

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



## FACULTAD DE INGENIERÍA

ENSEÑANZA TEÓRICO EXPERIMENTAL DE LA  
MECÁNICA DE LOS FLUIDOS

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**PRESENTA**  
**JOSÉ RAMÍREZ ROJAS**

**ASESOR: DR. FRANCISCO J. SOLORIO ORDAZ**

**MÉXICO, D. F.**

**2009**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ENSEÑANZA TEÓRICO EXPERIMENTAL DE LA  
MECÁNICA DE LOS FLUIDOS**

**T E S I S**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PRESENTA**

**JOSÉ RAMÍREZ ROJAS**

**MÉXICO, D. F.**

**2009**

## AGRADECIMIENTOS

A Dios creador que lodo lo puede.

A mi esposa por su compañía y amor incondicional.

A mis hijos Carmen Priscila y José por su apoyo.

A la memoria de mis padres por su apoyo y enseñanzas que recibí.

A mis hermanas, hermanos y familiares

A mi nieta jenny

A Mis maestros

A mi director de tesis

## C O N T E N I D O

- 1.- Introducción.
- 2.- Enseñanza teórico experimental de la Mecánica de los Fluidos.
- 3.- El aula-laboratorio:
  - a) Auditorio.
  - b) Mesa de demostraciones y accesorios.
  - c) Dispositivos.  
Tabla comparativa (Dispositivos de origen de tesis y actualizados).
  - d) Anaqueles.
- 4.- Mecánica de fluidos aplicada, Ingeniería experimental e investigación:
  - a) Teoría con prácticas tipificadas.
  - b) Solución a problemas concretos con la ayuda de la ingeniería experimental.  
(Seminario de tesis).
  - c) Investigación básica.
- 5.- Conclusiones.  
Bibliografía.

## 1.- INTRODUCCION

La presentación de este trabajo se desarrolla en dos partes y se expone como sigue:

Primera parte.

Comprende las ideas, conceptos y objetivo de la tesis original, conservando la misma estructura, después se proporcionan los cambios realizados en el Aula-laboratorio, almacén y dispositivos en los siguientes aspectos:

Aula-laboratorio:

- Mejora el peralte de las butacas.
- Redistribución de las butacas.
- Se amplía la información del cálculo del alumbrado, se describe el tipo de lámpara y luminaria.
- Diseño de ventanales parte superior de las paredes laterales del local para dotarlo de luz natural.

Almacén:

Localizado originalmente dentro del Aula-laboratorio en el área posterior se reubica externamente en la parte anterior de la misma en un local específico.

Dispositivos:

- Se detallan todos sus componentes.

Segunda parte.

Se elabora una tabla comparativa que incluye los dispositivos originales de la tesis y los equipos actualizados describiendo sus características, sus posibilidades didácticas e investigación.

## DESCRIPCION DE LA PRIMERA PARTE

La elaboración de esta tesis fue realizada como parte de nuestra formación profesional. Los conceptos y trabajos descritos en esta tesis, son un aporte para mejorar la enseñanza de esta materia así como de otras. Por el diseño del aula tiene como objetivo optimizar el entendimiento y captación del conocimiento.

Son muchos los factores que intervienen en la obtención de un método adecuado para la presentación de los conceptos fundamentales de una asignatura básica como lo ha sido la Mecánica de los Fluidos.

Muchas instituciones técnicas y de nivel profesional en Latinoamérica, no han podido obtener un desarrollo pleno dentro de sus verdaderas funciones (enseñanza aprendizaje e investigación) y esto, en la mayoría de los casos es debido a problemas económicos que representa la adquisición del equipo adecuado para la enseñanza experimental, así como de los métodos pedagógicos que en muchos casos pueden resultar ineficientes y poco aptos para la etapa de desarrollo en que vive la humanidad.

Esta tesis tiene como objeto fundamental considerar estos factores y dar solución en gran medida a los aspectos antes mencionados referente a la enseñanza experimental de la Mecánica de los Fluidos.

A través de estudios realizados y teniendo como base la experiencia lograda por medio de la observación, los autores del presente trabajo han querido presentar a las instituciones educativas que lo necesiten esta propuesta referente a la enseñanza experimental de la Mecánica de los Fluidos.

Estamos seguros que esta tesis eliminaría en gran medida estas deficiencias de enseñanza y con las ideas aquí expuestas se lograría una mayor eficiencia en la enseñanza a nivel profesional.

## 2.- ENSEÑANZA TEORICO EXPERIMENTAL DE LA MECANICA DE LOS FLUIDOS.

Es de suma importancia para el ingeniero en la actualidad contar con las herramientas suficientes para resolver los problemas que se le presentan en el ejercicio de su profesión. Por lo tanto le corresponde a las universidades e instituciones técnicas de nivel superior dotar a sus estudiantes de la suficiente preparación tanto teórica como práctica, de tal forma que el egresado se adapte con mayor facilidad a su campo de trabajo.

En la formación del ingeniero, además de las matemáticas instrumento imprescindible de trabajo y de la física base de la ingeniería, han de intervenir las siguientes disciplinas fundamentales: mecánica de los cuerpos rígidos, mecánica de los cuerpos deformables o resistencia de materiales, termodinámica, transmisión del calor y mecánica de los fluidos.

Se ha observado que para lograr una mejor comprensión de los temas tratados en la mecánica de los fluidos, se requiere del auxilio primordial de un laboratorio equipado con los elementos necesarios que sirvan para demostrar a los alumnos los principios básicos de la asignatura, que es el fin que se persigue.

Con el propósito de lograr una mejor comprensión de los temas tratados en la mecánica de los fluidos, surgieron inmediatamente las ideas concernientes al método adecuado de presentación. Como se sabe, la mecánica de los fluidos es una asignatura que requiere siempre del auxilio de la experimentación, y es por ello, que la enseñanza misma debe estar complementada por un laboratorio de apoyo que sirva para lograr una mejor exposición y comprensión de los temas tratados.

La enseñanza actual de la mecánica de los fluidos esta formada de dos partes:

En la primera parte existe un maestro de teoría que expone todos los conceptos de la disciplina a un grupo de alumnos cuyo número promedio es de sesenta. La enseñanza del profesor consiste en presentar una serie de conceptos básicos, que generalmente no son comprendidos en ese instante por un grupo numeroso de alumnos, lo cuál no solo va en perjuicio de los mismos, sino también del nivel académico de la institución.

La segunda parte del proceso de enseñanza, consiste en llevar a los alumnos al laboratorio de la Facultad, donde se les divide en brigadas con otros maestros diferentes a los de teoría, y que desarrollarán la parte experimental del curso, y que en algunos casos no concuerda con la parte teórica.

En esta parte, se pretende que el alumno tome conciencia de los conocimientos obtenidos en la primera parte por medio de las prácticas, pero esto no siempre sucede, ya que en muchos de los casos se originan confusiones entre los alumnos, debido a la exposición distinta de los temas que hace el profesor de prácticas, lo cuál disminuye el interés y la participación en clase de los mismos, que llegan a considerar el laboratorio no como un ente primordial de su formación, sino como un requisito más para aprobar la materia.

El nuevo tipo de enseñanza, transformaría radicalmente el sistema anterior (actual), formando un orden que haría más interesante la participación del alumno en clase, y le ayudaría a adquirir una conciencia más sólida de los principios fundamentales que rigen la materia, así también contribuiría a despertar y fomentar la investigación en el alumno.

Esta técnica permitiría desarrollar en forma simultánea una enseñanza tanto teórica- práctica como masiva, sin incrementar el personal docente y presenta también dos partes:

En la primera se enseñan los fundamentos de las asignaturas, mecánica de fluidos I y mecánica de fluidos II, con la exposición teórico-experimental simultáneamente del profesor titular.

La segunda, será realizada únicamente por alumnos interesados en estos campos de la ingeniería, y que cursan los últimos años de su carrera. En esta última parte se da un enfoque de aplicación profesional, en que los mismos alumnos tendrán que participar activamente y por iniciativa propia, desarrollar su capacidad creadora a través de la Ingeniería Experimental, dedicando el tiempo necesario dentro del laboratorio sin exigencias de ninguna especie.

Técnica de la enseñanza teórico-experimental.

La primera parte de la enseñanza teórico-práctica, será realizada por un maestro de teoría, que impartirá los conceptos básicos de la materia, a un grupo de alumnos dentro de un aula, acondicionada especialmente con los elementos para una enseñanza tanto teórica como experimental. Dicha aula-laboratorio consta de las siguientes partes:

Un salón con capacidad máxima de cuarenta y dos alumnos, que permita la exposición de la clase y la observación simultánea de los experimentos.

Una mesa de demostraciones con salida de: agua, aire y aceite para la realización de los experimentos.

Un pizarrón y una pantalla, para la exposición teórica así como del material audio-visual respectivamente.

La exposición la hará el profesor sobre el pizarrón en la forma tradicional, y cuando se presente un tema que requiera la demostración inmediata de un fenómeno físico, éste se podrá realizar sobre la mesa preparada de antemano, haciendo uso de dispositivos pequeños a escala, o aparatos con los cuales se reproducirá el fenómeno en estudio. Si el fenómeno es más complicado, al grado que no pueda realizarse el experimento en el aula-laboratorio, entonces hará uso exhaustivo del material audiovisual, tantas veces como sea necesario dentro de la misma clase. En esta forma la exposición será directa de profesor al alumno, sin la intervención de los ayudantes que en muchas ocasiones desvirtúan los conceptos. Así, los alumnos comprenderían mejor los fenómenos físicos, y las bases



fundamentales en que se apoya la mecánica de los fluidos, y lo que es muy importante podrán fijar mejor las ideas de lo que son las leyes físicas y los desarrollos teóricos que de ellas se derivan.

La segunda parte se ofrecerá únicamente a los alumnos de mecánica de fluidos aplicada y tiene las siguientes variantes:

- a) Los profesores de mecánica de fluidos aplicada, podrán enviar a sus alumnos al laboratorio, para que obtengan las curvas características de las máquinas fluido dinámicas, cuando ya les hayan explicado el contenido de una práctica, estos serán atendidos por el personal del laboratorio que les facilitará los instrumentos necesarios y les darán únicamente explicación sobre el uso de las instalaciones.
- b) Ingeniería experimental. Únicamente para alumnos de seminarios de mecánica de fluidos y materias optativas relacionadas.

Aquí los alumnos tendrán la oportunidad de organizarse a semejanza de una empresa, para dar solución a un problema real de la industria o de las obras hidráulicas, y podrán investigar en el laboratorio por medio de modelos. Este trabajo tendrá valor de créditos o servicio social y podría servir también de tesis profesional, si el resultado es satisfactorio.

En la actual presentación de este trabajo se mejoran varios aspectos del Aula-laboratorio así como los dispositivos que originalmente se presentaron describiéndose estos a continuación.

#### Aula-laboratorio:

- Se proporciona la ecuación parabólica y los cálculos para obtener el peralte de los pisos donde van colocadas las butacas (Dibujos – vista en perspectiva, vista lateral y vista superior).
- Las butacas que forman bloques se separaron individualmente, de esta manera los alumnos sentados en las orillas no tengan que pararse para que pasen los que se encuentran en medio (Dibujos- vista lateral y vista superior).
- Localización del pizarrón y pantalla (Dibujo- vista anterior y vista lateral).
- Luminarias se detallaron los cálculos, se proporcionan tablas de: Niveles de iluminación, Factor de Utilización y Temperatura de color (Dibujos- vista superior y vista lateral).

#### Almacén:

- Los anaqueles que están ubicados en la parte posterior del salón ahora se trasladaron a un local externo en la parte anterior del salón para que los dispositivos de demostración o de pruebas se deslicen sobre un mismo nivel de piso y evitar que estos se suban por escalones (dibujos- los indicados en el Aula-laboratorio).

Dispositivos:

-Se proporciona un detallado dimensional de todos los componentes de los equipos (Dibujos- Isométrico y Vista lateral y/o Vista frontal y/o Vista superior).

Estos dispositivos que se describen para la demostración de los fenómenos relacionados con esta asignatura básica de la Mecánica de los Fluidos eran novedosos en ese tiempo, y no se disponía de la tecnología actual que ahora permite mejorar en muchos casos el ensayo, la demostración y la investigación.

### 3.- AULA-LABORATORIO

Auditorio. Para esta aula las necesidades que se toman en cuenta son las siguientes:

- Integrar la parte teórica y práctica de la Mecánica de Fluidos I y II.  
El salón que se diseña como Aula –laboratorio, servirá para que el maestro imparta su clase e inmediatamente lleve a cabo la realización de los experimentos, utilizando los aparatos y equipos relacionados con el tema tratado.
- Cantidad de alumnos: Esta comprobado que la relación de enseñanza profesor-alumno es mejor cuando el número de alumnos es menor, así la capacidad máxima para esta aula será de cuarenta y dos butacas.
- Optima visibilidad: de posición ocular y lumínica.

De posición ocular.

Para proporcionar buena visibilidad física al alumno desde cualquier butaca, estas se han distribuido en siete hileras, cada una tiene seis butacas. Entre cada hilera de butacas existe un desnivel de piso, para determinar estos se utilizó la siguiente ecuación parabólica.

$$Y^2 = X$$

La posición de estos desniveles, permitirán a los alumnos sentados desde su butaca observar la exposición del profesor, sin que interfiera el alumno que se encuentra adelante.

En esta ecuación, X tomará los valores que corresponden a los espacios de cada hilera de butacas, a cada valor dado de X se obtendrá el valor correspondiente Y que será la diferencia de desnivel entre cada piso de cada hilera de butacas.

Para integrar estos valores de X y de Y, se elaboró la siguiente tabulación.

$$Y^2 = X \quad Y = \sqrt{X}$$

Valores de X	$Y = \sqrt{X}$	Diferencia de cotas
$X_1 = 0.95$ mts.	$Y_1 = \sqrt{0.95} = 0.97$ mts.	
$X_2 = 1.90$ "	$Y_2 = \sqrt{1.90} = 1.37$ "	$Y_2 - Y_1 = (1.37 - 0.97)$ mts. = 0.40 mts.
$X_3 = 2.85$ "	$Y_3 = \sqrt{2.85} = 1.68$ "	$Y_3 - Y_2 = (1.68 - 1.37)$ " = 0.31 "
$X_4 = 3.80$ "	$Y_4 = \sqrt{3.80} = 1.94$ "	$Y_4 - Y_3 = (1.94 - 1.68)$ " = 0.26 "
$X_5 = 4.75$ "	$Y_5 = \sqrt{4.75} = 2.17$ "	$Y_5 - Y_4 = (2.17 - 1.94)$ " = 0.23 "
$X_6 = 5.70$ "	$Y_6 = \sqrt{5.70} = 2.38$ "	$Y_6 - Y_5 = (2.38 - 2.17)$ " = 0.21 "
$X_7 = 6.65$ "	$Y_7 = \sqrt{6.65} = 2.57$ "	$Y_7 - Y_6 = (2.57 - 2.38)$ " = 0.19 "
$X_8 = 7.60$ "	$Y_8 = \sqrt{7.60} = 2.75$ "	$Y_8 - Y_7 = (2.75 - 2.57)$ " = 0.18 "
$X_9 = 8.55$ "	$Y_9 = \sqrt{8.55} = 2.95$ "	$Y_9 - Y_8 = (2.95 - 2.75)$ " = 0.17 "

Datos de la gráfica de la ecuación parabólica.  $Y^2 = X$

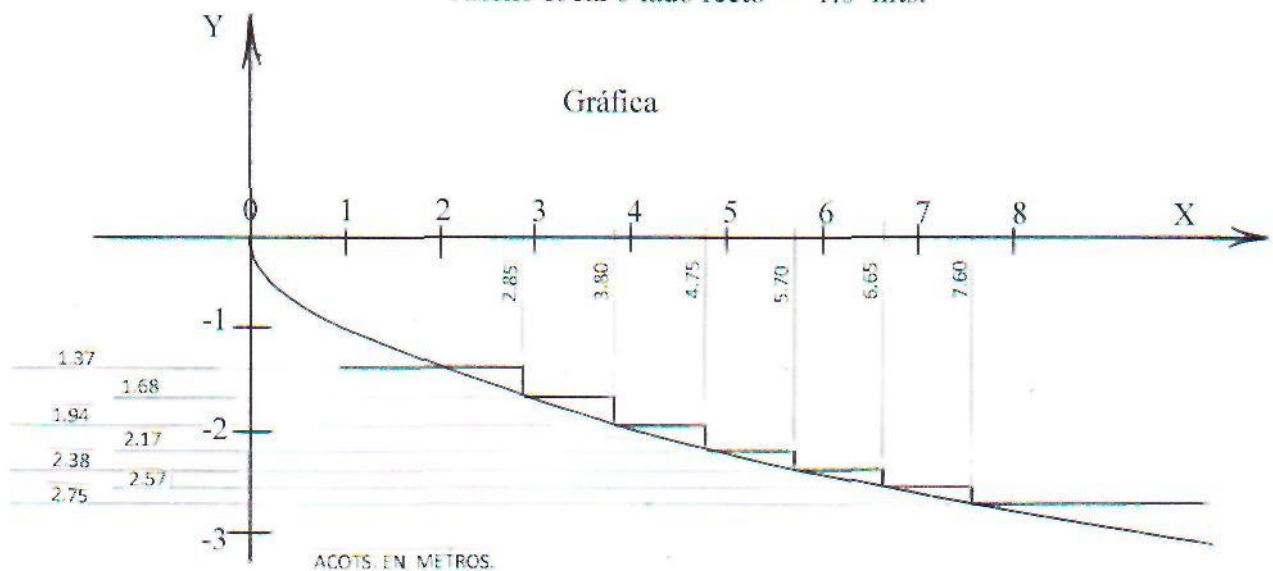
Eje de simetría coincide con el eje O X.

Vértice de la parábola coincide con el origen O.

Directriz DD' paralela al eje Y.

Parámetro HF = 0.5 mts.

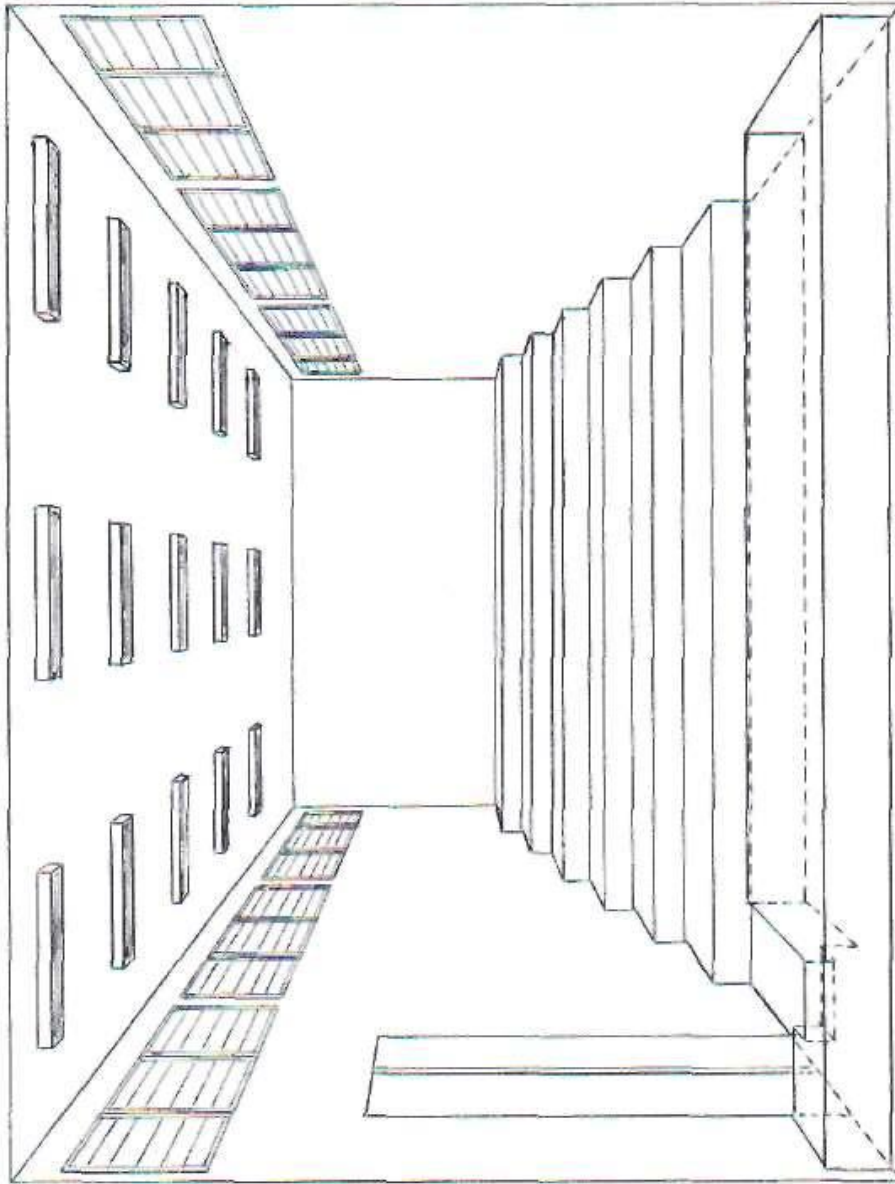
Ancho focal o lado recto = 1.0 mts.



