO. LAS ABERTURAS SON LAS SIGUIENTES:

ABERTURA "b" (m.)	AREA DEL ORIFICIO $A \times b$ (m^2) ($A = 0.29 \text{ m.}$)
0.4×10^{-3}	1.16×10^{-4}
0.8×10^{-3}	2.32×10^{-4}
1.2×10^{-3}	3.48×10^{-4}

ABERTURA "B" (M.)

AREA DEL ORIFICIO AXB (M²)

(A = 0.29 M.)

1.6 X 10⁻³4.64 X 10⁻⁴2.0 X 10⁻³5.80 X 10⁻⁴2.4 X 10⁻³6.96 X 10⁻⁴

POR ÚLTIMO SE ELIGEN LOS VALORES DEL TIRANTE DE CARGA, LOS CUALES VAN DE 0 A 7 CMS., VARIANDO DE 0.5 EN 0.5 CMS., POR LO QUE SE TIENEN 14 VALORES DE TIRANTE DE CARGA PARA CADA ÁREA DEL ORIFICIO.

LAS MEDICIONES EXPERIMENTALES SE REALIZAN DE LA SIGUIENTE FORMA:

- SE FIJA LA ABERTURA DE LA RANURA OBTENIÉNDOSE CIERTA ÁREA.
- SE APLICA UN GASTO PARA LLEGAR AL TIRANTE DESEADO.
- UNA VEZ CON EL FLUJO ESTABLE SE TOMA LA LECTURA DE GASTO.

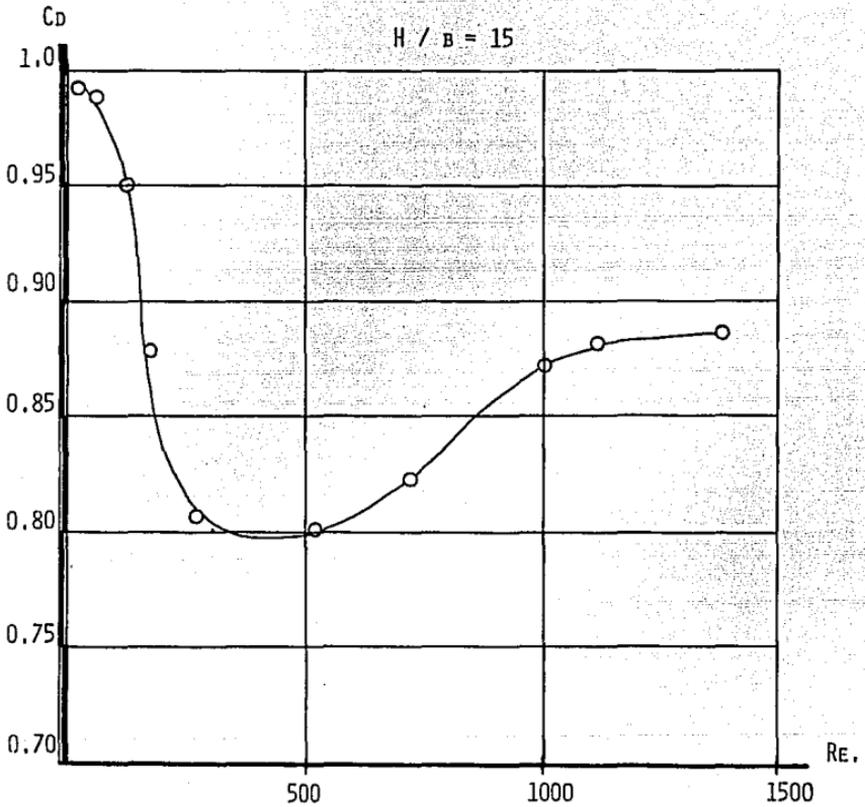
SE REALIZARON APROXIMADAMENTE 450 MEDICIONES DE GASTO PARA OBTENER-- 84 VALORES DEL COEFICIENTE DE DESCARGA.