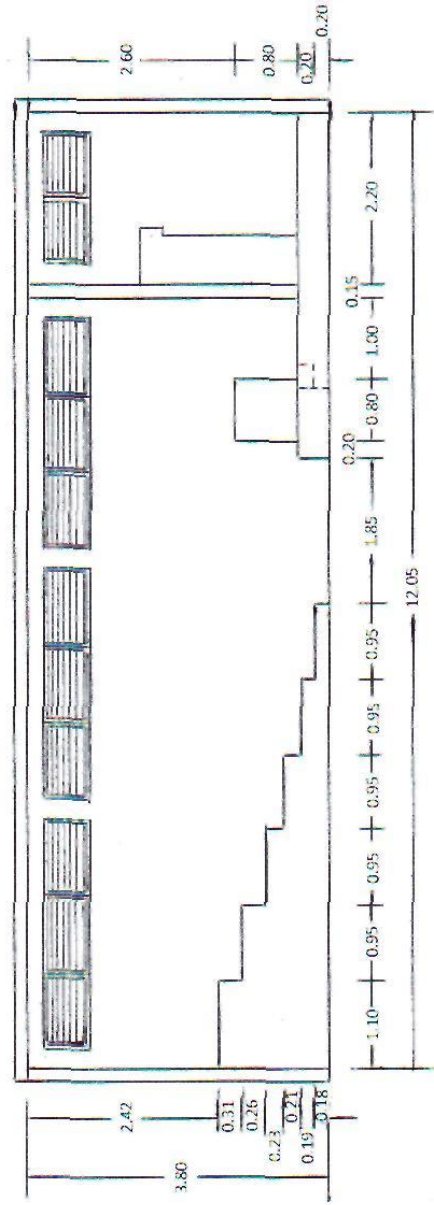
El eje de las X divide en dos partes iguales a la curva parabólica, se tomará la semi-curva que esta en el cuarto cuadrante, y de la diferencia de dos ordenadas consecutivas se obtiene la altura de cada nivel del piso de butacas según lo ilustra la grafica anterior.

En los dibujos que se enlistan a continuación, se muestran las diferentes vistas del Aula-Laboratorio y Almacén.

- Una vista en perspectiva
- Una vista lateral donde se indican las medidas de: el local, los niveles del piso para las butacas, ubicación de la mesa de demostraciones y almacén.
- Una vista superior, indicando medidas de: el local, longitud de piso de los niveles, la ubicación de la mesa de demostraciones y Almacén.
- Una vista lateral, indicando medidas de: ubicación de butacas y localización de ventanales de iluminación natural.
- Una vista superior, indicando, medidas de: distribución de butacas y ubicación del anaquel.
- Vistas: anterior y lateral indicando medidas de localización del pizarrón y la pantalla.



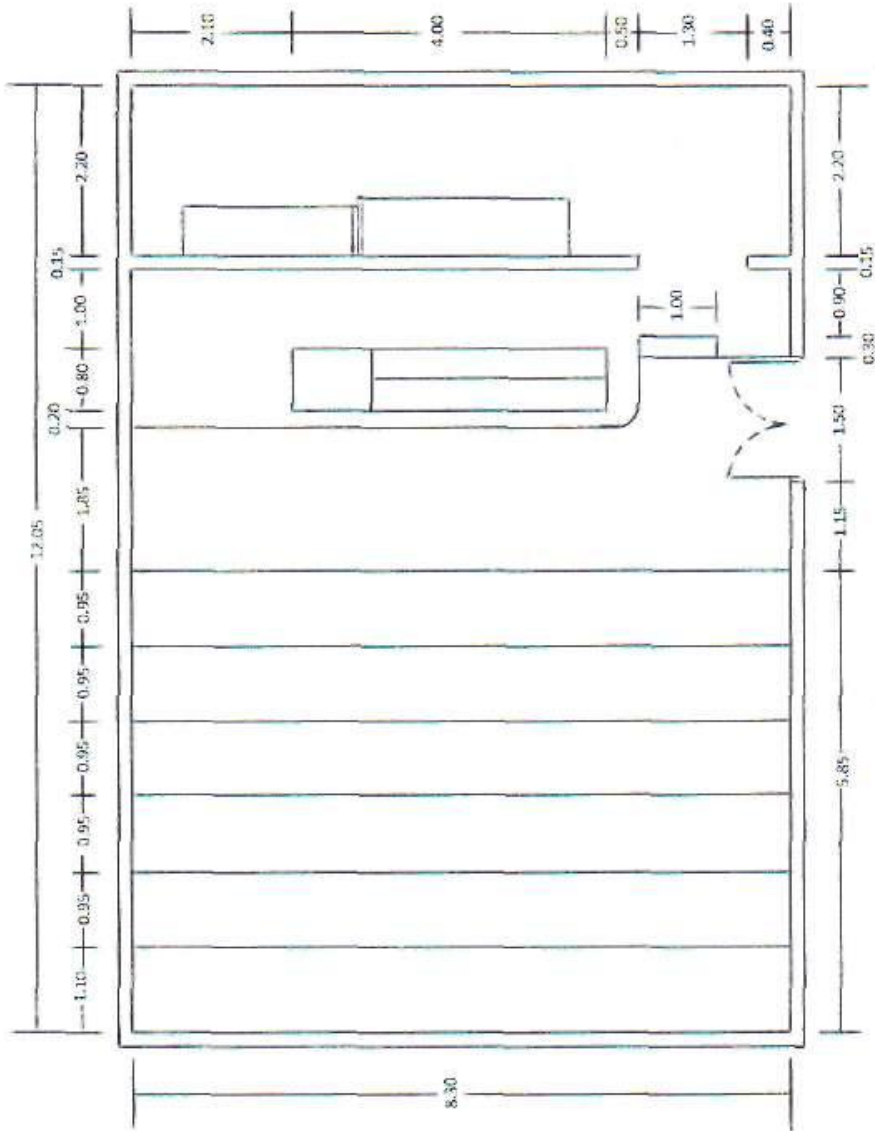
FACULTAD DE INGENIERIA  
Seminario de mec. de fluidos  
Aula-Laboratorio  
Vista en perspectiva  
2º SEMESTRE 1972  
FECHA 16-IV-1972  
UNAM



ACOTS. EN METROS

FACULTAD DE INGENIERIA  
 Seminario de mec. de fluidos  
 Aula-Laboratorio y Almacén  
 Vista lateral  
 2º SEMESTRE 19/72  
 FECHA 16-IV-1972

UNAM



FACULTAD DE INGENIERIA  
 Seminario de mec. de fluidos  
 Aula-Laboratorio y Almacén  
 Vista superior

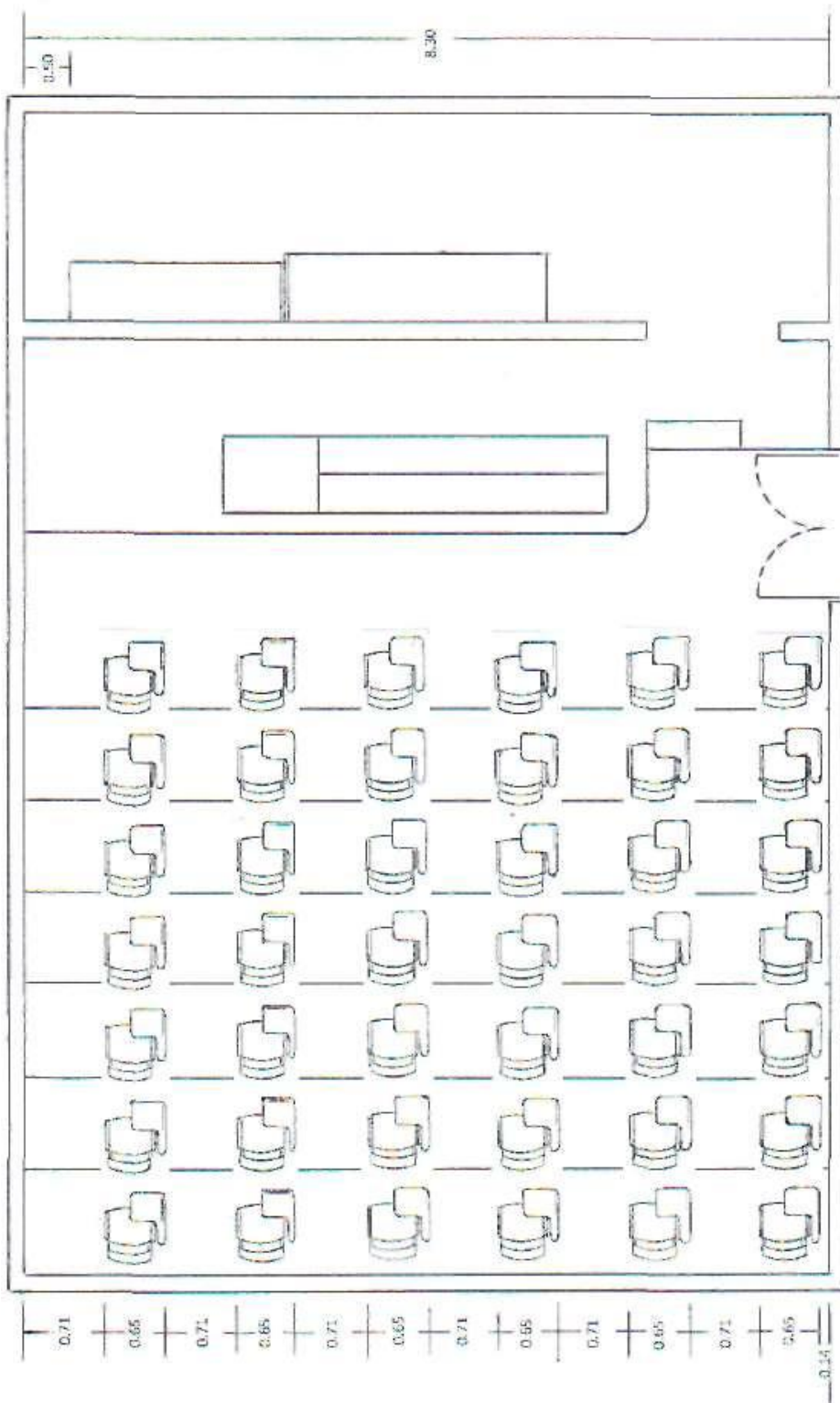
2º SEMESTRE 1972  
 FECHA 16-IV-1972

UNAM

ACOTAS EN METROS





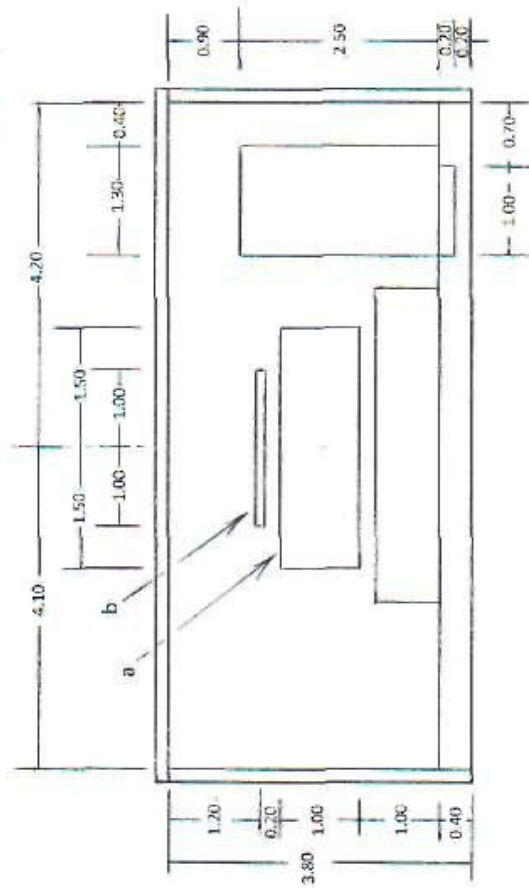


FACULTAD DE INGENIERIA  
 Seminario de mec. de fluidos  
 Aula-Laboratorio y Almacén  
 Distribución de butacas  
 2º SEMESTRE 1972  
 FECHA: 18-IV-1972 UNAM

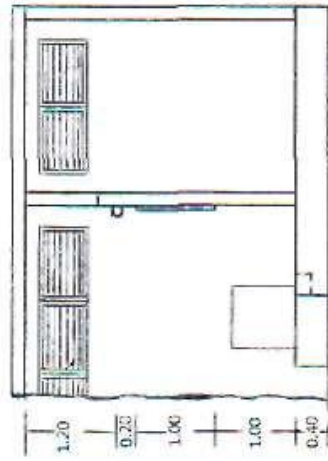
ACOT'S EN METROS

NOMBRE  
a) Pizarra  
b) Pantalla

VISTA ANTERIOR



VISTA LATERAL



FACULTAD DE INGENIERIA  
Seminario de mec. de fluidos  
Aula-Laboratorio  
Localización de pizarrón y pantalla  
2º SEMESTRE 1972  
FECHA 16-IV-1972  
UNAM

## Lumínica.

El alumno y el maestro, dentro de las actividades que les ocupan la mayor parte de su estancia en la institución no solo en el tiempo sino también en el espacio, es la docencia y el aprendizaje. En este sentido para que puedan desarrollarse en forma eficaz estas actividades es necesario precisar que la luz ( característica ambiental ) y la visión ( característica humana ) se complementen; entonces la información sensorial que recibe el hombre de tipo visual tiene como origen primario la luz, por lo tanto un tratamiento adecuado del ambiente visual permitirá incidir en los aspectos de: seguridad, confort y buen aprovechamiento.

Sí partimos de la base de que para poder hablar de iluminación, es necesario contar con la existencia de una fuente productora de luz y de un objeto a iluminar, tendremos que empezar por definir las siguientes magnitudes que son necesarias para realizar un cálculo de iluminación y son las siguientes:

**Intensidad luminosa:** Es la cantidad de energía lumínica producida por un cuerpo o fuente luminoso(a). Para cuantificar la intensidad luminosa de una fuente de luz se utiliza la candela (sistema internacional).

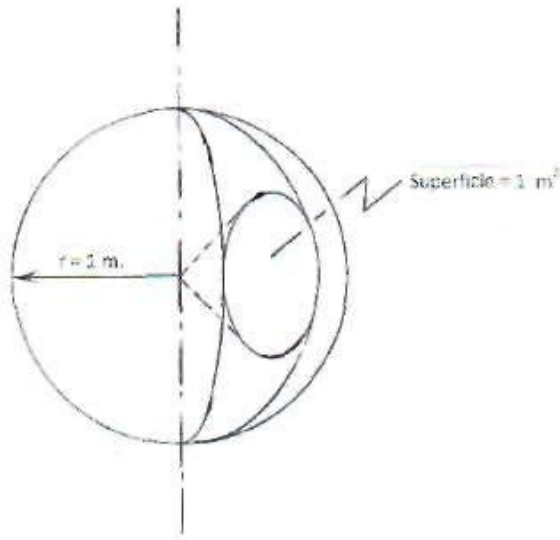
Candela equivale a  $1/60$  de la intensidad luminosa que emite  $1 \text{ cm}^2$  de un cuerpo negro a la temperatura del punto de fusión del platino ( $1773^\circ\text{C}$ ).

$$1 \text{ candela} = 1 \text{ bujía decimal}$$

**Flujo luminoso:** Es la cantidad de energía luminosa emitida por una fuente de luz en todas direcciones en la unidad de tiempo. La unidad de flujo luminoso es el Lumen.

**Lumen:** Es la unidad de flujo luminoso producido por una fuente en la unidad de tiempo y esta directamente relacionada a la candela. Una fuente puntual con la intensidad de una candela producirá un flujo luminoso de un lumen, a través de un ángulo sólido de un estéreo-radián.

La unidad del ángulo sólido es el estéreo-radián, y es el ángulo sólido de un cono que recorta sobre una esfera de un metro de radio una superficie de un  $\text{m}^2$ ., como se ilustra en el siguiente dibujo.



**Iluminación:** Es el flujo luminoso o cantidad de luz incidente por unidad de superficie, la unidad es el lux.

**Lux:** Se define como la iluminación producida por una candela sobre una superficie de un m<sup>2</sup> que se encuentra a una distancia de un metro.

$$1 \text{ lux} = \frac{1 \text{ candela}}{1 \text{ m}^2} = \frac{\text{lm}}{\text{m}^2}$$

En el proceso de cálculo de iluminación en instalaciones interiores se pueden utilizar dos métodos, el primero es el método del Factor de utilización que proporciona un alumbrado medio con un error de <sup>+</sup> 5 %, y el segundo método es el de punto a punto y que es utilizado por medio de programas informáticos, para nuestro objetivo será suficiente el primer método de cálculo ya que nos proporcionará resultados bastante precisos.

La secuencia del método del Factor de utilización se describe a continuación

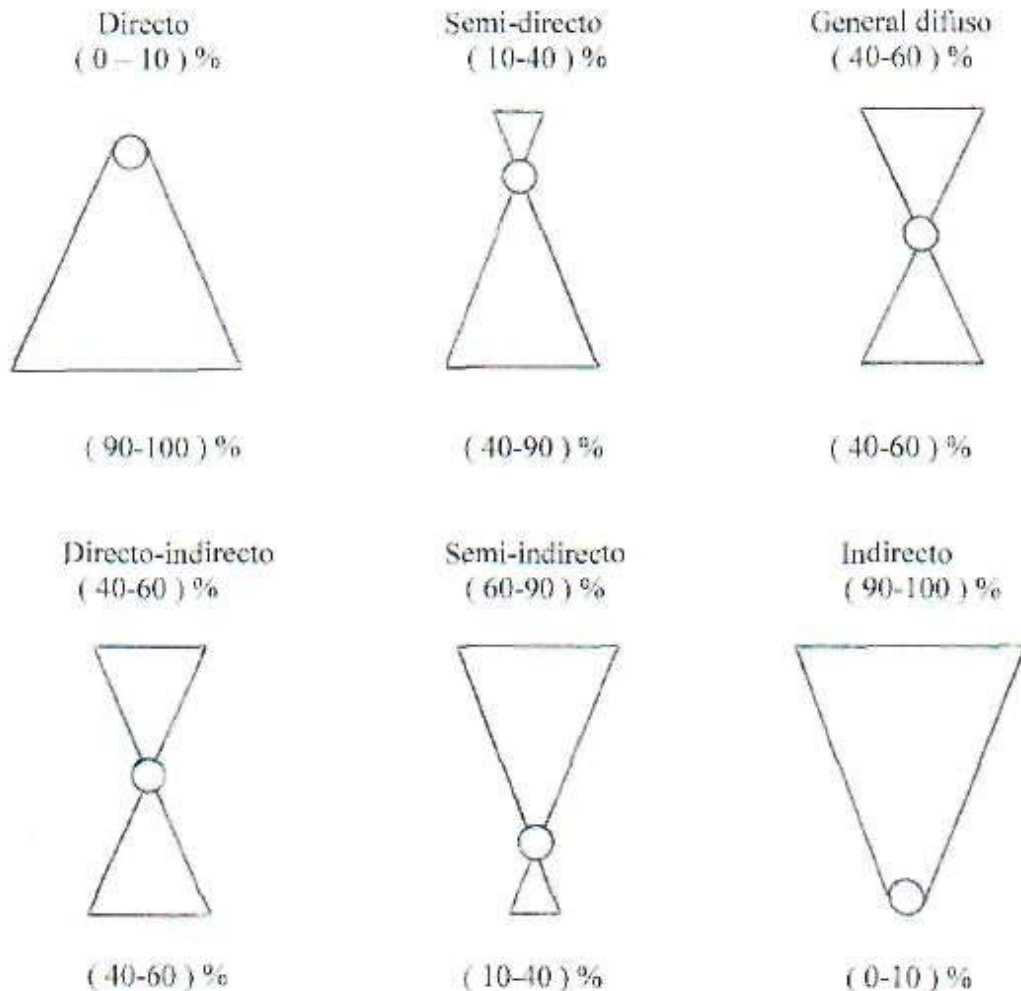
-Determinación del nivel de iluminación requerido. Para obtener este nivel de iluminación de acuerdo al tipo de trabajo que se va a desarrollar, se proporciona la siguiente tabla.

Tareas y clases de local	Iluminancia media en servicio (en lux)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
<b>Zonas generales de edificios</b>			
Zonas de circulación, pasillos	50	100	150
Escaleras, escaleras móviles, roperos, lavabos, almacenes y archivos	100	150	200
<b>Centros docentes</b>			
Aulas, laboratorios	300	400	500
Bibliotecas, salas de estudio	300	500	750
<b>Oficinas</b>			
Oficinas normales, mecanografía, salas de proceso de datos.	450	500	750
Salas de conferencias			
Grandes oficinas y salas de delineación	500	750	1000
<b>Comercios</b>			
Comercio tradicional	300	500	750
Grandes superficies, supermercados, salones de muestras	500	750	1000
<b>Industria en general</b>			
Trabajos con requerimientos visuales mínimos	200	300	500
Trabajos con requerimientos visuales normales	500	750	1000
Trabajos con requerimientos visuales especiales	1000	1500	2000
<b>Viviendas</b>			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo	100	150	200
Cuartos de estancia	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de trabajo o estudio	300	500	750

El nivel de iluminación que seleccionaremos será el nivel medio de 400 luxes.

Al encender una lámpara(s) dentro de su luminaria, la más importante de las funciones que cumple una luminaria, es la de modificar el flujo luminoso que emite la fuente (lámpara) a la cuál contiene, luego entonces la luminaria se convierte en un proyector, haciendo que la emisión sea fuertemente concentrada, o en difusora, o en atenuador del deslumbramiento por medio de pantallas horizontales o verticales.

El flujo luminoso que distribuyen las luminarias, se clasifican en seis grupos básicamente:



Para nuestro caso seleccionaremos el flujo luminoso directo. Este sistema canaliza la mayor parte del flujo de la(s) lámpara(s) hacia el suelo, es el sistema más económico de iluminación y el que ofrece mayor rendimiento luminoso, como lo muestra la primera distribución de flujo. En este tipo de iluminación se debe cuidar el deslumbramiento.

## Determinación de Factor de utilización.

La determinación del factor de utilización viene dada por la relación entre el flujo útil y el flujo total emitido por las lámparas, siendo siempre inferior a la unidad, expresa un rendimiento y esta afectado de todas las pérdidas de flujo que se suscitan desde que este es emitido por la fuente hasta que llega a la superficie de trabajo. Por lo tanto, una parte llega directamente a esta, otra se dirige a las paredes donde una fracción se absorbe y otra llega a la superficie de trabajo, finalmente otra cantidad del flujo se emite hacia el techo donde una parte se absorbe y la otra va a la superficie de trabajo.

Para aminorar las pérdidas de flujo luminoso se optimizarán los siguientes puntos que intervienen en el cálculo del factor de utilización:

a) Las medidas del local y su forma.