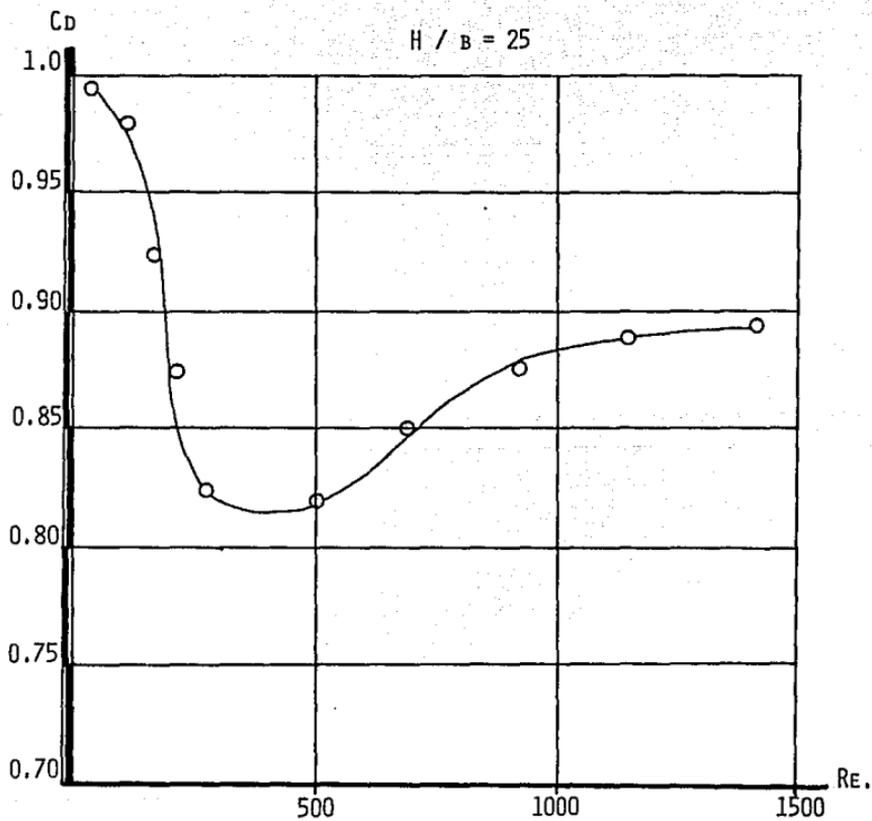
UNA VEZ CON LOS DATOS COMPLETOS, SE PENSÓ EN PRIMERA INSTANCIA REALIZAR UNAS GRÁFICAS DE NÚMERO DE REYNOLDS CONTRA COEFICIENTE DE DESCARGA PARA CADA ABERTURA, OBTENIENDO GRÁFICAS POCO REPRESENTATIVAS.

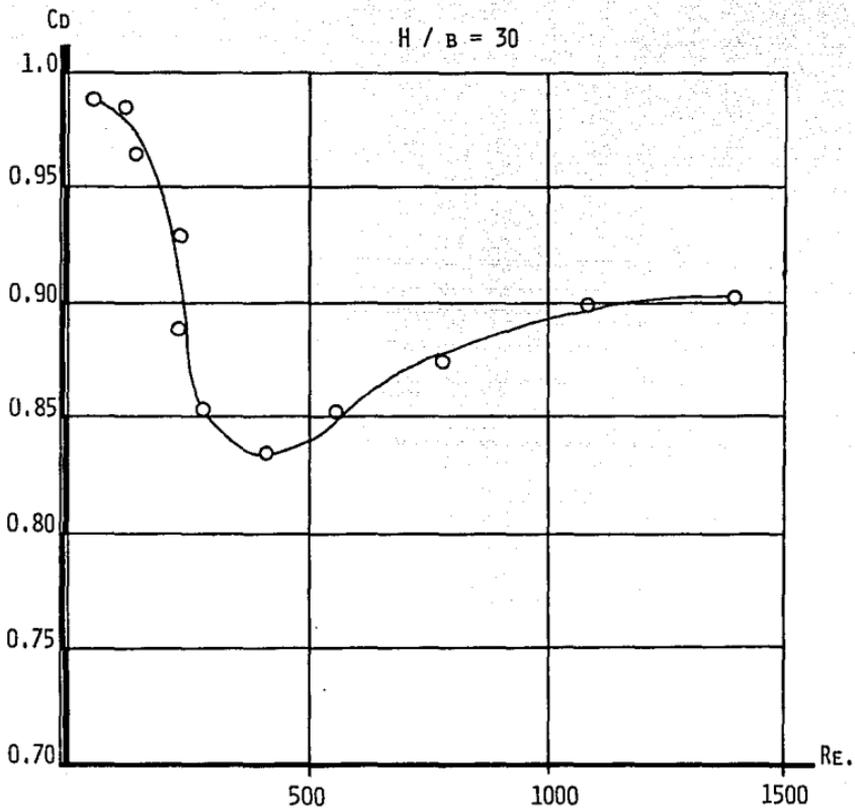
HUBO LA NECESIDAD DE APLICAR LOS PARÁMETROS ADIMENSIONALES OBTENIDOS EN EL CAPÍTULO III, CON LOS CUALES SE REALIZARON DOS GRÁFICAS: UNA EN LA QUE SE APLICA EL FACTOR DE FORMA H/B Y LA OTRA CON EL FACTOR DE FORMA A/B . ESTOS FACTORES SE APLICAN CON RELACIÓN AL NÚMERO DE REYNOLDS Y EL COEFICIENTE DE DESCARGA.

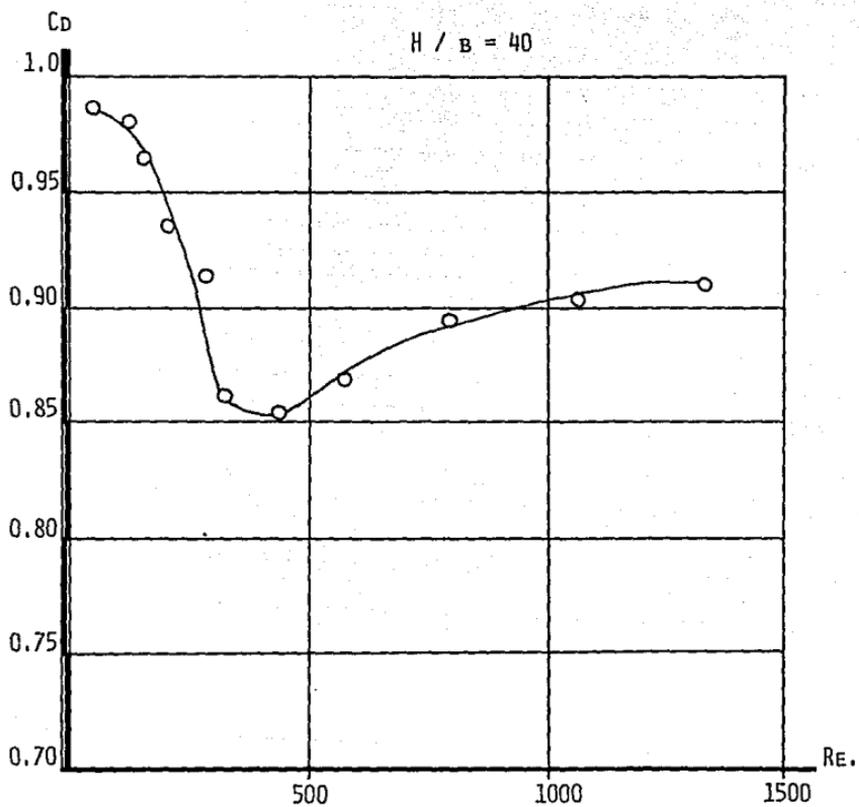
POR FACILIDAD Y REPRESENTATIVIDAD SOLO SE TRABAJÓ CON EL NÚMERO DE REYNOLDS DESCARTANDO EL USO DEL NÚMERO DE FROUDE (F) Y EL NÚMERO DE WEBER (W).