Dimensionalmente el aula influye de manera importante sobre el factor de utilización, una aula que es estrecha y alta, desperdicia mucho flujo luminoso es decir una altura mayor que el largo y el ancho, analizando nuestro caso, el largo y el ancho tienen más longitud que la altura, así habrá un mejor aprovechamiento del flujo luminoso.

La fórmula que involucra las medidas del aula para el cálculo es el "Índice del Local" ( K ).

$$K = \frac{a + b}{h ( a + b )}$$

Donde: a - ancho  
b - largo  
h - altura entre el plano de trabajo y las luminarias.

Esta relación se aplica a los sistemas de iluminación: directo, semi-directo, directo indirecto y general difuso.

b) Índices de reflexión de las paredes y del techo.

El flujo luminoso que reflejan las paredes y techo del aula tiene incidencia sobre el factor de utilización, así de la totalidad del flujo luminoso que incide sobre estos, una parte se refleja y otra es absorbida, esto depende del color de la pintura seleccionada.

Para determinar los coeficientes de reflexión de las paredes y techo se muestra la siguiente Tabla, seleccionaremos un color claro para ambas superficies.



	Color	Factor de reflexión
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	Claro	0.5
	Medio	0.3
Paredes	Claro	0.5
	Medio	0.3
	Oscuro	0.1

El factor de reflexión que se selecciona es de 0.50

Con los valores que se obtengan del índice del local y los factores de reflexión de las paredes y techo, entraremos con estos datos a la Tabla de Factores de utilización.

T A B L A

REPARTO LUMINOSO	Factor de mantenimiento, Fm. %	Techo	70			50			30	
		Paredes %	50	30	10	50	30	10	30	10
		K	Coeficiente de utilización							
Con difusor	Bueno 78	1	27	22	20	26	22	19	25	22
		1.2	33	29	26	33	29	25	32	28
		1.5	38	34	30	38	33	30	37	33
	Medio 65	2	43	38	35	42	38	34	41	38
		2.5	46	42	38	46	41	38	44	41
		3	50	47	43	50	46	43	48	46
	Malo 55	4	53	50	47	53	49	47	51	48
		6	55	52	50	54	52	49	53	51
		8	59	55	53	58	55	53	56	54
		10	60	57	55	59	57	55	57	56

Una luminaria tendrá un factor de utilización mayor cuando el flujo luminoso esta en igualdad de superficie del local.

Factor de Mantenimiento: Este factor al igual que los anteriores, tiene gran incidencia en el resultado final de un proyecto de alumbrado y se incluye en el cálculo final de las luminarias.

Todos los elementos que intervienen en la obtención del nivel de iluminación deseado sobre el plano de trabajo, con el tiempo van sufriendo una modificación en cuanto al nivel de iluminación se puede decir que sufren una depreciación, para determinar el Factor de Mantenimiento podemos considerar ocho factores de los cuáles cuatro son controlables y cuatro no lo son.

Los controlables:

Depreciación de las superficies del local por ensuciamiento (limpieza).  
Depreciación del flujo luminoso de la lámpara (reemplazo).  
Lámparas fundidas (reemplazo).  
Depreciación de la luminaria por ensuciamiento (limpieza).

Los no controlables:

La temperatura ambiente.  
La variación de la tensión.  
El factor del balastro.  
La depreciación de la superficie de la luminaria.

Para nuestro caso seleccionaremos un factor de mantenimiento de 60%.

Cuándo se han determinado los factores de utilización y de mantenimiento, podemos calcular el flujo luminoso total necesario de nuestra aula mediante la fórmula siguiente:

$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{F_u \cdot F_m}$$

Donde: E – Es el nivel de iluminación requerido para aulas (lux).  
S – Superficie a iluminar (m<sup>2</sup>)  
F<sub>u</sub> – Factor de utilización (adimensional)  
F<sub>m</sub> – Factor de mantenimiento (adimensional).

Obtenido el flujo luminoso total se determina la cantidad de lámparas y luminarias.

En la actualidad existen una gran variedad de lámparas para interiores que podemos reunir en general en cuatro grupos:

- Incandescentes
- Incandescentes halogenadas
- Fluorescentes
- De descarga

De estos grupos, la lámpara incandescente es la lámpara de la iluminación decorativa por excelencia en interiores, actualmente existen muchas lamparas fluorescentes con diferentes tonalidades próximas a estas y por versatilidad aunada a su gran eficiencia (aproximadamente 100 lúmenes/ watts) y una larga vida actualmente superior a las diez mil horas y una amplia gama temperaturas de color con óptima reproducción cromática, esto nos proporcionará un alumbrado más eficiente para este tipo de necesidades.

La lámpara fluorescente se presenta en una amplia gama de potencias y tamaños, hay tubos fluorescentes lineales, circulares, en U, en espiral etc. El tubo que utilizaremos será el lineal, tipo T-8 por su tamaño, costo y un IRC de 82.

El IRC (Índice de reproducción cromática), este concepto se define por el aspecto que presentan los cuerpos iluminados en comparación con el que presentan bajo una luz de referencia. La determinación de las propiedades de reproducción cromática de una fuente luminosa, se realiza iluminando un conjunto de ocho colores de muestra previamente establecidos (Norma), con una luz de referencia y con la luz que se analiza. A menor diferencia mejor es la reproducción cromática.

Dependiendo del lugar de aplicación y de la tarea visual a realizar, la luz artificial debe procurar una percepción de color adecuada, de manera que contribuya a disminuir la fatiga visual.

Temperatura de color. La temperatura de color se mide en grados Kelvin ( $^{\circ}\text{K}$ ). Esta temperatura es una forma de expresar la proporción entre los diferentes colores de una luz.

Una luz de temperatura de color elevada cubrirá la mayor cantidad de colores, de ahí seleccionaremos el acabado luz de día para nuestro cálculo.

A continuación se muestra la siguiente Tabla con las características de este tipo de lámpara.

## T A B L A

W	Acabado	K	Lm	t (h)
17	B. cálido	3 000	1 350	20 000
17	Blanco	3 500	1 350	20 000
17	B. frío	4 100	1 350	20 000
25	B. cálido	3 000	2 150	20 000
25	Blanco	3 500	2 150	20 000
25	B. frío	4 100	2 150	20 000
32	B. cálido	3 000	2 950	20 000
32	Blanco	3 500	2 950	20 000
32	B. frío	4 100	2 950	20 000
32	Luz de día	5 000	2 800	20 000
40	B. cálido	3 000	3 650	20 000
40	Blanco	3 500	3 650	20 000
40	B. frío	4 100	3 650	20 000
59	B. cálido	3 000	5 900	15 000
59	Blanco	3 500	5 900	15 000
59	B. frío	4 100	5 900	15 000
59	Luz de día	5 000	5 900	15 000

Luminaria: Nos representa un sistema de iluminación que reparte, filtra y transforma el flujo luminoso emitido por una o varias lámparas y que comprende los siguientes componentes:

Cuerpo o caja- Es el elemento físico que sirve de soporte y delimita el volumen de la luminaria.

Equipo eléctrico- Porta lámpara o bases para sujetar la(s) lámpara(s) en nuestro caso se proponen lámparas fluorescentes con balastos de encendido y control electrónico.

Reflector dispersor- Blanco esmaltado o aluminio brillante pulido a espejo.

Difusores- Además de ser la parte estética exterior de la luminaria y difundir la luz, evita el deslumbramiento que producen las lámparas, el difusor que se utilizará es del tipo panel de abeja que proporciona actualmente máxima difusión lumínica, acabado en cristal claro o acrílico.

Cálculo del Flujo luminoso.

Dimensiones del local: l - largo 9.70 m.  
a - ancho 8.30 m.  
h - altura 3.80 m.

Nivel de iluminación requerido en el plano de trabajo: 400 luxes.

Lámparas: Se indican tubos fluorescentes tipo T-8, vida útil veinte mil horas, rendimiento 254 lúmenes/watts., IRC 82, tonalidad luz de día.

Suspensión: Fijación al techo.

Altura del plano de trabajo: 0.70 m.

Altura de la luminaria al plano de trabajo, se consideran dos alturas para el cálculo:

La primera altura será de  $(3,80 - 0,70 - 0,05) = 3,05$  m.,

que cubre una área de  $(5,60 \times 8,30)$  m.

La segunda altura se tomará una referencia del nivel tercero y sexto.

Promedio  $\frac{(3,42 + 2,42) \text{ m.}}{2} = 2,82$  m.

Altura  $(2,82 - 0,70 - 0,05) \text{ m.} = 2,07$  m.

Que cubre un área de  $(4,10 \times 8,30)$  m.

Cálculo del índice del local (K) para cada altura:

$$\text{Fórmula } K = \frac{a \cdot l}{h(a+l)} \quad K_1 = \frac{(5,60 \times 8,30) \text{ m.}}{3,05(5,60 + 8,30) \text{ m.}} = \frac{46,48}{42,395} = 1,1$$

$$K_2 = \frac{(4,10 \times 8,30) \text{ m.}}{2,07(4,10 + 8,30) \text{ m.}} = \frac{34,03}{25,43} = 1,34$$

Con el valor del índice del local en cada caso y los factores de reflexión (paredes 50 % y techo 50 %) obtenemos el factor de utilización en la tabla

correspondiente (se interpola para obtener el valor).

$$\begin{aligned} K_1 &= 1.1 \\ \text{Factor de reflexión: paredes} &= 50 \% \\ \text{Techo} &= 50 \% \\ \text{Factor de utilización}_1 &= 29.8 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_2 &= 1.34 \\ \text{Factor de reflexión: paredes} &= 50 \% \\ \text{Techo} &= 50 \% \\ \text{Factor de utilización} &= 35.6 \% \end{aligned}$$

Cálculo del flujo luminoso total:

$$\text{Fórmula } O_T = \frac{E \cdot S}{F_u \cdot F_m}$$

$$O_{T1} = \frac{400 \text{ luxes} (5.60 \text{ m.})(8.30 \text{ m.})}{(0.298)(0.60)} = \frac{18\,592}{0.1776} = 104\,685 \text{ lúmenes}$$

$$O_{T2} = \frac{400 \text{ luxes} (4.10 \text{ m.})(8.30 \text{ m.})}{(0.356)(0.60)} = \frac{13\,612}{0.2136} = 63\,726 \text{ lúmenes.}$$

Cálculo del número de lámparas:

$$\text{N}^\circ \text{ de lámparas} = \frac{\text{flujo luminoso en lúmenes}}{\text{flujo luminoso de la lámpara}}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de lámparas} = \frac{104\,685 \text{ lúmenes}}{5\,900 \text{ lúmenes}} = 17.7 \text{ se ajusta a } 18 \text{ lámparas}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de lámparas} = \frac{63\,726 \text{ lúmenes}}{5\,900 \text{ lúmenes}} = 10.8 \text{ se ajusta a } 11 \text{ lámparas}$$

La suma de las lámparas de las dos áreas es de veintinueve lámparas, se ha diseñado colocar luminarias que llevarán dos lámparas cada una, para obtener en la luminaria que lleva una sola, se adicionará una lámpara más, y tenga un flujo uniforme con respecto a las demás luminarias.

Cálculo del alumbrado del almacén:

Datos: Ancho 2.00 m.  
Largo 8.30 m.

Altura de la luminaria 2.65 mts

Altura de la luminaria al plano de trabajo  $(2.60 - 0.80 - 0.05)$  mts = 1.80 mts.

Iluminación requerida 150 luxes.

Indice del local (K)

$$K = \frac{(2.00 \times 8.30) \text{ mts.}}{1.80 \text{ mts.} (2.00 + 8.30) \text{ mt}} = \frac{16.6}{18.54} = 0.9 \text{ se aproxima a } 1$$

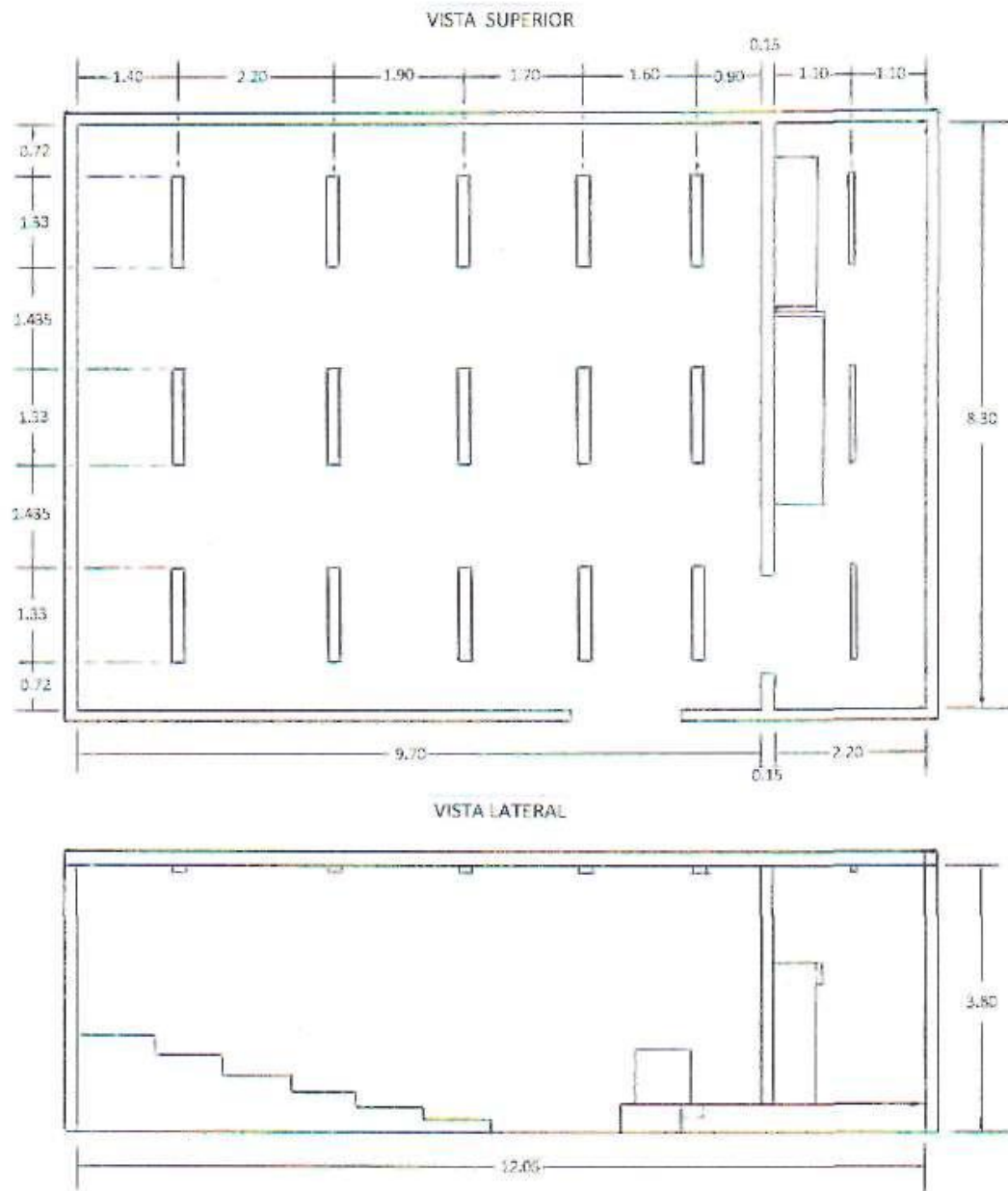
Factor de reflexión: del techo 50 %  
de paredes 50 %

Con estos datos obtenemos un factor de utilización de 25 %.

$$\text{Flujo total } O_T = \frac{150 \text{ luxes} \times 2 \text{ mts} \times 8.30 \text{ mts}}{(0.25)(0.6)} = \frac{2490}{0.15} = 16\,600 \text{ lumenes}$$

$$N^\circ \text{ de lámparas} = \frac{16\,600}{5\,900} = 2.8 \text{ se aproxima a } 3 \text{ lámparas}$$

El siguiente dibujo se muestra la ubicación de las lámparas en el aula y  
almacén.



FACULTAD DE INGENIERIA  
 Seminario de mec. de fluidos  
 Aula-Laboratorio y Almacen  
 Distribución de Luminarias

2º SEMESTRE 1972

FECHA 18-IV-1972

UNAM

ACOTS. EN METROS



## MESA DE DEMOSTRACIONES Y ACCESORIOS

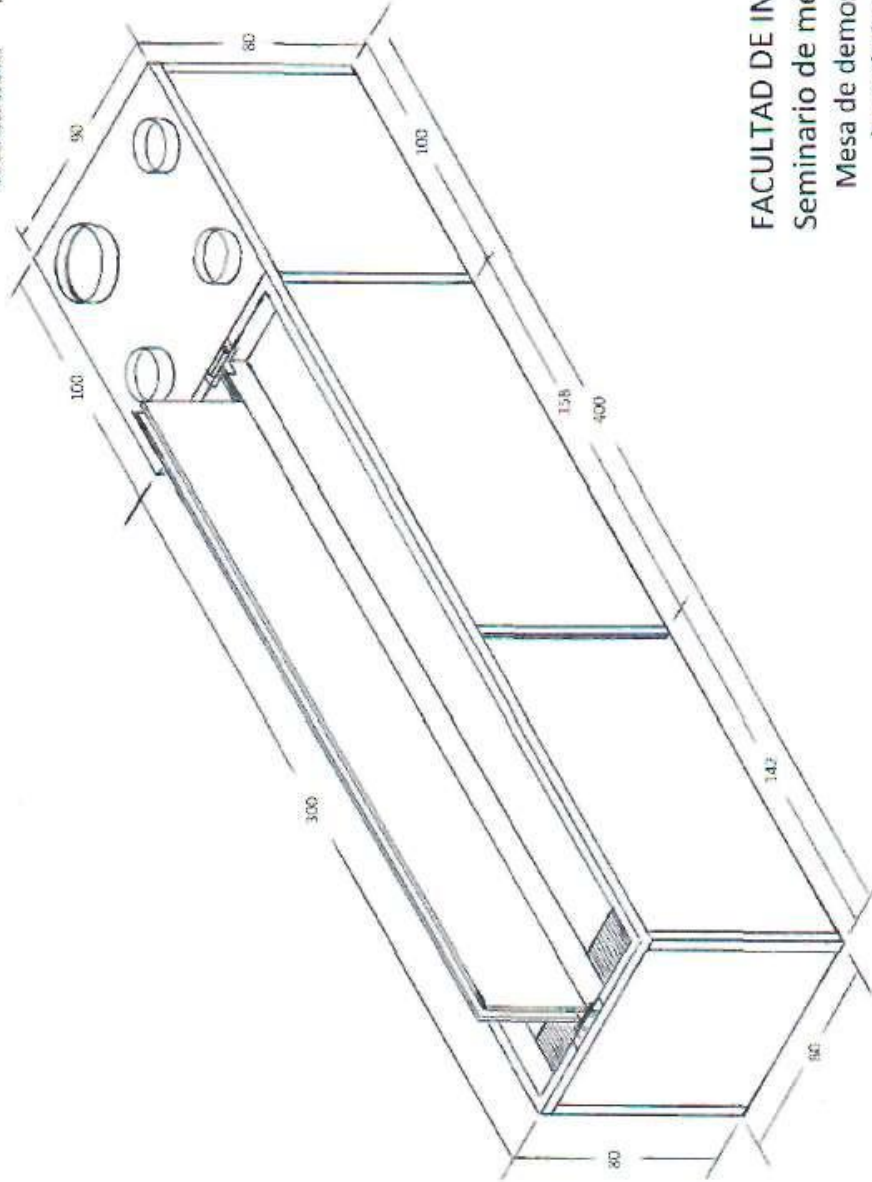
LA MESA DE DEMOSTRACIONES: como su nombre lo indica se empleará para efectuar experimentos con diferentes tipos de fluidos (agua, aire y aceite ).

La mesa de demostraciones consta de dos canales (charolas), uno para agua y otro para aceite, estos canales tienen como función principal coleccionar el fluido que salga de los dispositivos utilizados en los experimentos y conducir el fluido a los tanques de almacenamiento, que se encuentran en la parte inferior e interior de la mesa, ver dibujos siguientes.

### - Mesa de demostraciones (Isométrico)

- “ Charola de retorno de agua o aceite.
- “ Cubierta de charola.
- “ Cubierta (Detalle A y B).
- “ Soporte de las cubiertas.

NOMBRE	MATERIAL
a) Estructura de la Mesa de demostraciones	Ángulo de 3.81 x 3.81 x 0.53 (1.5" x 1.5" x .21")
b) Cubierta vertical y horizontal de la Mesa de demostraciones	Lamina esmaltada Gal. 20



FACULTAD DE INGENIERIA  
Seminario de mec. de fluidos  
Mesa de demostraciones  
(Isométrico)

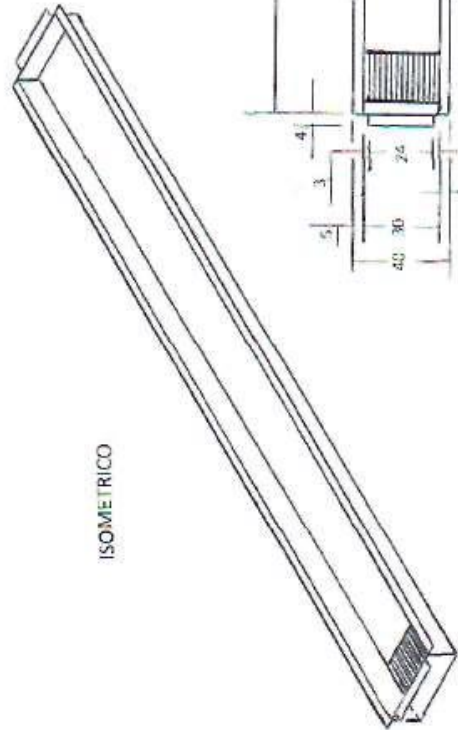
2º SEMESTRE 1972

FECHA: 16-IV-1972

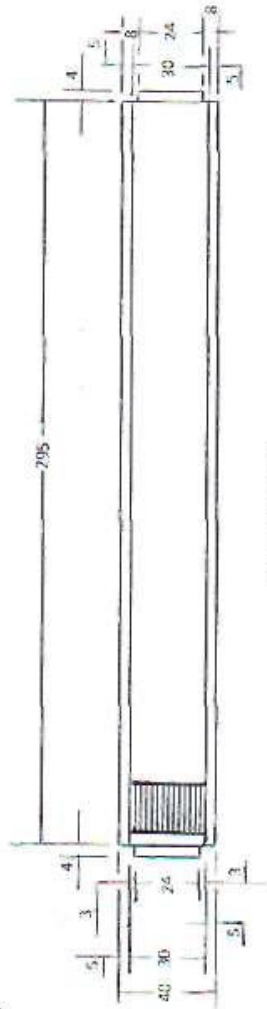
UNAM

ACOTS. EN CMS.