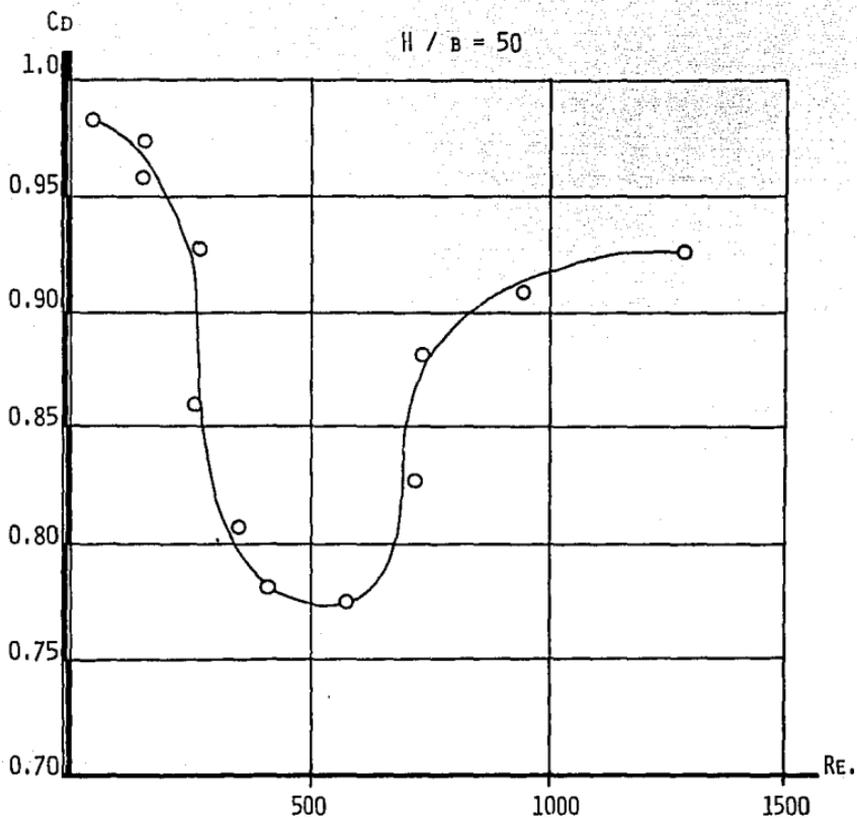
5.4 RESULTADOS

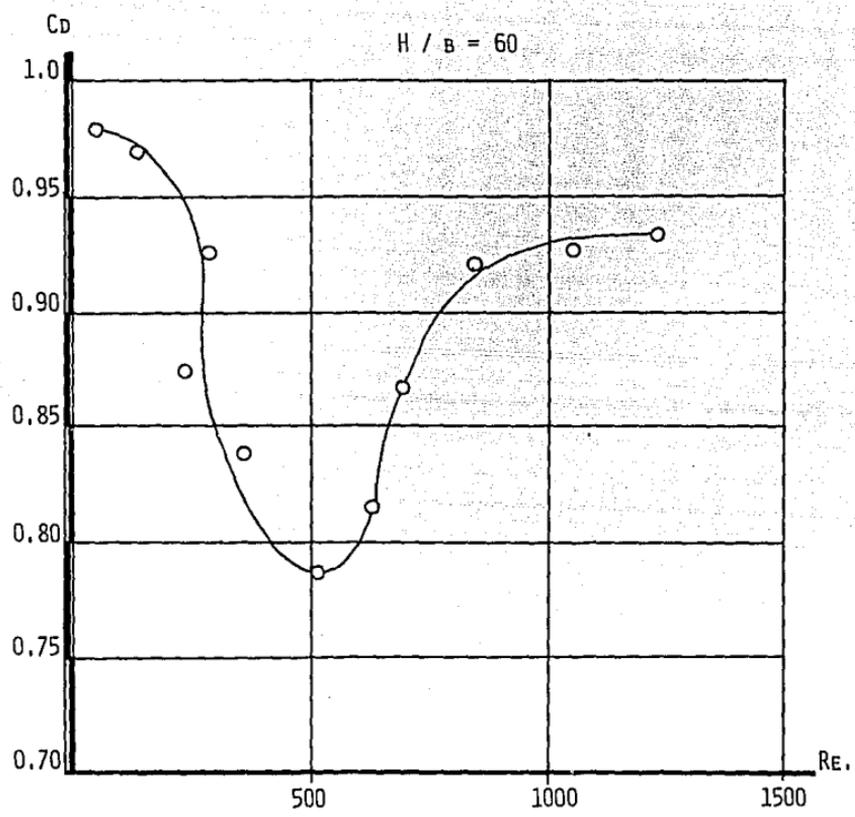
SE GRÁFICA C_d \forall Re \forall $\beta = H/B$ (FACTOR DE FORMA)

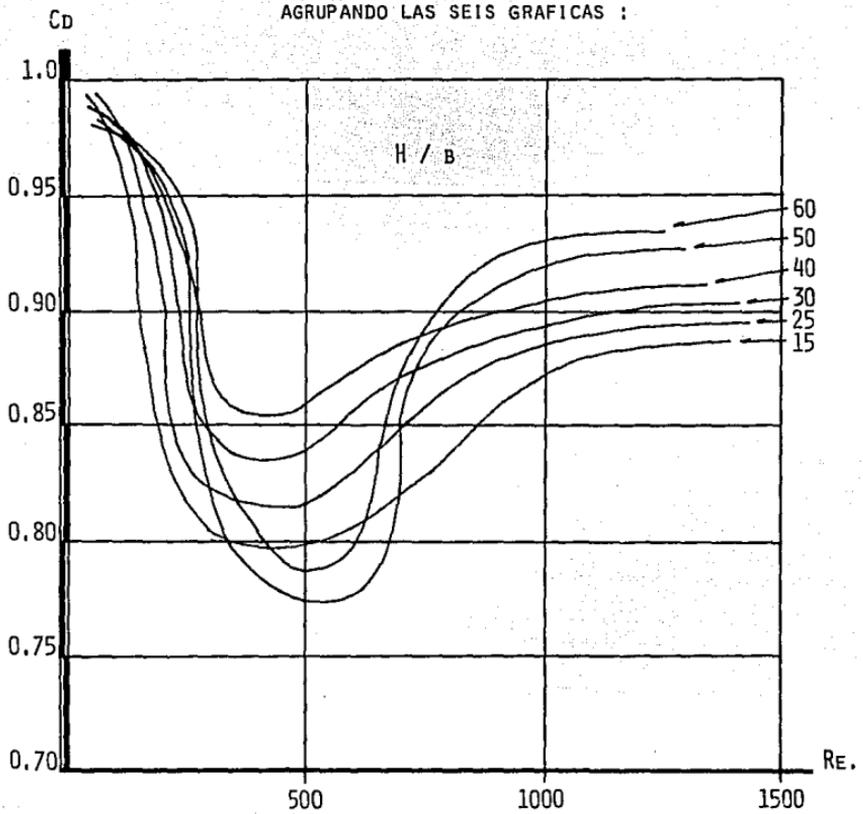




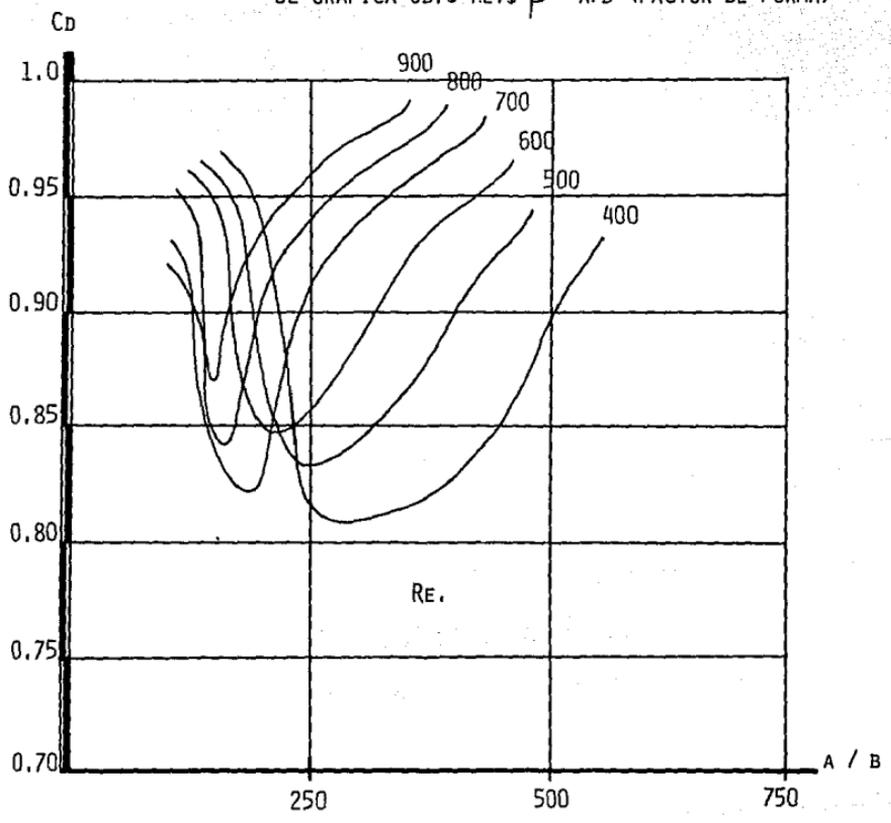








SE GRAFICA C_D Y Re Y $\beta = A/B$ (FACTOR DE FORMA)