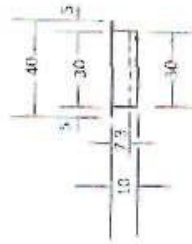
NOMBRE Charola  
 MATERIAL Lámina galvanizada o Acero inox.  
 Cal. #22



VISTA SUPERIOR



VISTA LATERAL



VISTA FRONTAL

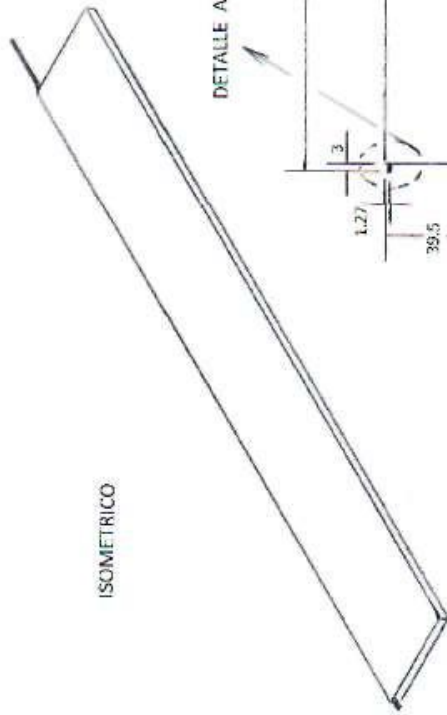


FACULTAD DE INGENIERIA  
 Seminario de mec. de fluidos  
 Mesa de demostraciones  
 Charola de retorno de agua o aceite  
 2º SEMESTRE 1972  
 FECHA: 16-IV-1972  
 UNAM

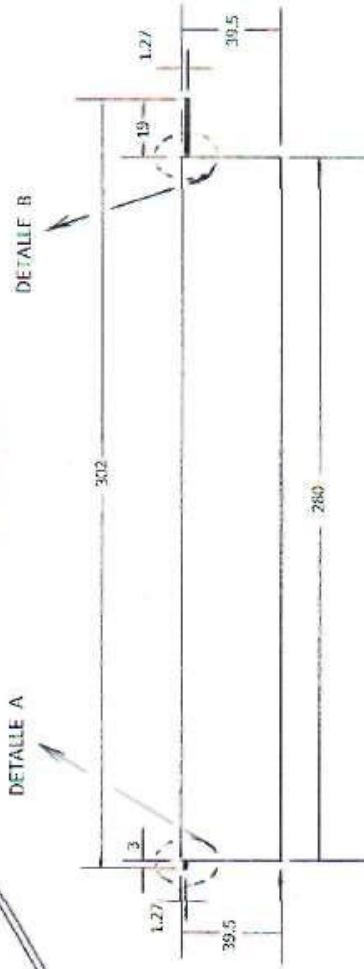
ACOTS. EN CMS

NOMBRE MATERIAL

Cubierta de charola Lámina esmalada  
Cal #22



VISTA SUPERIOR



VISTA LATERAL



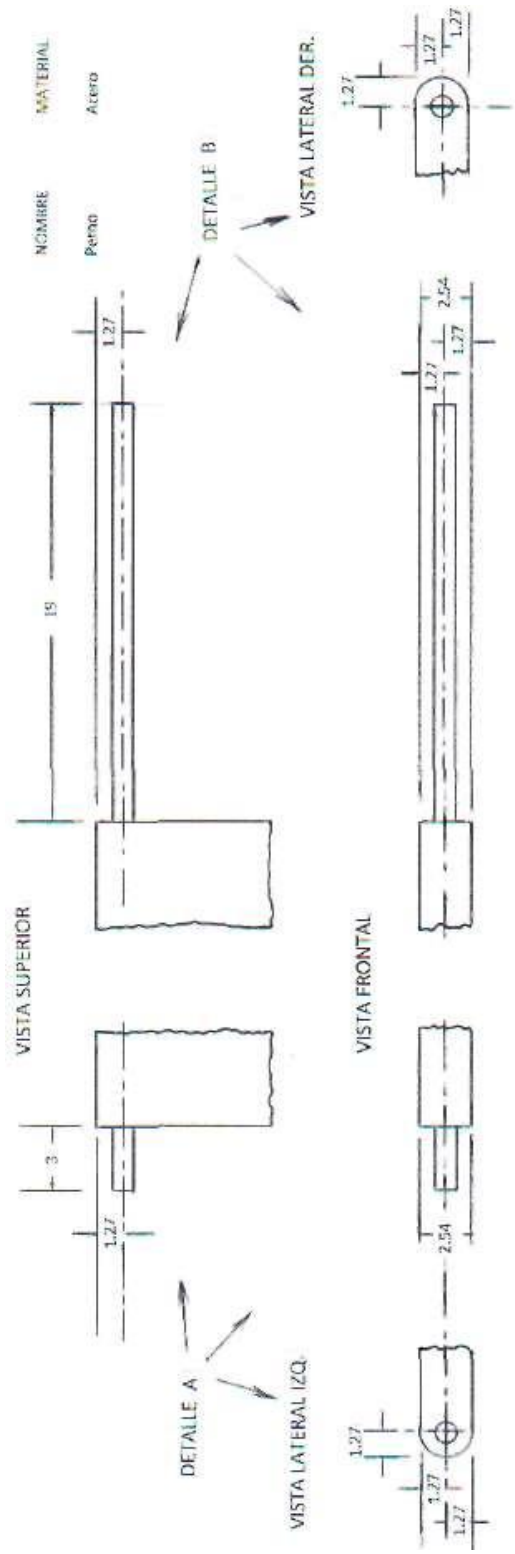
FACULTAD DE INGENIERIA  
Seminario de mec. de fluidos  
Mesa de demostraciones  
Cubierta de charola

2º SEMESTRE 1972

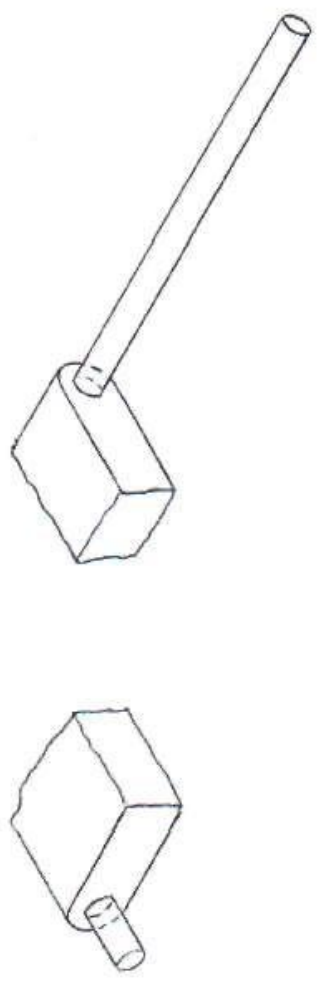
FECHA 16 IV-1972

UNAM

ACOTS. EN CMS.



ISOMETRICO

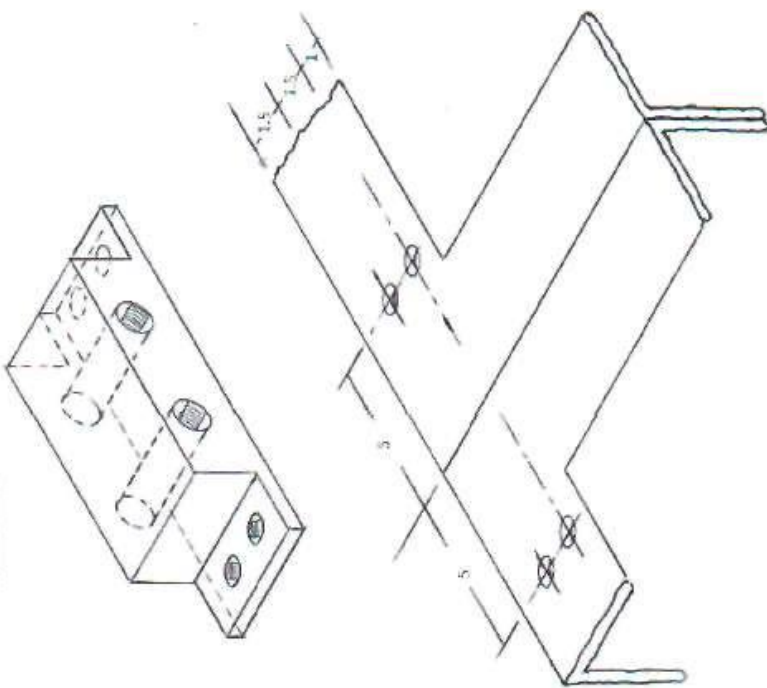


FACULTAD DE INGENIERIA  
 Seminario de mec. de fluidos  
 Mesa de demostraciones  
 Cubierta (Detalle A y B)  
 2º SEMESTRE DE 1972  
 FECHA: 16-IV-1972  
 UNAM

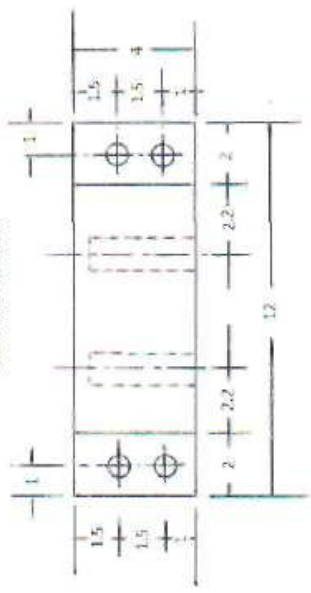
ACOTIS EN CMS.

NOMBRE: Soporte de cubiertas  
 MATERIAL: Acero

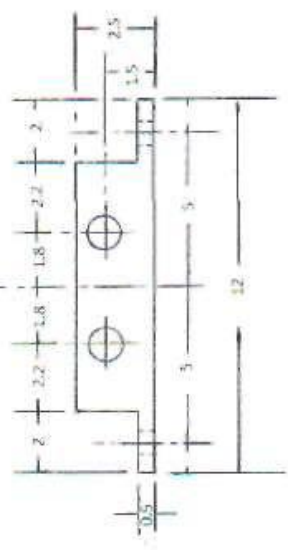
ISOMETRICO



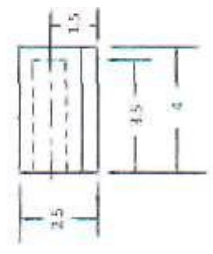
VISTA SUPERIOR



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



ACOTS: EN CMS.

FACULTAD DE INGENIERIA  
 Seminario de mec. de fluidos  
 Mesa de demostraciones  
 Soporte de las cubiertas  
 2º SEMESTRE 1972.  
 FECHA 16-IV-1972. UNAM

ACCESORIOS: Para mantener un circuito cerrado continuo de agua o aceite se utilizarán dos bombas centrífugas. Para las pruebas o experimentos con aire se empleará un turbo-soplador, con un ducto principal del cual se ramifica en cuatro ductos secundarios, con sus bocas de salida, de las cuales tres tienen la misma área y la boca de diámetro mayor tiene el doble de área.

Los tres diferentes circuitos están constituidos de los siguientes componentes:

Agua .

- a) Tanque de almacenamiento.
- b) Motobomba centrífuga.
- c) Tubería y accesorios.

Aceite.

- a) Tanque de almacenamiento.
- b) Motobomba centrífuga.
- c) Tubería e implementos de instalación.

Aire.

- a) Turbo-soplador centrífugo.
- b) Conductos de lámina galvanizada para inducir el flujo de aire.
- c) Compuerta para regular el flujo de aire.

A continuación se procederá al cálculo de los elementos que constituyen los circuitos de agua, aceite y aire.

Los valores que se mencionan para los cálculos han sido considerados tomando en cuenta el diseño que se propone en esta tesis.

#### CARACTERISTICAS DEL CIRCUITO DE AGUA.

- a) Tanque de almacenamiento.  
Tiene la forma de un prisma rectangular con dimensiones de (1.00x 0.35x 0.65) metros .Este tanque puede estar construido en lámina galvanizada # 14 para evitar la oxidación.

- b) Motobomba:

Cálculo:

Línea de succión  $h_s$  :

Longitud de la tubería 20 cm. ( 0.66 pies )

Una válvula de 2 pulg. Compuerta roscada, pérdida equivalente en pies 1.5'

Longitud equivalente total:  $0.66' + 1.5' = 2.16'$

Longitud equivalente por fricción de  $2.16'$ , con un gasto de 50 g.p.m. y diámetro de tubería de 2" , en tablas obtenemos,  $h_f = 4.67'$

$$\frac{(2.16')(4.67')}{100} = 0.10'$$

Se recomienda incrementar un 15 % por ser tubería comercial:

$$(0.10')(1.15) = 0.175' \quad (\text{despreciable})$$

Carga de succión:

Como el nivel del tanque se encuentra arriba del nivel de succión  $1.6'$  tiene un efecto contrario en la carga.

$$0.175' - 1.6' = -1.425'$$

Línea de descarga  $h_d$ :

Longitud de la tubería 3.00 m. ( 10 pies ).

Tres codos de 2" radio largo,  $90^\circ$  , rosc. pérdida equivalente en pies

$$3.6' \times 3 = 10.8'$$

Una válvula check pérdida equivalente en pies  $19'$  .

Longitud equivalente total de descarga  $10' + 10.8' + 19' = 39.8'$

Longitud equivalente por fricción de  $39.8'$  con un gasto de 50 g.p.m. y diámetro de tubería de 2" en tablas obtenemos,  $h_f = 4.67'$

$$\frac{(39.8')(4.67)}{100} = 1.86'$$

Se recomienda incrementar un 15 % por ser tubería comercial.

$$1.86 \times 1.15 = 2.14'$$

La bomba debe elevar el líquido del nivel  $2.0'$  al nivel  $7.0'$  ( $7.0' - 2.0' = 5.0'$ ).

Carga dinámica total de descarga sería:  $5.0' + 2.14' = 7.14'$

Carga dinámica total del sistema =  $h_s + h_d$

$$- 1.425' + 7.14' = 5.7'$$



Se empleará un equipo que proporcione:

$$Q = 3.5 \text{ litros / seg. ( 50 g.p.m. )}$$

$$H_T = 1.72 \text{ m.}$$

$$P_B = \frac{1}{2} \text{ HP.}$$

c) Tubería:

Se empleará tubería y elementos de instalación galvanizados de  $O = 2''$ .

#### CARACTERISTICAS DEL CIRCUITO DE ACEITE.

a) Tanque de almacenamiento:

Tiene la forma de un prisma rectangular cuyas dimensiones son  
( 1.00x 0.35x 0.68 ) m.

b) Bomba centrífuga:

Cálculo:

Pérdida de presión en la línea de descarga para un fluido que tiene  
Viscosidad de (240-400) S.S.U. (Aceite automotriz SAE-20)

Gravedad específica 0.880 a 0.935 se toma 0.900

Gasto 25 g.p.m.

Tubería de  $1 \frac{1}{2}''$

Longitud de la tubería 10'

$$\text{Pérdida de presión} = \frac{(8.8) 10' (0.9)}{100} = 0.792 \frac{\text{lbs}}{\text{pulg}^2}$$

$$\text{Considerando tubería comercial } (0.792) \times 1.15 = 0.910 \frac{\text{lbs.}}{\text{Pulg}^2}$$

Considerando la siguiente analogía:

$$1 \frac{\text{lbs}}{\text{Pulg}^2} \quad 2.31 \text{ pies de agua}$$

$$0.910 \times 2.31 = 2.10 \text{ pies}$$

Accesorios:

$$\text{Pérdida equivalente de tres codos} \quad 3.4 \times 3 = 10.2'$$

Pérdida equivalente de una válvula check 15'

Longitud equivalente:  $10.2' + 15' = 25.2'$

Entrando en tablas con un gasto de 25 g.p.m. y una tubería de 1 $\frac{1}{2}$ " obtenemos:

Para gastos intermedios  $h_f = \left[ \frac{25}{24 \text{ gpm}} \right]^2 4.14 = 4.49$

Pérdida por fricción  $\frac{(25.2)(4.49)}{100} = 1.13'$

Línea de succión.

Longitud de la tubería 20 cms. (0.66')

Una válvula 1 $\frac{1}{2}$ " compuerta, roscada pérdida en pies 1.2'

En tablas entramos con un gasto de 25 g.p.m. y diámetro de 1 $\frac{1}{2}$ "

Obtenemos:  $h_f = 4.49'$

Longitud total equivalente  $0.66' + 1.2' = 1.86'$

$$\frac{1.86 \times 4.49}{100} = 0.08' \quad (\text{se desprecia})$$

Como el nivel del tanque se encuentra por arriba del nivel de succión, esto tiene un efecto contrario para la carga.

$$0.40' - 1.6' = -1.2'$$

La bomba debe elevar el líquido del nivel 2.0' al nivel 7.0'

$$7.0' - 2.0' = 5.0'$$

Carga dinámica total de descarga:  $1.13' + 5.0' = 6.13'$

Carga dinámica del sistema:  $= h_s + h_d = -1.2' + 6.13' = 4.91' = 1.54 \text{ m.}$

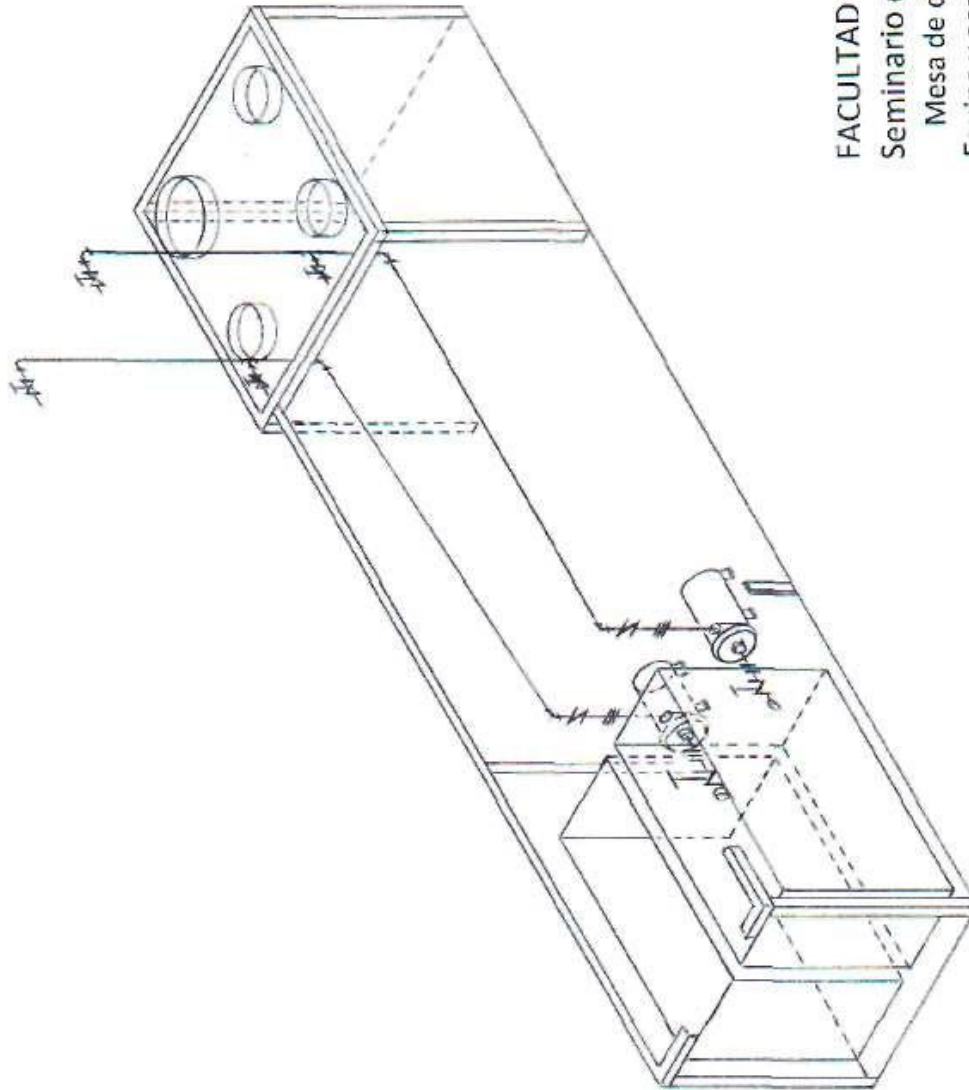
Se empleará un equipo que proporcione:

$Q = 1.5$  litros /seg. (25 g.p.m.)  $H_T = 1.5 \text{ m.}$   $P_B = 1/3 \text{ HP.}$

c) Tubería:

Se empleará tubería y elementos de instalación de cobre de  $O = 1 \frac{1}{2}$ " ver dibujo siguiente.

-Mesa de demostraciones, Equipo y accesorios de bombeo de agua y aceite (Isométrico).



FACULTAD DE INGENIERIA  
Seminario de mec. de fluidos  
Mesa de demostraciones  
Equipo y accesorios de bombeo  
de agua y aceite (Isométrico)

2º SEMESTRE 1972

FECHA 15-IV-1972

UNAM

## CARACTERISTICAS DEL CIRCUITO DE AIRE

a) Turbo-soplador centrífugo (cálculos):

Velocidad máxima del aire a la salida 150 K / Hr.

$$V = 150 \text{ K / Hr.} = 41.66 \text{ m / seg.}$$

$$H_T = V^2 / 2g = (41.66 \text{ m / seg.})^2 / 2 (9.81 \text{ m / seg}^2) = 1735.55 / 19.62$$

$$H_T = 88.5 \text{ m.}$$

Diámetro de gargantas  $O = 8'' = 0.2032 \text{ m.}$

$$A = d^2 / 4 = 3.1416 (0.2032 \text{ m.})^2 / 4 = 3.1416 \times 0.0413 \text{ m}^2 / 4 = 0.1299 / 4$$

$$A = 0.0324 \text{ m}^2. \quad \text{área de salida de una garganta.}$$

$$A_T = 2 \times 0.0324 \text{ m}^2 = 0.0648 \text{ m}^2. \quad \text{área total de salida.}$$

El área total de salida solamente involucra dos gargantas, es decir trabajarán como máximo dos gargantas simétricas o bien solamente la garganta de área mayor.

$$H_P = A_T V^3 / 2g(0.70 \times 75) = 0.0648 \text{ m}^2 (41.66 \text{ m/s})^3 / 2 (9.81 \text{ m/s}^2)(52.5)$$

$$H_p = 4685 / 1030 = 4.5$$

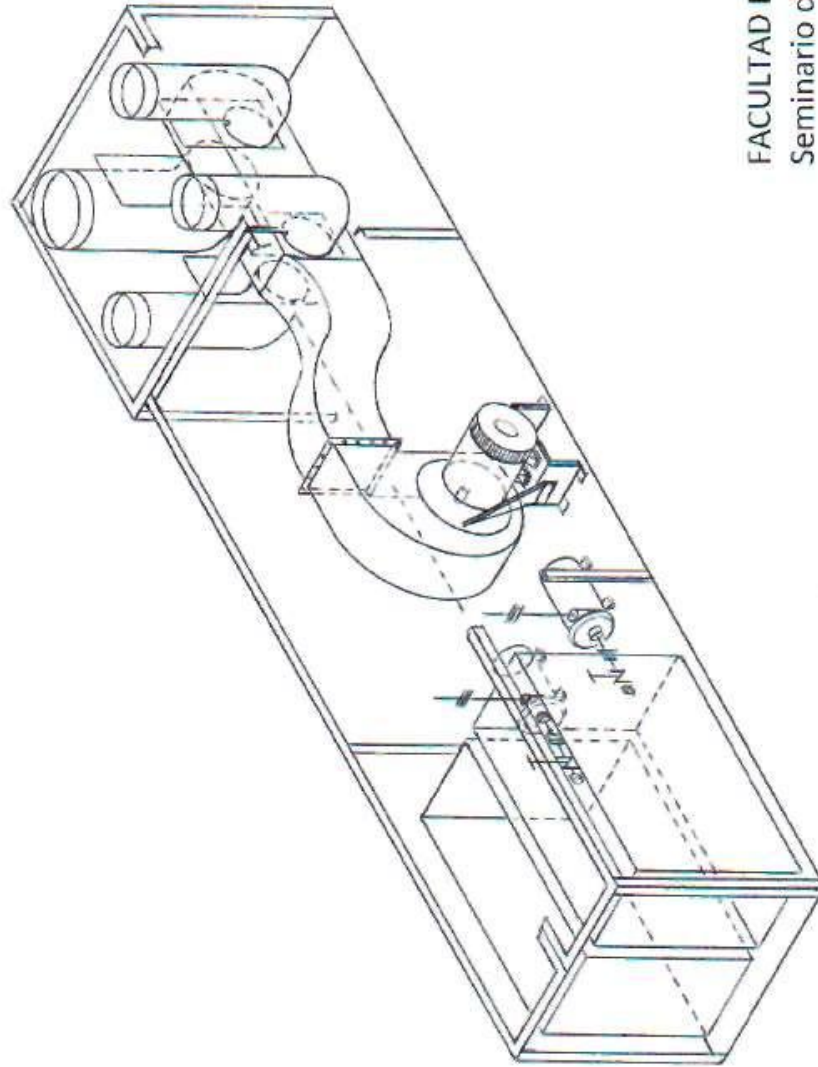
$$H_p \text{ sugerido } 5$$

b) y c) Conductos:

Material en lámina galvanizada.

Para controlar el flujo de aire a la salida de las bocas de los ductos existe un dispositivo con una compuerta corrediza para cada ducto, integrada inmediatamente después del ducto principal. Ver dibujos siguientes

- Mesa de demostraciones, Equipo y accesorios del Turbosoplador (Isométrico)
- Mesa de demostraciones, Equipos: Turbosoplador y bombeo y cubiertas de charolas (Localización).
- Mesa de demostraciones, Localización de ductos de aire y sus bocas.

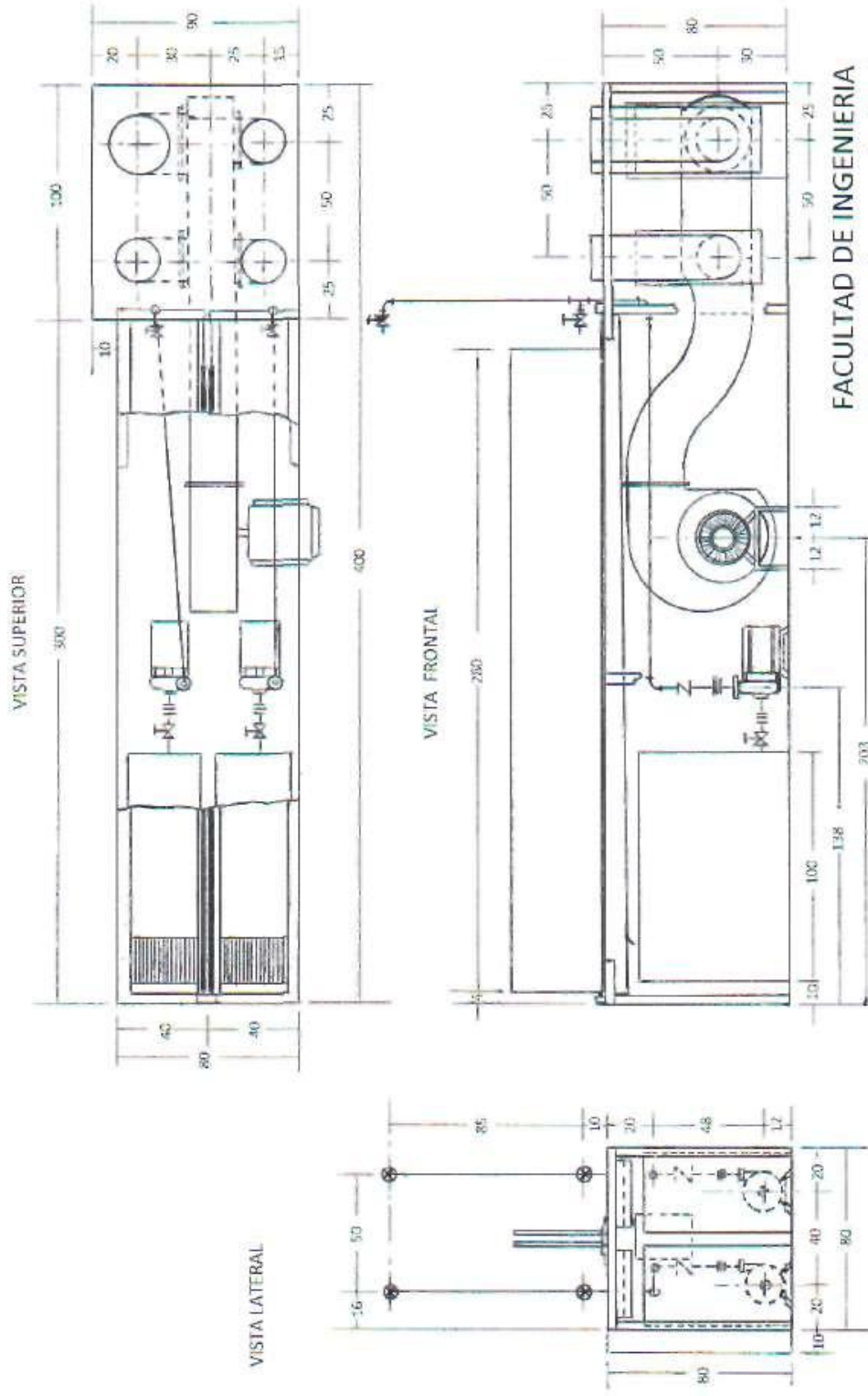


FACULTAD DE INGENIERIA  
Seminario de mec. de fluidos  
Mesa de demostraciones  
Equipo y accesorios del  
turboaplador (Isométrico)

2<sup>o</sup> SEMESTRE 1972

FECHA: 16-IV-1972

UNAM



**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**Seminario de mec. de fluidos**  
 Mesa de demostraciones  
 Equipos: Turbosoplador y bombeo y  
 cubiertas de charolas (Localización)

2º SEMESTRE 1972  
 FECHA: 16-IV-1972

UNAM

ACOTAS EN CMS.

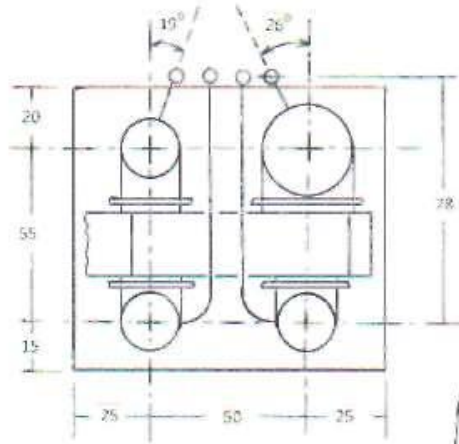




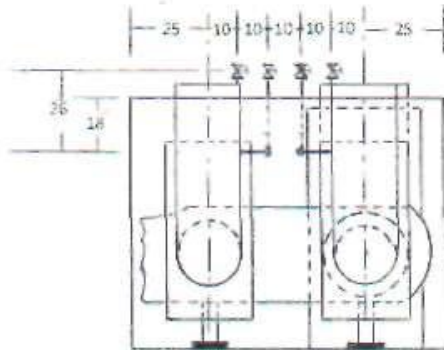
c) Sistema de tubería para medición manométrica.

Cada ducto tiene una conexión de tubo de cobre flexible, que va del ducto a una placa soporte que sostiene a los cuatro conectores que conectan a sus válvulas correspondientes, con el fin de proporcionar la presión en cada ducto, y obtener la velocidad de salida del aire en el mismo, en el siguiente dibujo se proporciona la localización y medidas de este sistema.

VISTA SUPERIOR

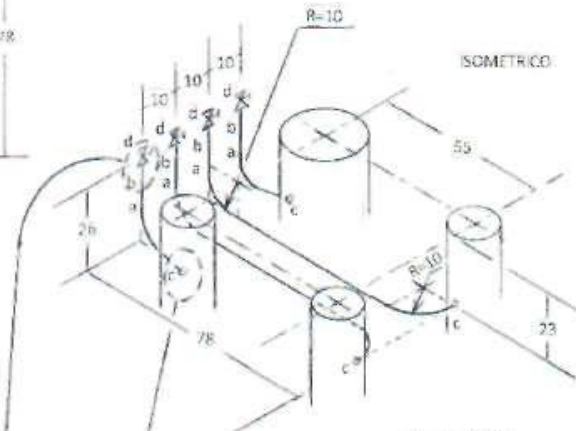


VISTA FRONTAL

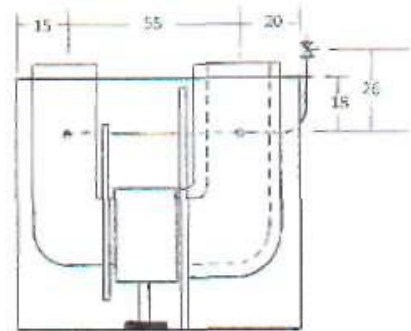


NOMBRE	MATERIAL
a) Tubería flexible de 1.27 (1/2")	Cobre
b) Conector con tuerca cónica de 1.27 Fier a 1.27 NPT (1/2" Fier a 1/2" NPT)	Latón
c) Conector con tuerca cónica de 1.27 Fier a 1.27 NPT (1/2" Fier a 1/2" NPT)	Latón
d) Válvula de paso de 1.27 (1/2")	Bronce

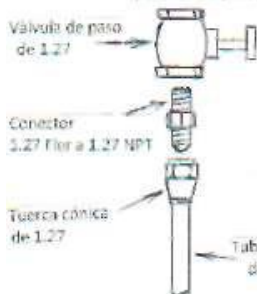
ISOMETRICO



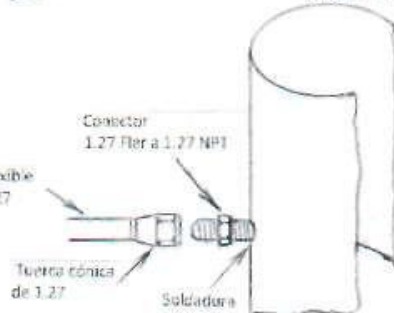
VISTA LATERAL



DETALLE (Conexión entre conector y válvula de paso)



DETALLE (Conexión de conector a tubería de aire)



ACOTS. EN CMS.

FACULTAD DE INGENIERIA  
Seminario de mec. de fluidos  
Mesa de demostraciones  
Localización de tubería para  
medición manométrica

2º SEMESTRE 1972

FECHA 16-IV-1972

UNAM

### c) DISPOSITIVOS

A continuación se presentan algunos dispositivos que servirán para impartir la enseñanza experimental de la mecánica de fluidos.

Estos aparatos son una parte de los muchos que pueden diseñarse para demostrar temas específicos de la materia que requieren una mayor visualización.

## DISPOSITIVO # 1

### TUNEL DE HELE SHAW VERTICAL.

Este tunel sirve para visualizar los flujos potenciales, el cual será de gran ayuda para la enseñanza en nuestra aula-laboratorio.

#### Flujo de Hele Shaw.

Cuando un líquido escurre entre dos paredes paralelas muy cercanas entre sí, se produce un flujo que tiene las siguientes características.

- a) Su régimen es laminar y el Número de Reynolds es pequeño.

$$N_R = \frac{V L}{\nu}$$

$N_R$  - Número de Reynolds.

$V$  - Velocidad del flujo.

$L$  - Distancia entre paredes.

$\nu$  - Viscosidad cinemática del líquido.

- b) Es independiente del tiempo.

- c) Las variaciones locales de velocidad son muy pequeñas, por lo cual se considera que la viscosidad influye notablemente en el fenómeno.

El aparato consta de dos placas de acrílico de 10 mm de espesor, separadas a una distancia de 5 mm entre sí. Una de estas secciones posee una curvatura en forma de "U", esto se hace con la finalidad de que el recorrido del fluido se efectúe de manera uniforme, y cuando el líquido tienda a buscar su nivel con el depósito principal, se efectuará el desalojo y derrame del mismo.

En una sección de este aparato hay una tapa cuadrada de acrílico de (18x18) cm que es desmontable y donde se colocan los modelos.

#### Funcionamiento.

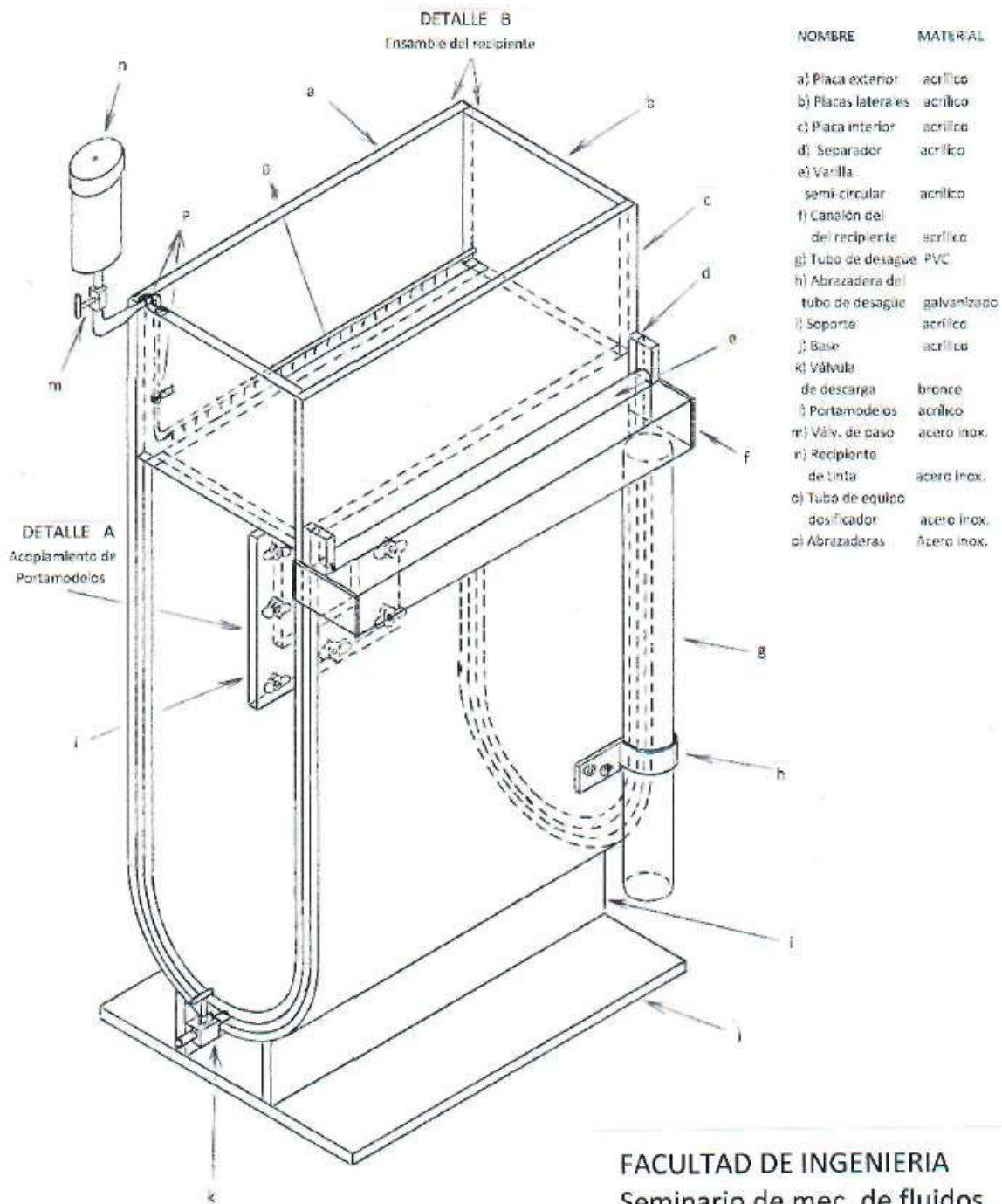
Para iniciar la prueba de este experimento, se selecciona la forma o el modelo correspondiente al tema que se va a tratar, cada modelo está fijado a una placa cuadrada de acrílico de (18x18) cm., y esta queda sellada al aparato por medio de ocho tuercas tipo mariposa.

Posteriormente se llena el depósito de entrada, es conveniente alimentar el agua mediante tubos delgados para evitar turbulencia en el flujo, cuando el agua empieza a desparramarse al final de la trayectoria del aparato, se abre la llave del sistema de aplicación de tinta, para que salga por medio de las puntillas y la tinta nos indicará la trayectoria del fluido.

Los siguientes dibujos nos indicarán el diseño y detalles de este dispositivo.

Aparato de Hele Shaw Isométrico

- “ Vista frontal y Vista lateral
- “ Detalle A
- “ Detalle A (Dimensiones) Placa de acrílico interior
- “ Detalle A-1
- “ Detalle B
- “ Detalle C
- “ Detalle D
- “ Detalle E
- “ Detalle F (Abrazaderas)
- “ Detalle G (Desagüe)
- “ Detalle H
- “ Detalle I

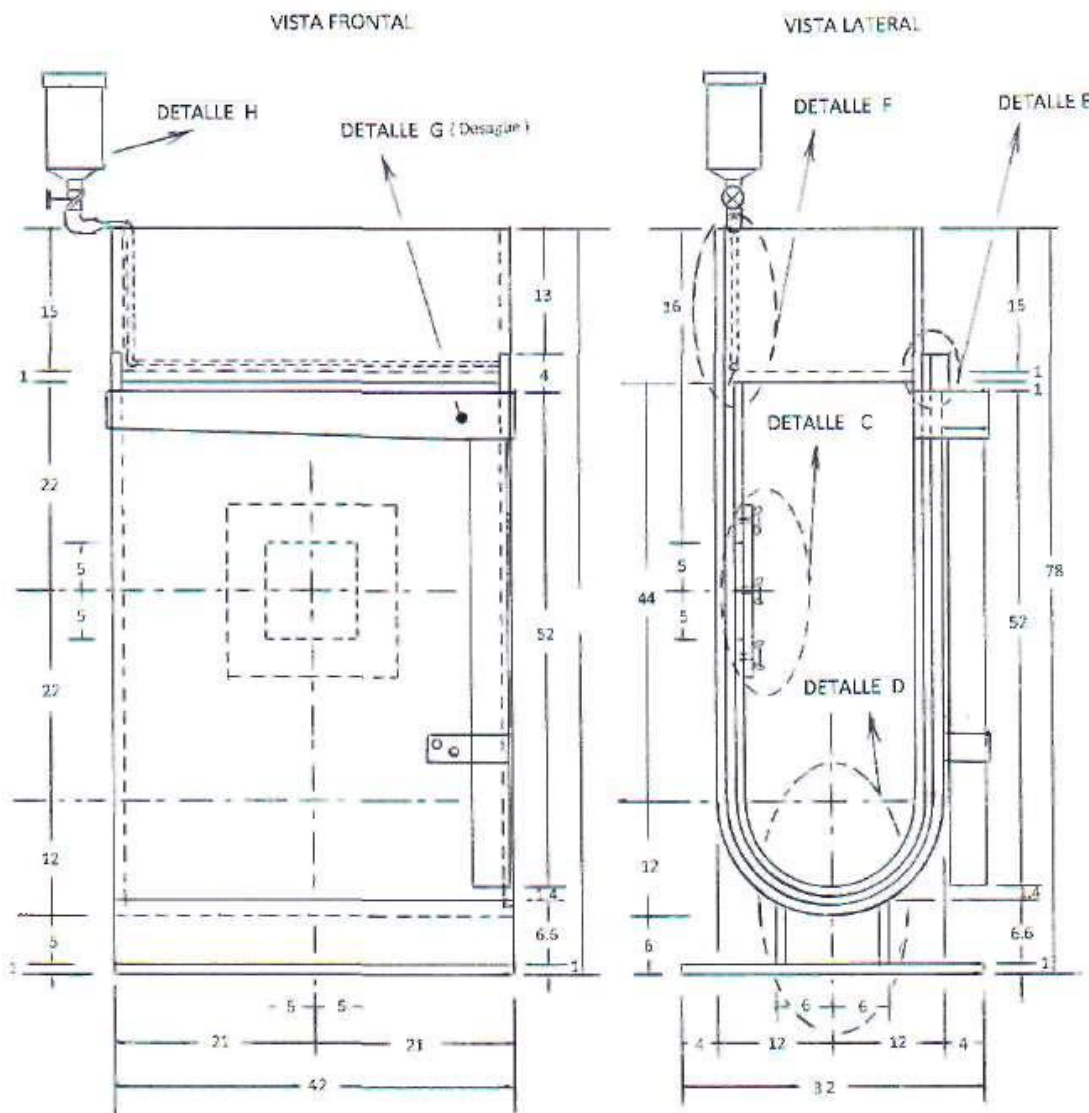


FACULTAD DE INGENIERIA  
Seminario de mec. de fluidos  
Aparato de Hele Shaw  
(Isométrico)

2º SEMESTRE 1972.