COMENTARIOS

LAS GRÁFICAS ANTERIORES PRESENTAN UNA SERIE DE VARIACIONES EN EL COEFICIENTE DE DESCARGA DE ACUERDO A LAS CONDICIONES EN LAS CUALES SE ESTE TRABAJANDO.

ESTAS VARIACIONES SE ENCUENTRAN EN UN RANGO COMPRENDIDO ENTRE 0.77 - Y 0.98.

COMO SE PUEDE OBSERVAR, EL COMPORTAMIENTO PARA CADA FACTOR DE FORMA H/B PRESENTA UNA TENDENCIA A VALORES BAJOS ALREDEDOR DE UN REYNOLDS IGUAL A 500, LO QUE REPRESENTA UNA ZONA DE ALTAS PÉRDIDAS. DESPUÉS DE ESTA ZONA, EL COEFICIENTE DE DESCARGA TIENDE A ESTABILIZARSE APROXIMADAMENTE A 0.90 PARA REYNOLDS MAYORES DE 1000.

EN EL CASO DEL FACTOR DE FORMA $H/B=50$ Y $H/B=60$ SE TIENE UN BRINCO PARA UN REYNOLDS DE 500 APROXIMADAMENTE, LO CUAL HACE QUE ESTAS CURVAS SE SALGAN DEL RITMO ESTABLECIDO POR LAS CUATRO CURVAS ANTERIORES SIN PERDER LA TENDENCIA YA MENCIONADA.

PARA LA ÚLTIMA GRÁFICA SE APLICA EL FACTOR DE FORMA A/B Y SE PUEDE OBSERVAR QUE LA ZONA DE MAYOR PÉRDIDA SE PRESENTA EN LA CURVA PARA

UN REYNOLDS IGUAL A 400 Y UN FACTOR DE FORMA $A/B=300$ APROXIMADAMENTE.

EN ESTE CASO, SE OBSERVA TAMBIÉN UN BRINCO ENTRE LA CURVA PARA UN --
REYNOLDS IGUAL A 600 Y LA CURVA PARA UN REYNOLDS IGUAL A 700 SIN PER_
DER LA TENDENCIA DE LAS OTRAS CURVAS, ES DECIR, A REYNOLDS MENORES -
DE 600 EL COMPORTAMIENTO ES EL MISMO, ASÍ COMO PARA REYNOLDS MAYORES
DE 700.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

DE ACUERDO CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ANÁLISIS A NÚMEROS DE REYNOLDS BAJOS, SE PUDO OBSERVAR UNA GRAN DIVERSIDAD DE CONFIGURACIONES Y FLUJOS ALTAMENTE INESTABLES QUE DEPENDEN DEL NÚMERO DE REYNOLDS Y LA ABERTURA DE LA RANURA.

MUCHOS DE ESTOS FLUJOS PRESENTAN VARIACIONES TEMPORALES ALEATORIAS CON UNA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL TAMBIÉN ALEATORIA. NO OBSTANTE, SE PUEDEN SEÑALAR LOS RANGOS EN LOS NÚMEROS DE REYNOLDS, PARA LOS CUALES SE PRESENTAN LOS DIFERENTES TIPOS DE FLUJO.

POR OTRO LADO, CON RELACIÓN A LOS FENÓMENOS OBSERVADOS EN EL CAPÍTULO IV, SE PUEDE CONCLUIR QUE LA CORTINA DE LÍQUIDO ESTÁ CONSTITUIDA POR UNA SERIE DE ESTRÍAS ORIGINADAS POR VÓRTICES LONGITUDINALES, LAS CUALES LE DAN RIGIDEZ A LA CORTINA.