FECHA 16 IV.1972

UNAM

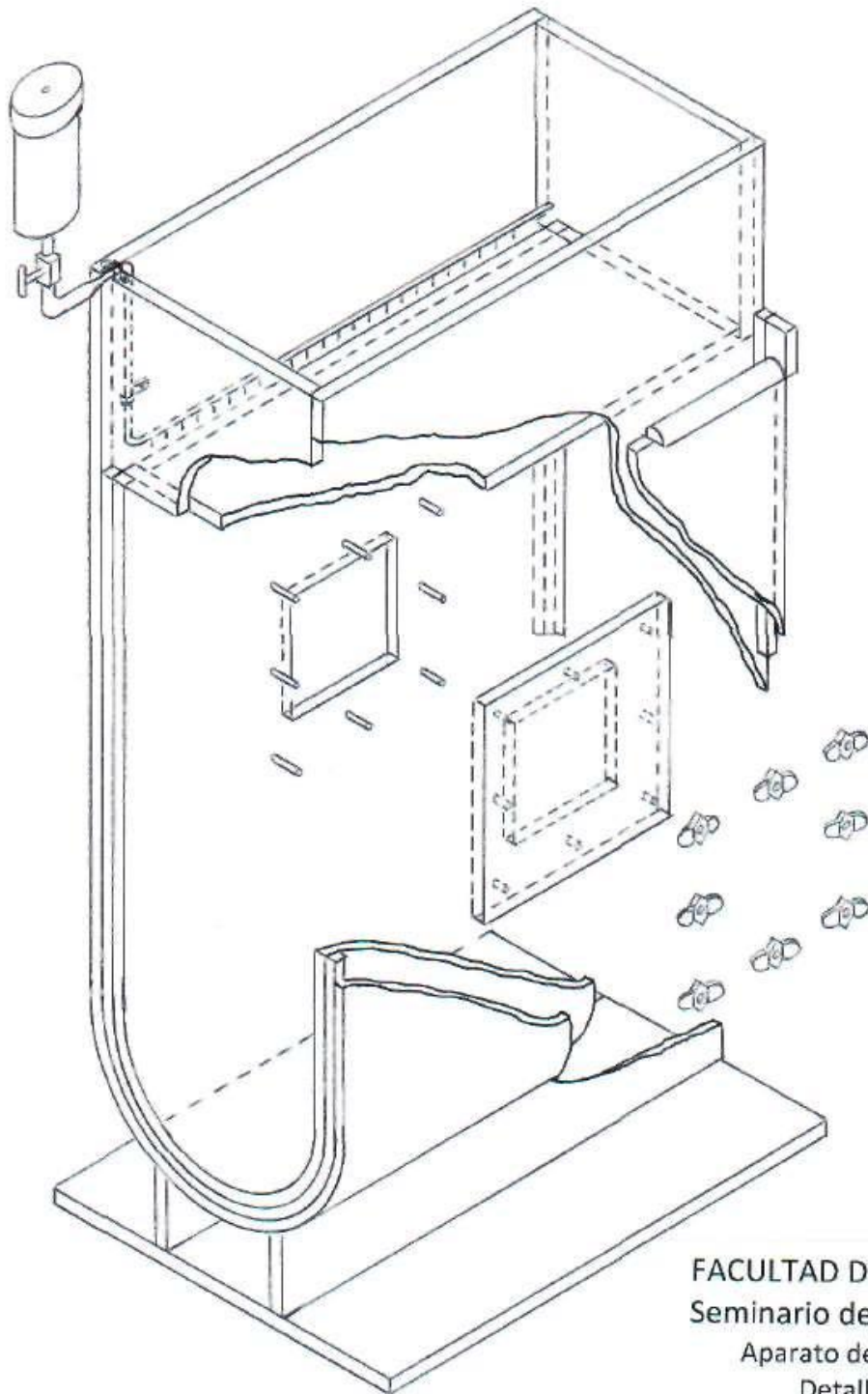


FACULTAD DE INGENIERIA  
 Seminario de mec. de fluidos  
 Aparato de Hele ShaW  
 Vista frontal y Vista lateral

2º SEMESTRE 1972

FECHA 16 IV-1972

UNAM



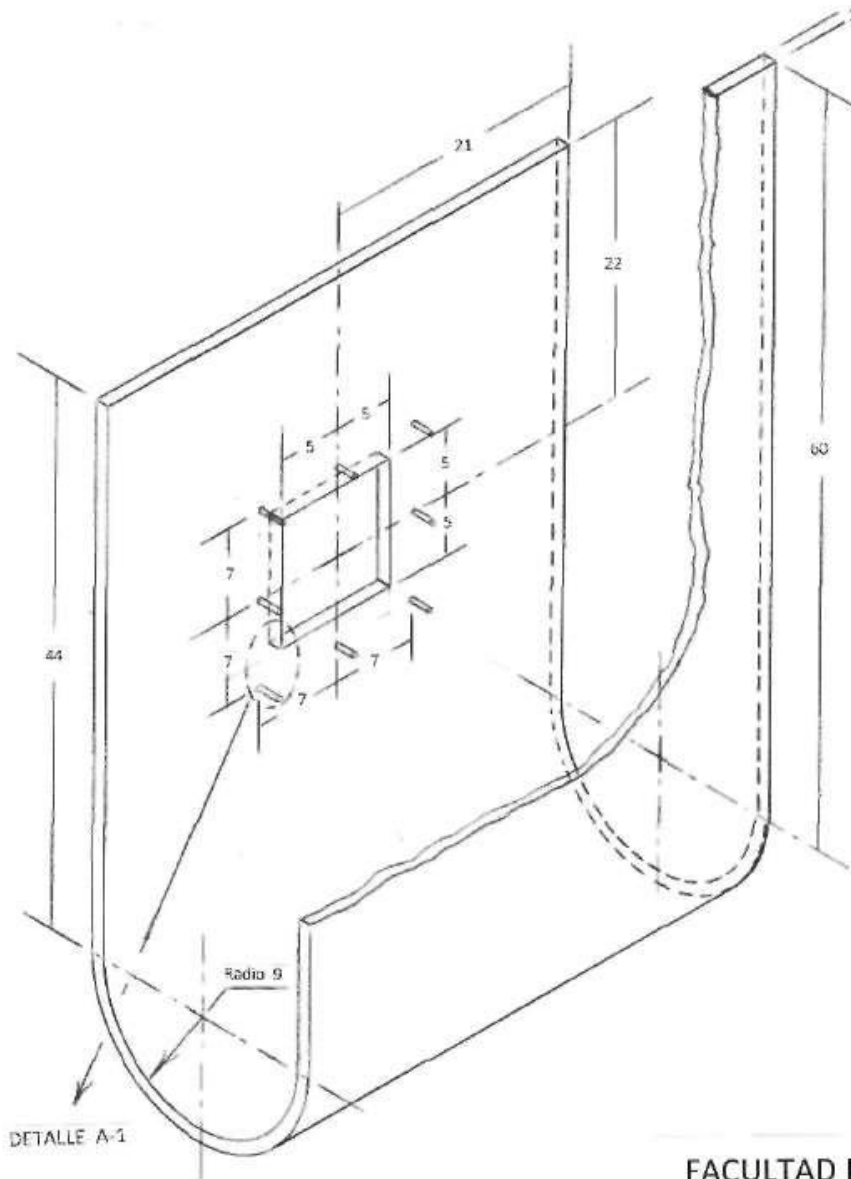
FACULTAD DE INGENIERIA  
Seminario de mec. de fluidos  
Aparato de Hele Shaw  
Detalle A

3º SEMESTRE 1972

FECHA 16-IV-1972

UNAM



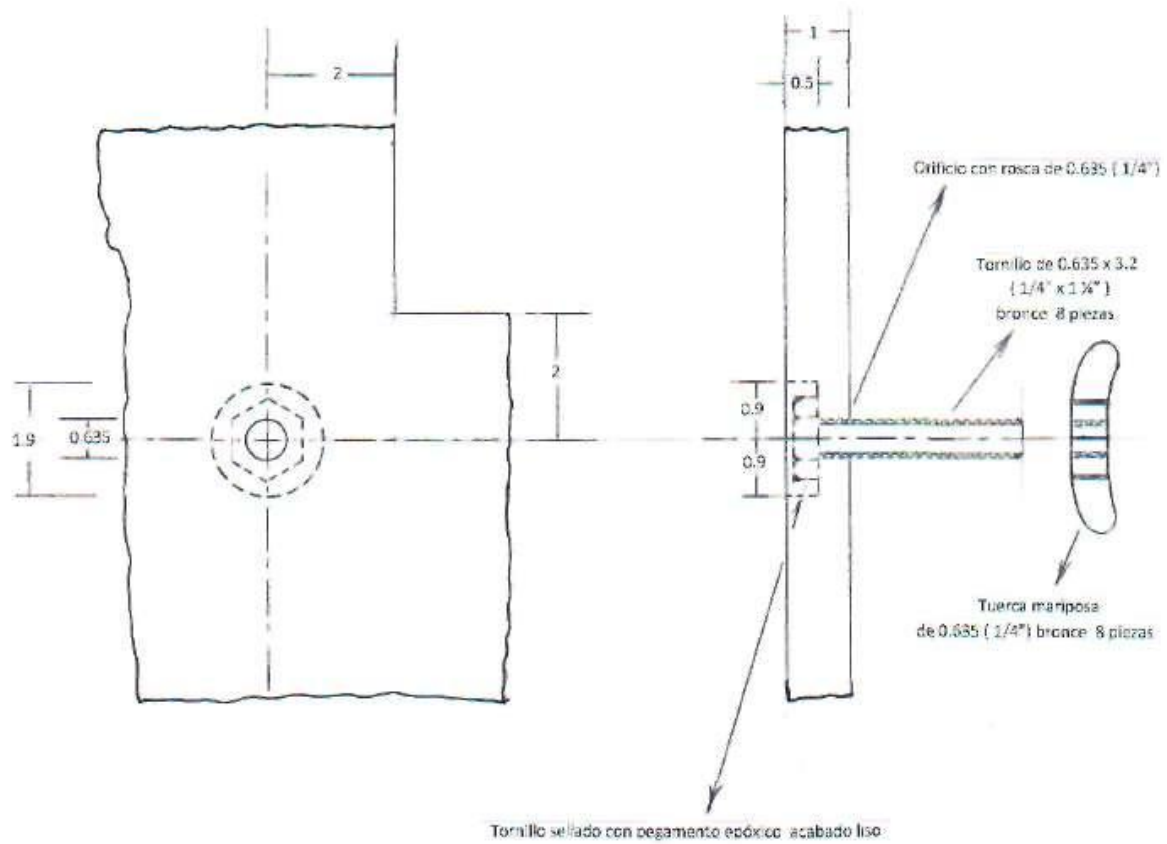


FACULTAD DE INGENIERIA  
 Seminario de mec. de fluidos  
 Aparato de Hele Shaw .  
 Detalle A (Dimensiones)  
 Placa de acrílico interior

2º SEMESTRE 1972

FECHA 16-IV-1972

UNAM

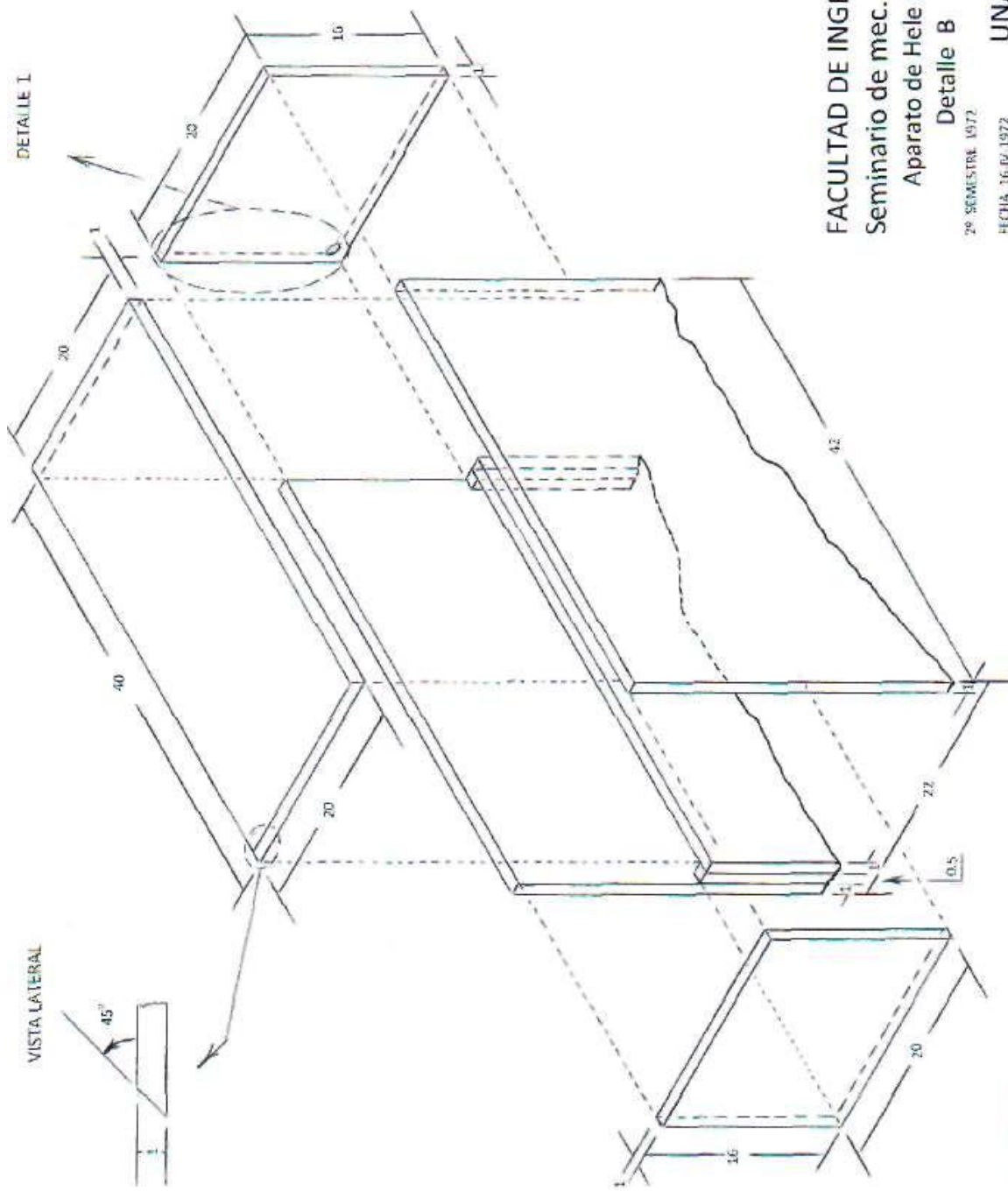


FACULTAD DE INGENIERIA  
 Seminario de mec. de fluidos  
 Aparato de Hele Shaw  
 Detalle A-1

2º SEMESTRE 1972

FECHA 16-IV-1972

UNAM



FACULTAD DE INGENIERIA  
 Seminario de mec. de fluidos  
 Aparato de Hele Shaw

Detalle B

2º SEMESTRE 1972

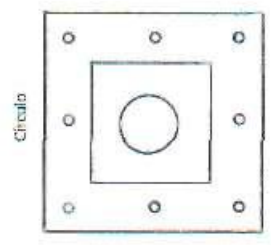
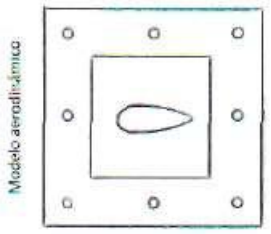
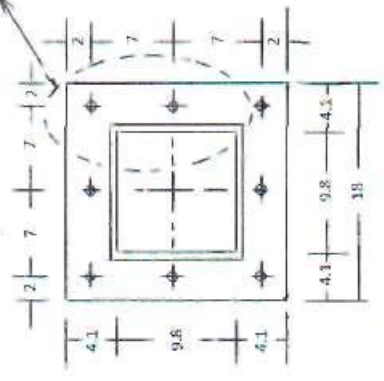
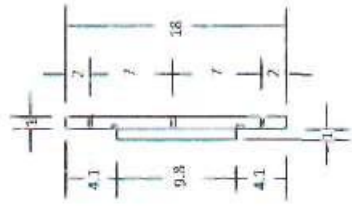
FECHA: 16 IV 1972

UNAM

ACOTS. EN CMS.

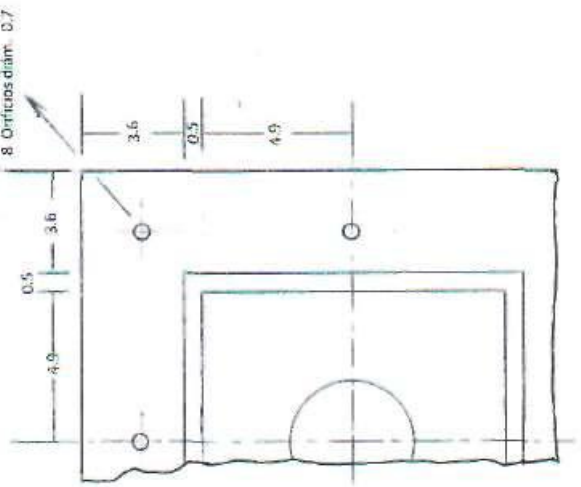
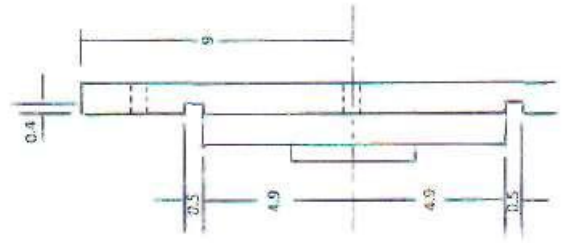
DETALLE (Parte inferior de esta pag.)