LAS ESTRÍAS ESTÁN DISTRIBUIDAS UNIFORMEMENTE A LOS LARGO DE LA CORTINA, PRESENTÁNDOSE TAMBIÉN ESTRÍAS QUE SE DESPLAZAN DEBIDO AL CONTÍNUO MOVIMIENTO DE VÓRTICES QUE PRESENTAN UN PERÍODO DE FORMACIÓN, EN EL CUAL CUMPLEN SU CICLO DE VIDA (NACEN, CRECEN, ADQUIEREN SU MÁXIMA INTENSIDAD Y DESAPARECEN).

POR LO QUE SE HA VISTO Y ANALIZADO, EL ESTUDIO DE LOS VÓRTICES ES MUY COMPLEJO, PERO SE PUEDE RESPETAR EL PRINCIPIO PLANTEADO POR - EL PROFESOR ENZO LEVI (1) EN SU TEORÍA DE LA FORMACIÓN DE LOS VÓRTICES.

POR ÚLTIMO, EL ANÁLISIS HECHO AL ORIFICIO QUE SE UTILIZÓ PARA FORMAR LA CORTINA ES DE GRAN UTILIDAD, DEBIDO A QUE PRÁCTICAMENTE NO EXISTE INFORMACIÓN RELACIONADA CON ORIFICIOS TIPO RANURA.

LA INFORMACIÓN QUE PRESENTAN VARIOS INVESTIGADORES SOLO SE CONCRETAN HA ESTUDIAR ORIFICIOS CIRCULARES Y MUY RARA VEZ ORIFICIOS RECTANGULARES CON FACTORES DE FORMA $A/B = 3$, ES DECIR, SON ORIFICIOS PRÁCTICAMENTE CUADRADOS, POR LO QUE LAS CARACTERÍSTICAS OBTENIDAS PARA ORIFICIOS CIRCULARES LAS APLICAN TAMBIÉN PARA ORIFICIOS CUADRADOS.

EN ESTUDIOS HECHOS POR EL DR. R.C. GROSE (2) OBTIENE COEFICIENTES DE DESCARGA CON VALORES MÁXIMOS DE 0.7 PARA ORIFICIOS CIRCULARES; EN NUESTRO CASO, EL COEFICIENTE DE DESCARGA MÁXIMO OBTENIDO ES DE 0.98, LO QUE NOS REPRESENTA UNA MAYOR EFICIENCIA.

CON ESTOS DATOS PODEMOS DECIR QUE AL APLICAR UN ORIFICIO TIPO RA-

NURA A UN PROCESO DE CONTROL DE FLUJO DE LÍQUIDOS REPRESENTA TENER MENORES PÉRDIDAS AUMENTANDO LA EFICIENCIA DEL MISMO.

LAS GRÁFICAS DEL COMPORTAMIENTO DEL FLUJO A TRAVÉS DE ORIFICIOS TIPO RANURA QUE SE PRESENTAN EN ESTA TESIS COMPLEMENTAN EL ESTUDIO Y SON DE GRAN UTILIDAD PARA CONSULTAS POSTERIORES.

REFERENCIAS

- [1] ENZO LEVI ; "LOS VÓRTICES EN LA HIDRÁULICA"
REVISTA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA EN
MÉXICO.
- [2] GROSE, R.D. ; "ORIFICE FLOW AT LOW REYNOLDS NUMBER"
JOURNAL OF PIPELINE, 3 (1983) 207-214
- [3] PRITCHARD, W.G. ; "INSTABILITY AND CHAOTIC BEHAVIOR IN
A FREE - SURFACE FLOW"
J. FLUID MECH. 165 (1986) PP 1-60
- [4] F. BIESEL ; "REFLEXIONS SUR LES VORTEX DE VIDANGE"
LA HOVILLE B. AÑO 1955

BIBLIOGRAFIA

- STREEFER / WYLIE - "MECÁNICA DE FLUÍDOS"
ED. MC. GRAW HILL SEXTA EDICIÓN 1983

- FRANK M. WHITE - "MECÁNICA DE FLUÍDOS"
ED. MC. GRAW HILL 1984

- CLAUDIO MATAIX - "MECÁNICA DE FLUÍDOS Y MÁQUINAS HIDRÁULICAS"
ED. HARLA 1970

- MARKS - "MANUAL DEL INGENIERO MECÁNICO"
ED. MC. GRAW HILL OCTAVA EDICIÓN

- SOTELO AVILA - "HIDRÁULICA GENERAL"
ED. LIMUSA