MODELIOS

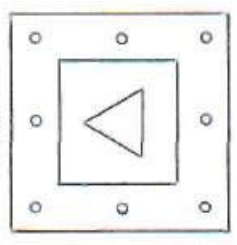


VISTA LATERAL

VISTA POSTERIOR



Triángulo a 60°

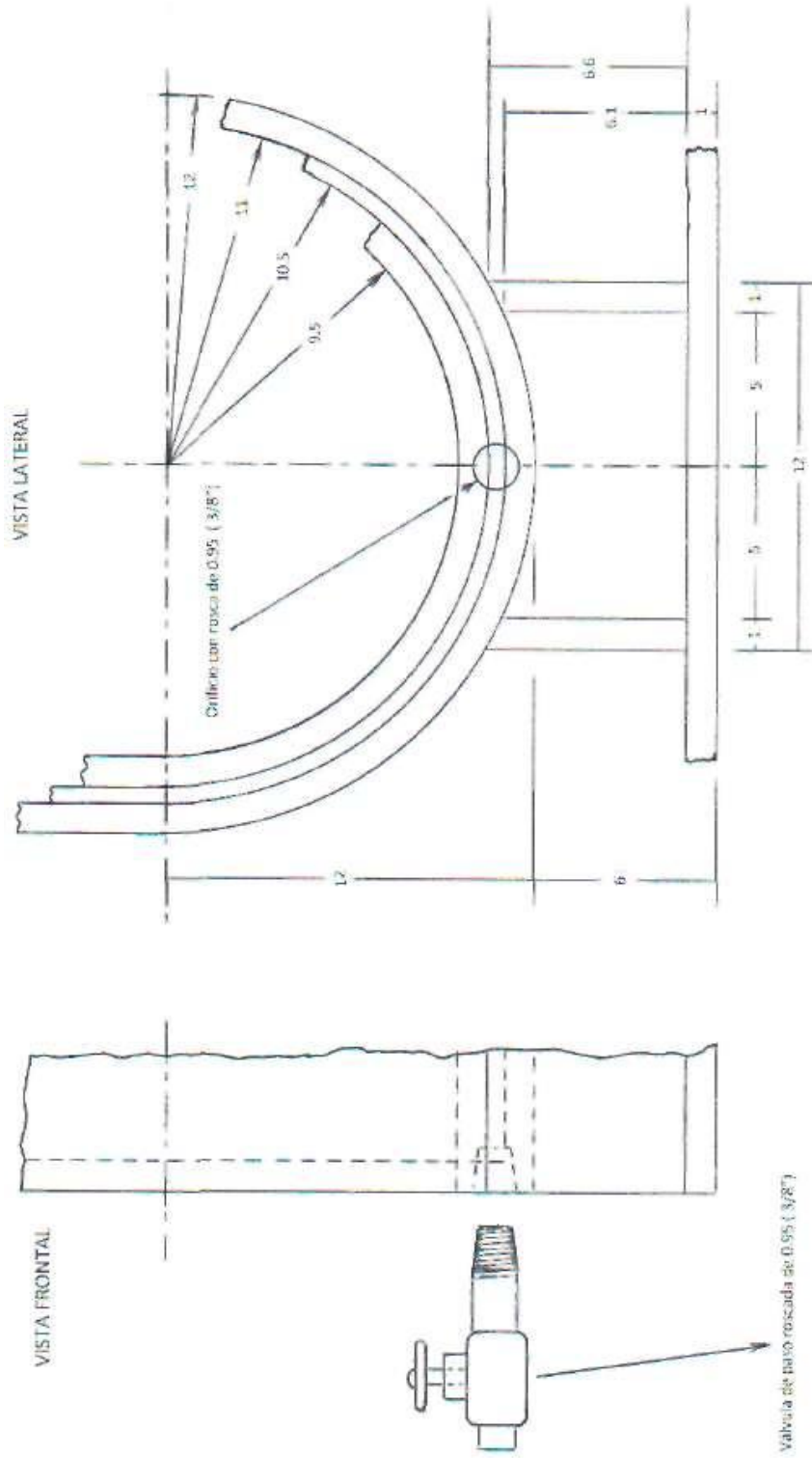


Espeor de los modelos



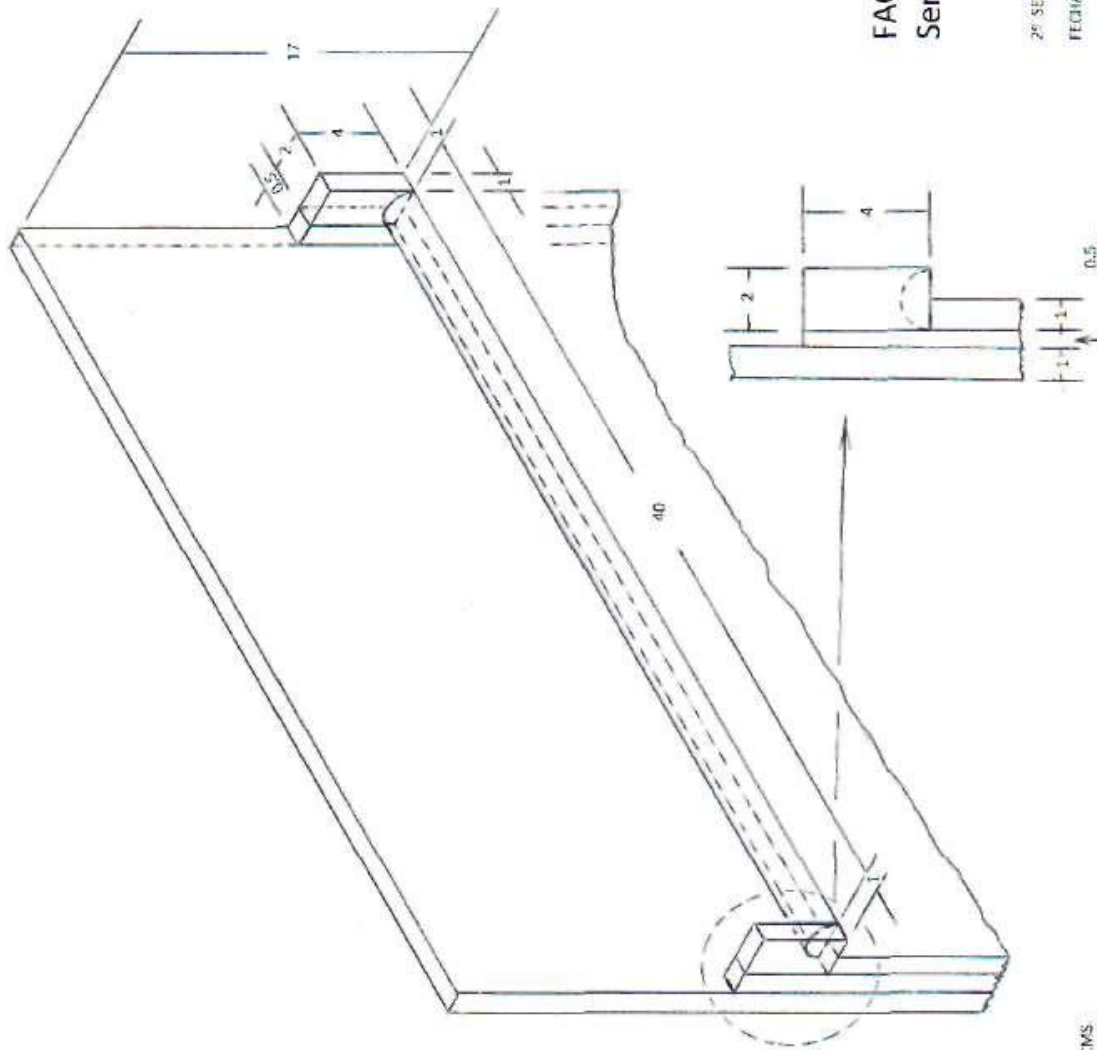
ACOTIS. EN CMS.

FACULTAD DE INGENIERIA  
 Seminario de mec. de fluidos  
 Aparato de Hele Shaw  
 Detalle C  
 2º SEMESTRE 1972  
 FECHA: 16 IV 1972  
 UNAM



FACULTAD DE INGENIERIA  
 Seminario de mec. de fluidos  
 Aparato de Hele Shaw  
 Detalle D  
 2º SEMESTRE 1972  
 FECHA 16-IV-1972  
 UNAM

ACOTS. EN CMS.



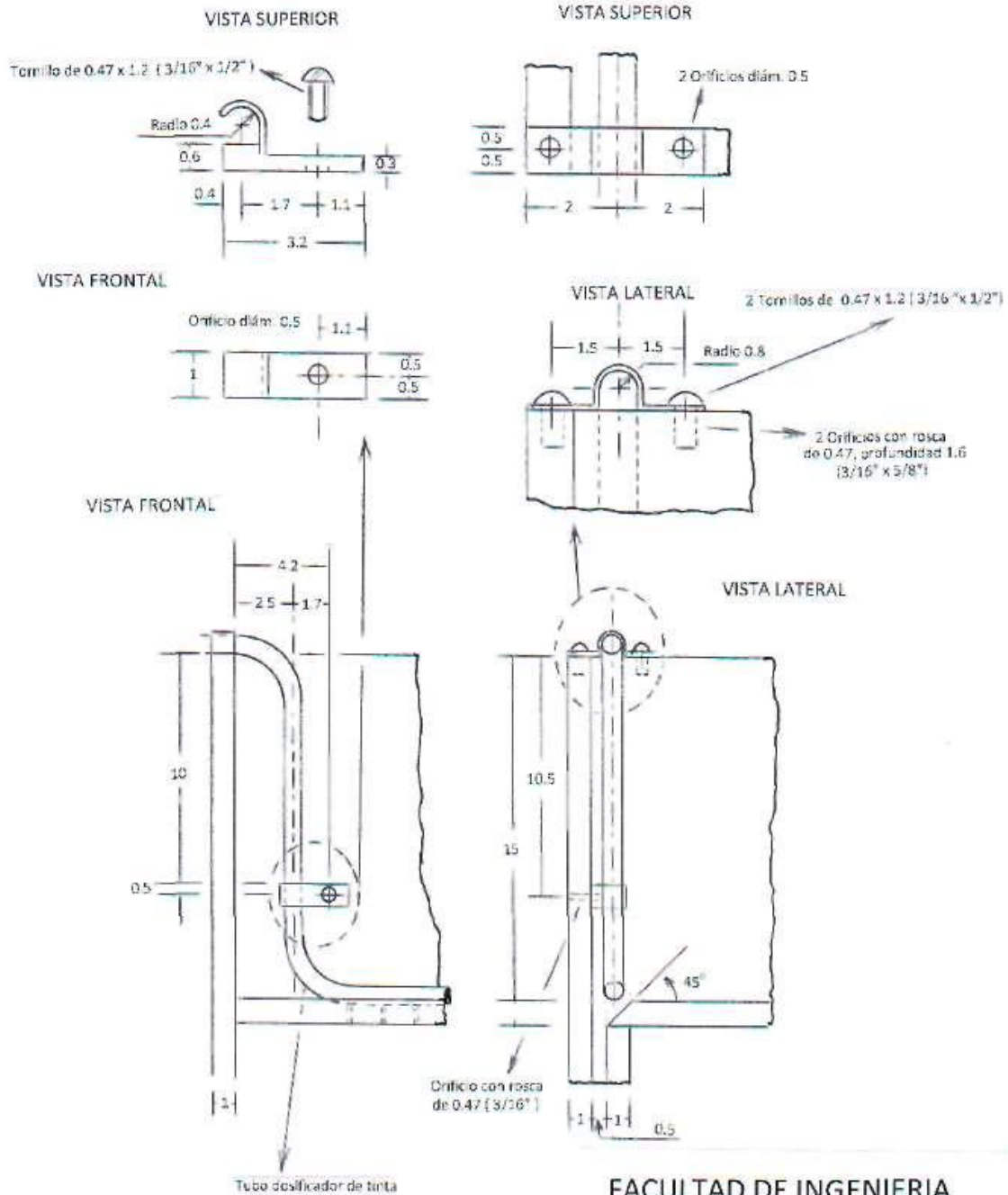
FACULTAD DE INGENIERIA  
 Seminario de mec. de fluidos  
 Aparato de Hele Shaw  
 Detalle E

2º SEMESTRE 1972

FECHA 16-IV-1972

UNAM

ACOTIS. EN CMS



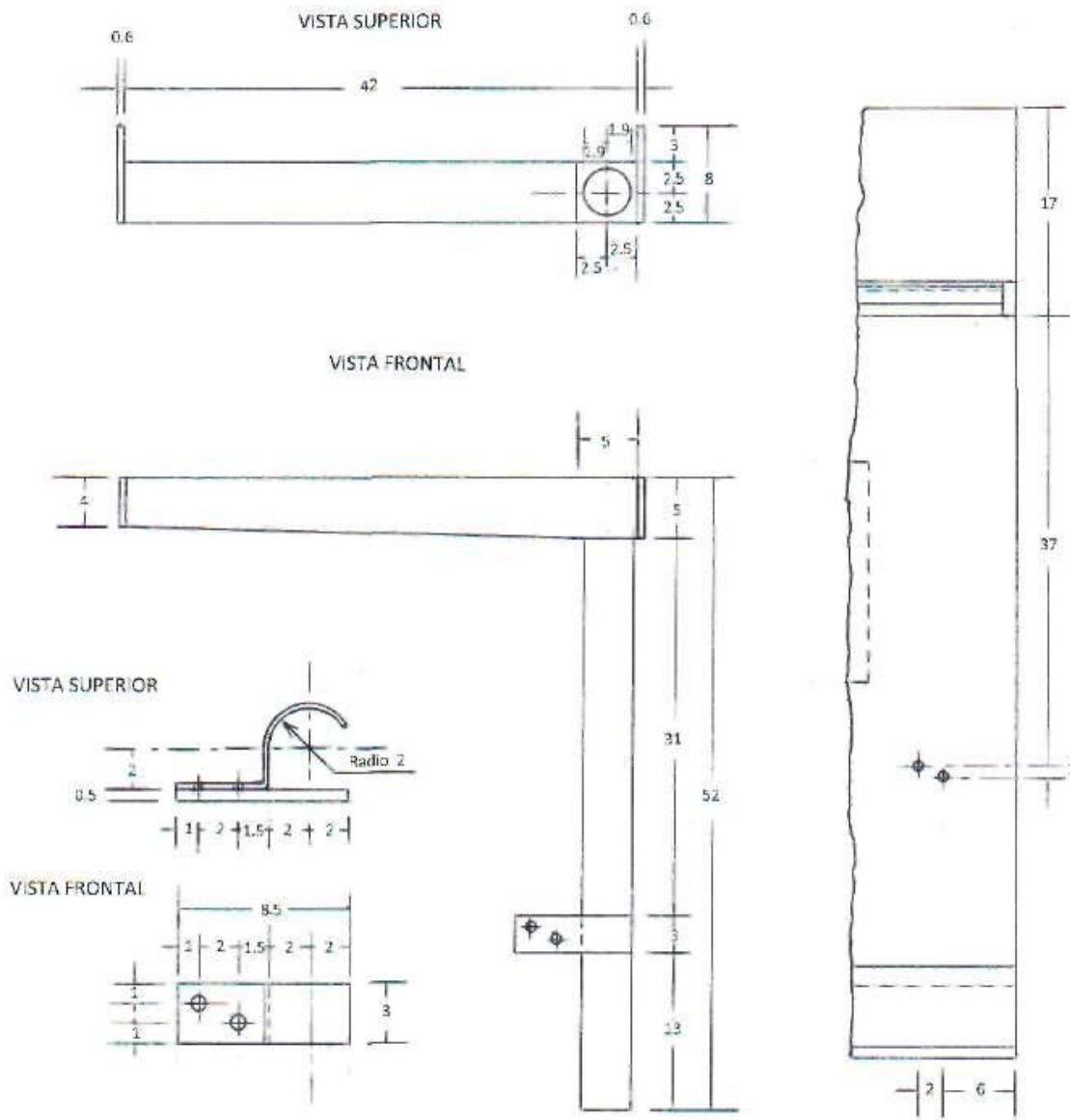
FACULTAD DE INGENIERIA  
 Seminario de mec. de fluidos  
 Aparato de Hele Shaw  
 Detalle F (Abrazaderas)

2º SEMESTRE 1

FECHA: 16-IV-1972

UNAM





FACULTAD DE INGENIERIA  
 Seminario de mec. de fluidos  
 Aparato de Hele Shaw  
 Detalle G (Desagüe)

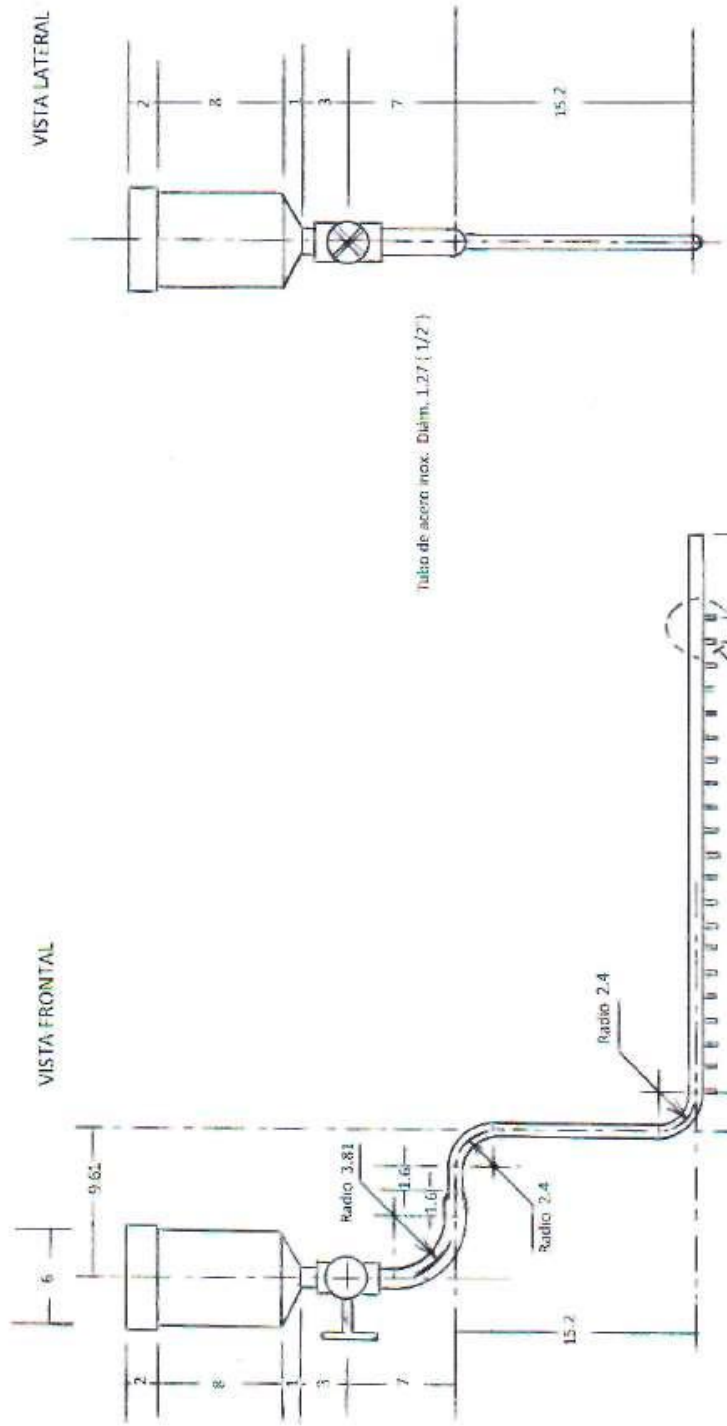
2º SEMESTRE 1972

FECHA 16-IV-1972

UNAM

ACOTS. EN CMS.

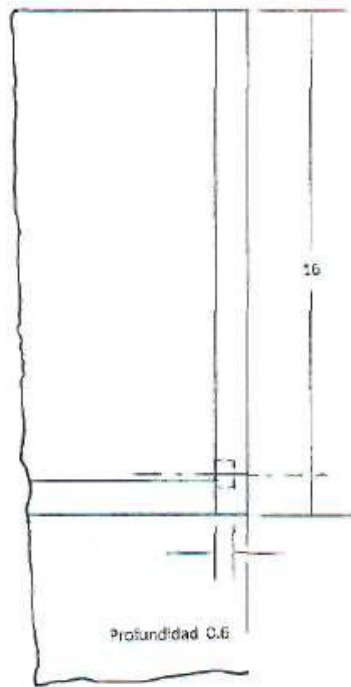




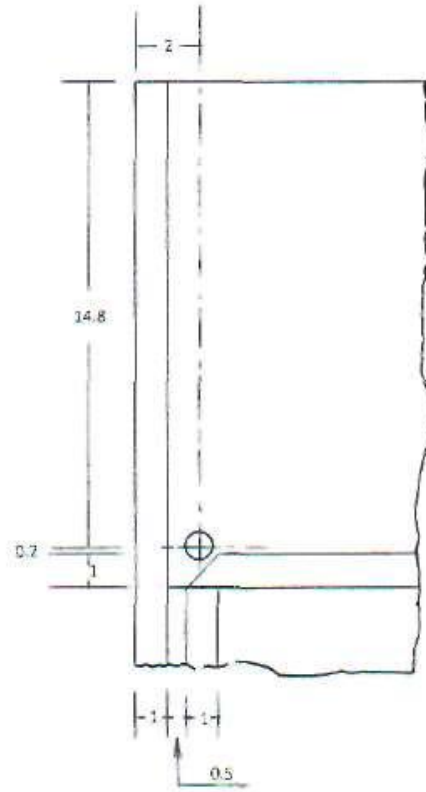
FACULTAD DE INGENIERIA  
 Seminario de mec. de fluidos  
 Aparato de Hele Shaw  
 Detalle H  
 (Equipo dosificador de tinta)  
 2º SEMESTRE 19/2  
 FECHA: 16/IV/1972  
 UNAM

ACOTÉS EN DIMS.

VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



ACOTS. EN CMS.

FACULTAD DE INGENIERIA  
Seminario de mec. de fluidos  
Aparato de Hele Shaw  
Detalle I

2º semestre 1972

FECHA 16-IV-1972

UNAM

## DISPOSITIVO # 2

### TUBO CON PIEZOMETROS.

Uno de los factores más importantes que determinan el flujo de un fluido, es la resistencia ofrecida por las paredes que lo limitan y los efectos viscosos de turbulencia. Consideremos el experimento que se muestra en el dibujo de este dispositivo en la cual el agua suministrada desde una fuente en la parte izquierda, se hace fluir a través de un tubo horizontal, la presión en puntos espaciados igualmente a lo largo de este tubo se mide por tubos verticales llamados piezómetros, insertados en el tubo transparente horizontal (cristal o plástico).

La velocidad del flujo se puede regular por medio de una válvula colocada en la descarga del tubo lo cual mantendrá una presión determinada.

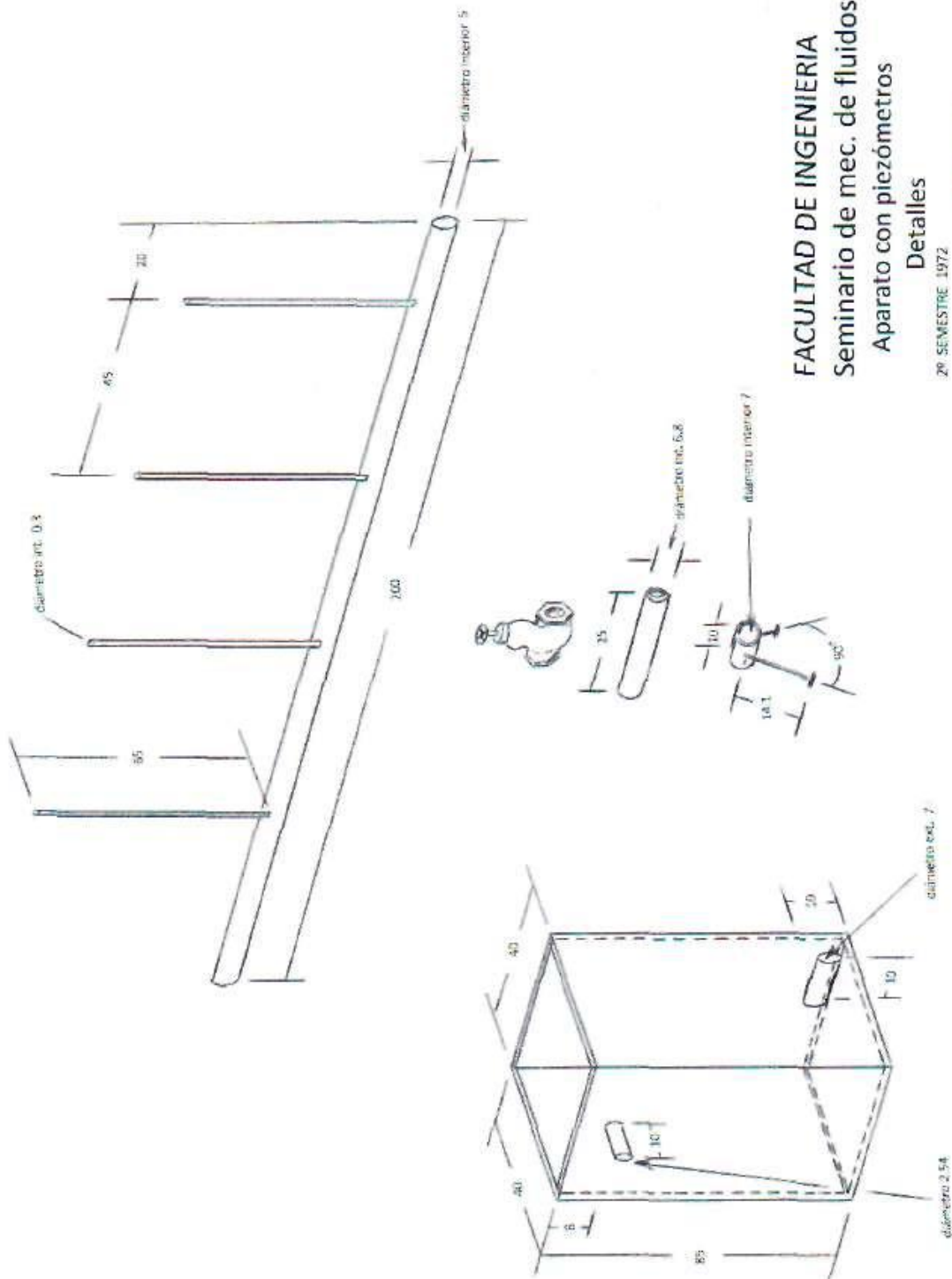
Con la válvula cerrada, el agua, buscando su equilibrio llegará en todos los tubos verticales a la misma elevación "S". Sus alturas indicarán una presión igual en todos los puntos a lo largo del tubo.

Cuando la válvula se abre parcialmente y se logra un flujo uniforme, el nivel de agua en cada uno de los tubos piezométricos desciende a niveles diferentes, como los indicados en el dibujo, y cuanto más se abre la válvula, más fuerte será la pendiente de la recta a b c d.

Puesto que en todo momento las alturas de las columnas Aa, Bb, Cc y Dd, miden las presiones en los puntos A, B, C y D respectivamente, la línea "a d" indica una caída uniforme y continua de presión a lo largo del tubo. Tal caída de presión que se designa por " $h_p$ ", se debe a la pérdida por fricción en el fluido en la tubería y a esta pendiente "ad" se le llama gradiente hidráulico, como se muestra en los dibujos siguientes.

- Aparato con piezómetros
- Aparato con piezómetros (Detalles)





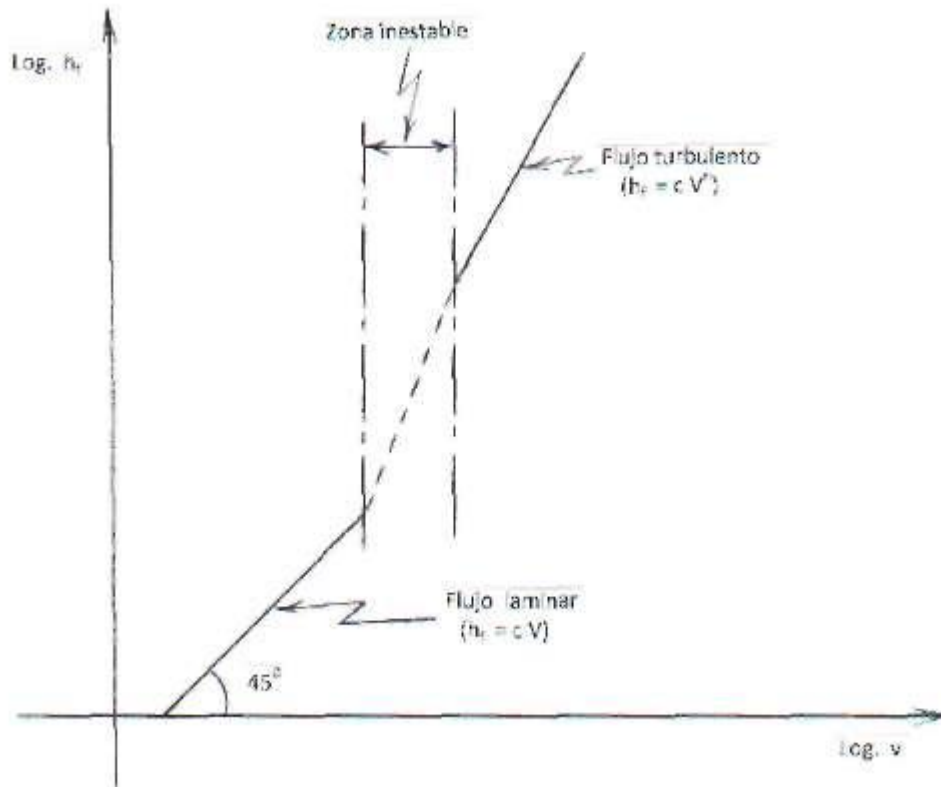
FACULTAD DE INGENIERIA  
 Seminario de mec. de fluidos  
 Aparato con piezómetros  
 Detalles

2º SEMESTRE 1972  
 FECHA 16-IV-1972

UNAM

ACOF EN COM.

Realizando mediciones de la carga de fricción para diferentes velocidades del flujo, se obtiene la siguiente curva en expresión logarítmica



La parte inferior es una línea recta con pendiente de  $45^\circ$ , lo que indica que  $h_f$  es proporcional a la velocidad, como es característico del flujo laminar, la parte superior la podemos interpretar (Reynolds) como una línea recta con pendiente próxima a 2, indicando que  $h_f$  es casi proporcional a  $V^2$ .

### DISPOSITIVO #3

#### APARATO DE REYNOLDS VERTICAL.

Este aparato que demuestra las características de los flujos laminar y turbulento, consiste esencialmente en un tubo transparente por medio del cual puede pasar agua a diferentes velocidades y que se controlan por una válvula que regula la salida del agua.

Este aparato contiene un recipiente circular en la parte superior lleno de agua y dentro, contiene un depósito (cilindro delgado) en posición vertical para tinta, este depósito con un orificio pequeño en la parte inferior, servirá para aplicar la tinta cuando el agua empiece a fluir por el tubo transparente.

Para que se presente el flujo laminar, se comienza con una velocidad del agua baja, procurando que el agua que se encuentra en el recipiente este en calma, cuando el agua empiece a fluir por el tubo transparente, se abre la válvula del depósito para que fluya la tinta y aparecerá un hilo delgado extendido a través de la longitud del tubo transparente.

En esta etapa el fluido se mueve en capas o láminas circulares paralelas.

Conforme se va aumentando la velocidad del agua por medio del incremento de la apertura de la válvula que se encuentra en la parte inferior del tubo transparente, se observa que el filamento de tinta se va entremezclando con el agua, por lo tanto, el líquido pasa a un estado turbulento, permaneciendo en estas condiciones para velocidades superiores del fluido de agua.

Estos dos tipos de flujo están afectados de factores como: la velocidad, la densidad, la viscosidad y el diámetro de la tubería.

Según la relación.

$$N_R = \frac{V D}{\nu}$$

Para valores del número de Reynolds de 2000 o menores el flujo resulta laminar, y para valores mayor que 4000 el flujo resulta turbulento.

Este aparato vertical evita el problema que se presenta con los equipos de Reynolds horizontales que a lo largo de la trayectoria de la tinta esta se va asentando por efecto de su densidad, el diseño que se propone es un aparato vertical mostrado en los siguientes dibujos, el cual reproduce el fenómeno visualmente en forma clara.

Nº	CANT.	NOMBRE	MATERIAL	MEDIDAS
1	1	SOPORTE (COLUMNA)	MADERA	35 x 8 x 3.5
2	1	VASO TUBO	LUCITA	VER DIBUJO
3	1	ARO (SUJETADOR)	SOLEIRA	ESPESOR 0.5
4	2	BASE	SOLEIRA	ESPESOR 0.64
5	2	GUIA	MADERA	10.5 x 8 x 1.5
6	1	GUIA	MADERA	8.5 x 4 x 1.5
7	1	SUETADOR DEL VASO TUBO	SOLEIRA	0.32 VER DIBUJO
8	1	PERNO CUADRADO	FIERRO	CUADRADO DE 1 POR LADO
9	1	TUBO DOSIFICADOR	LUCITA	DIAM. 3 VER DIBUJO
10	1	MANGUERA DE DESAGUE	PLASTICO	DIAM. 2.54 x 200
11	3	MANGUERA DE ALIM.	PLASTICO	DIAM. 1.27 x 200
12	1	MANGUERA PLANILINA	PLASTICO	DIAM. 0.81 x 200
13	4	ESCUADRA	PLACA	ESPESOR 0.8 VER DIBUJO
14	26	TORNILLO	FIERRO	TIPO MADERA 1.61
15	6	TORNILLO C/T	FIERRO	6.35 x 0.64
16	2	ESCUADRA	SOLEIRA	ESPESOR 0.8 VER DIBUJO

ACOT. EN CMS.

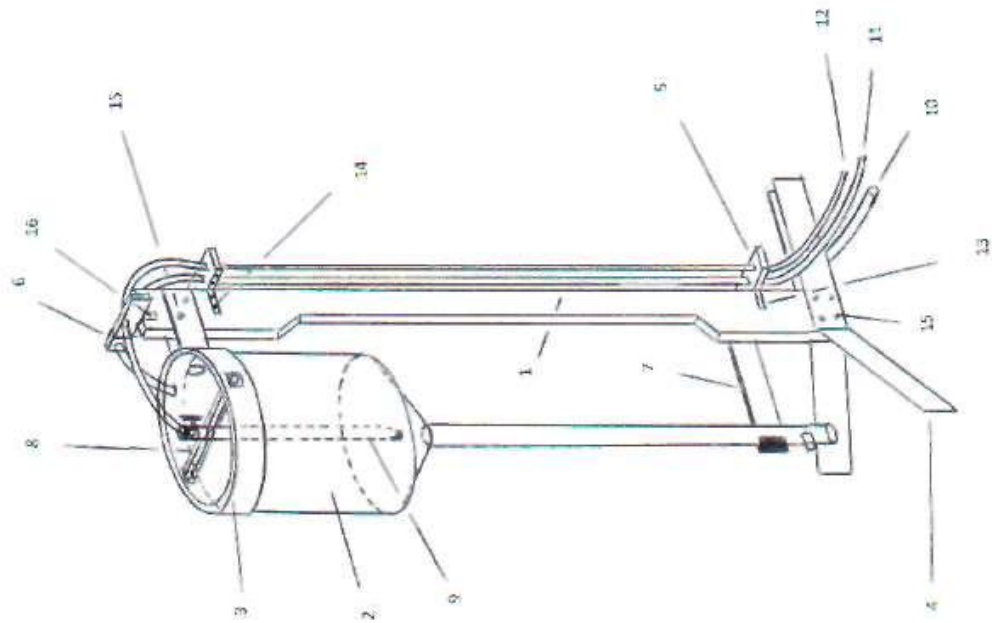


FIG. 3 - 10

FACULTAD DE INGENIERIA  
Seminario de mec. de fluidos  
Aparato de Reynolds Vertical

2º SEMESTRE 1972

FECHA 16-IV-1973

UNAM





## DISPOSITIVO # 4

### APARATO PARA DEMOSTRAR EL RESALTO HIDRAULICO, ORIFICIOS, COMPUERTAS Y VERTEDEROS.

Este dispositivo consiste en un recipiente de forma rectangular. Su construcción puede ser de acrílico transparente para visualizar claramente los fenómenos que se reproducirán. Las dimensiones de este dispositivo se muestran en el dibujo 4-1 y los detalles en los dibujos 4-2 y 4-3.

Este aparato nos permitirá realizar una serie de experimentos, como la observación y estudio del resalto hidráulico, así como también el funcionamiento de los orificios y vertederos.

#### Reproducción del fenómeno del resalto hidráulico.

En el dibujo 4-4 (figura A) , por medio del circuito de agua de la mesa de demostraciones alimentamos el depósito principal y con la tapa móvil graduamos en la parte inferior la altura  $Y_1$ , en seguida procedemos a variar el ángulo de la compuerta hasta alcanzar un flujo contante, para medir las cotas  $Y_1$  ,  $Y_2$  y el gasto  $Q$ , y se puede observar la gran turbulencia y remolinos que se forman y que son clásicos del resalto hidráulico y comprobar posteriormente con la ecuación:

$$Y_2 = ( Y_1 / 2 ) ( \sqrt{1 + 8 N_F^2} - 1 ) \quad \text{donde} \quad N_F = \frac{V_1}{\sqrt{gY_1}}$$

El gasto  $Q$ , se puede conocer midiendo en un recipiente a la salida el volumen, y el tiempo que tarda en llenarse con un cronómetro.

Como se sabe, el resalto hidráulico es el cambio brusco de régimen brusco a régimen lento, con gran disipación de energía, por la gran turbulencia y remolinos originados, por lo que se utiliza esencialmente como disipador.

#### Orificios:

Quitando la tapa móvil y colocando un orificio como el que se muestra en el dibujo 4-4 (figura B), podemos determinar varios parámetros a partir de estos, que serán de mucha utilidad en la solución de algunos problemas de aforo de líquidos y gases. Estos parámetros son los coeficientes de velocidad  $c_v$ , coeficiente de contracción  $c_c$  y coeficiente de descarga  $c_d$ .

En el dibujo 4-4 (figura B), la velocidad teórica esta dada por la fórmula:

$$V_t = \sqrt{2gH}$$

y para obtener la velocidad real es necesario introducir un coeficiente llamado coeficiente de velocidad  $c_v$ , quedando la fórmula de la siguiente forma:

$$V_r = c_v \sqrt{2gH}$$

El coeficiente de velocidad ( $c_v$ ), es de tipo experimental y su valor es alrededor de 0.9.

Podemos determinar el coeficiente de contracción que es el cociente del área del chorro entre el área del orificio, esto es:

$$C_c = \frac{\text{Área del chorro}}{\text{Área del orificio}}$$

Para encontrar en área del chorro, podemos medir el diámetro del mismo por medio de dos tornillos ajustables colocados en frente del orificio, tal como se muestra en el dibujo 4-4 (figura B). Con el coeficiente de contracción ya calculado, podemos aplicar la fórmula de los orificios para encontrar el gasto Q:

$$Q = c_v c_c A \sqrt{2gH} \quad \text{donde } c_v c_c = c_d$$

$c_d$  es el coeficiente de descarga. La fórmula queda de la forma siguiente:

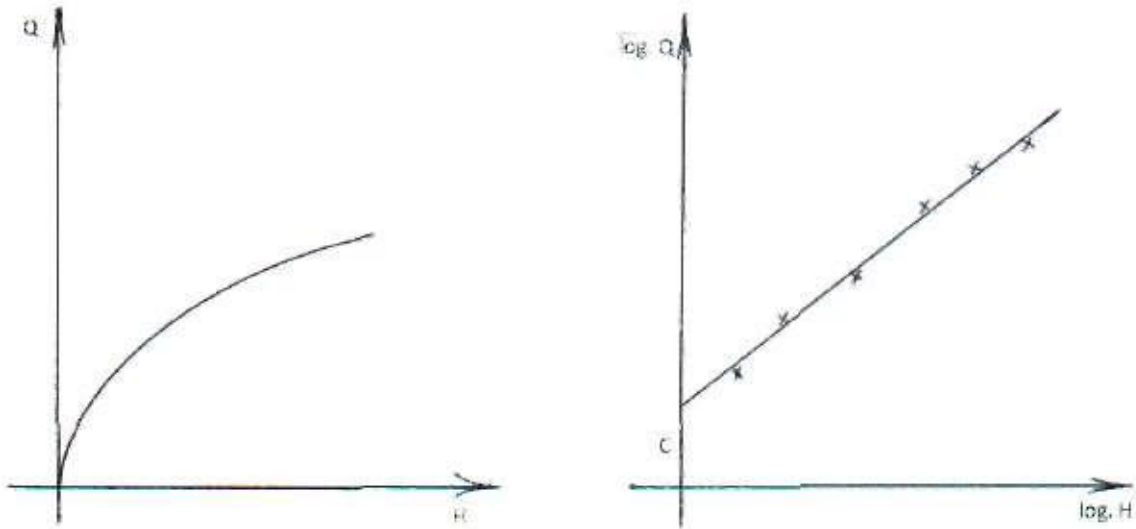
$$Q = c_d A \sqrt{2gH} \quad A = \text{área del orificio}$$

Por medio de un tubo de pitot colocado en la salida del orificio, podemos de una manera práctica medir la velocidad real del chorro, ( figura B ) y compararla posteriormente con los resultados analíticos, dados por  $v_t$  y obtener  $c_v$ .  $c_v = v_{\text{real}} / v_{\text{teórica}}$

**Vertederos:**

Cuando la descarga del líquido se efectúa a través de una escotadura hecha en un muro a través de un recipiente a superficie libre, la estructura hidráulica en la que ocurre se llama vertedor, pudiendo presentar diferentes formas según las finalidades a que se destine. Así, cuando se efectúa sobre una placa con perfil de cualquier forma, pero con arista aguda, el vertedor se llama de pared delgada; pero cuando el contacto entre la pared y la lámina vertiente es una superficie, el vertedor es de pared gruesa. Ambos tipos pueden usarse como dispositivos de aforo y de control, tanto en obras hidráulicas como en el laboratorio.

En el dibujo 4-4 (figura C), se indica una escala que se utilizará para medir distintos niveles, los cuales servirán para cubicar el volumen vertido en un tiempo determinado y de ahí deducir el gasto Q. Con varios valores de H y Q, podemos obtener una gráfica como la que se muestra a continuación:



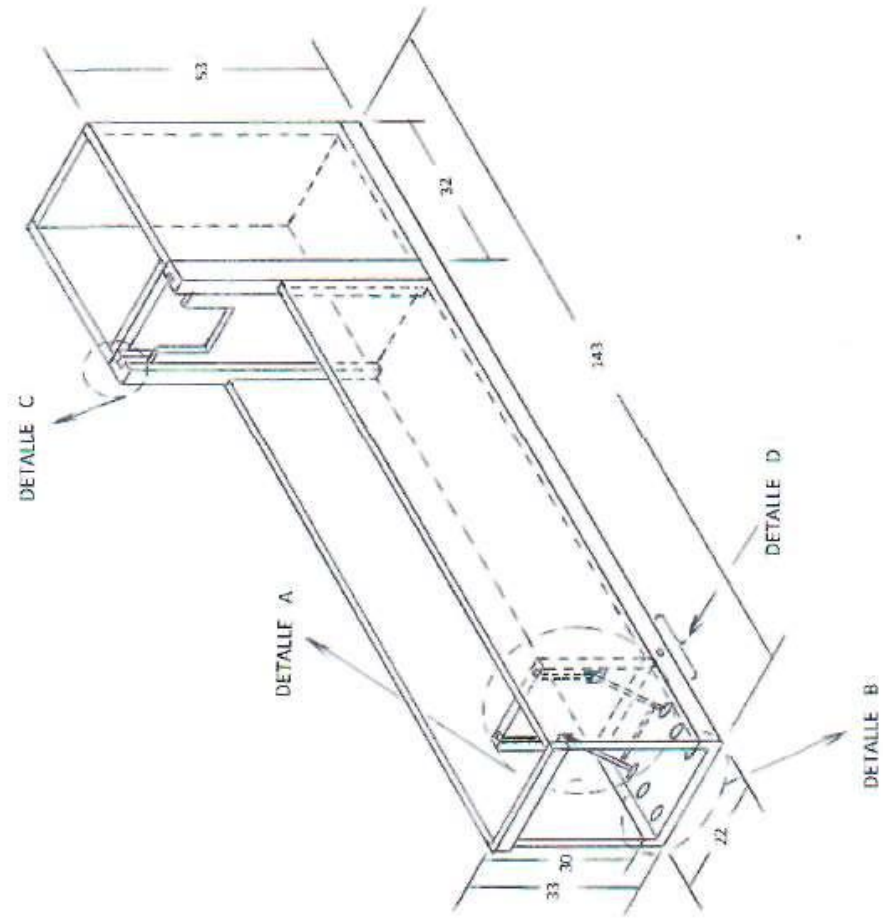
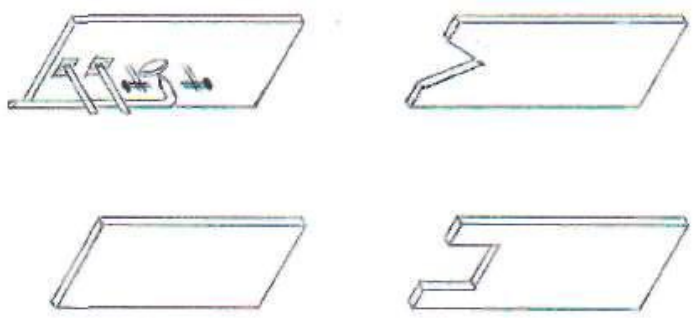
Si volvemos a graficar nuevamente H contra Q, pero ahora en forma logarítmica, se observará que los puntos que formaban una curva ahora quedan ubicados muy cerca de una línea recta. La pendiente de esta recta nos servirá para encontrar el exponente “ $\alpha$ ” y la distancia al origen nos dará el valor del coeficiente C de la fórmula:

$$Q = C H^{\alpha}$$

Obteniéndose así la fórmula empírica del vertedor.

Dibujos:

- 4-1 Recipiente para vertederos (Isométrico y vertederos).
- 4-2 Recipiente para vertederos (Detalles A y D).
- 4-3 Recipiente para vertederos (Detalles B y C) y Vertederos (Medidas).
- 4-4 Recipiente para vertederos.



FACULTAD DE INGENIERIA  
 Seminario de mec. de fluidos  
 Recipiente para Vertederos  
 (Isométrico y Vertederos)

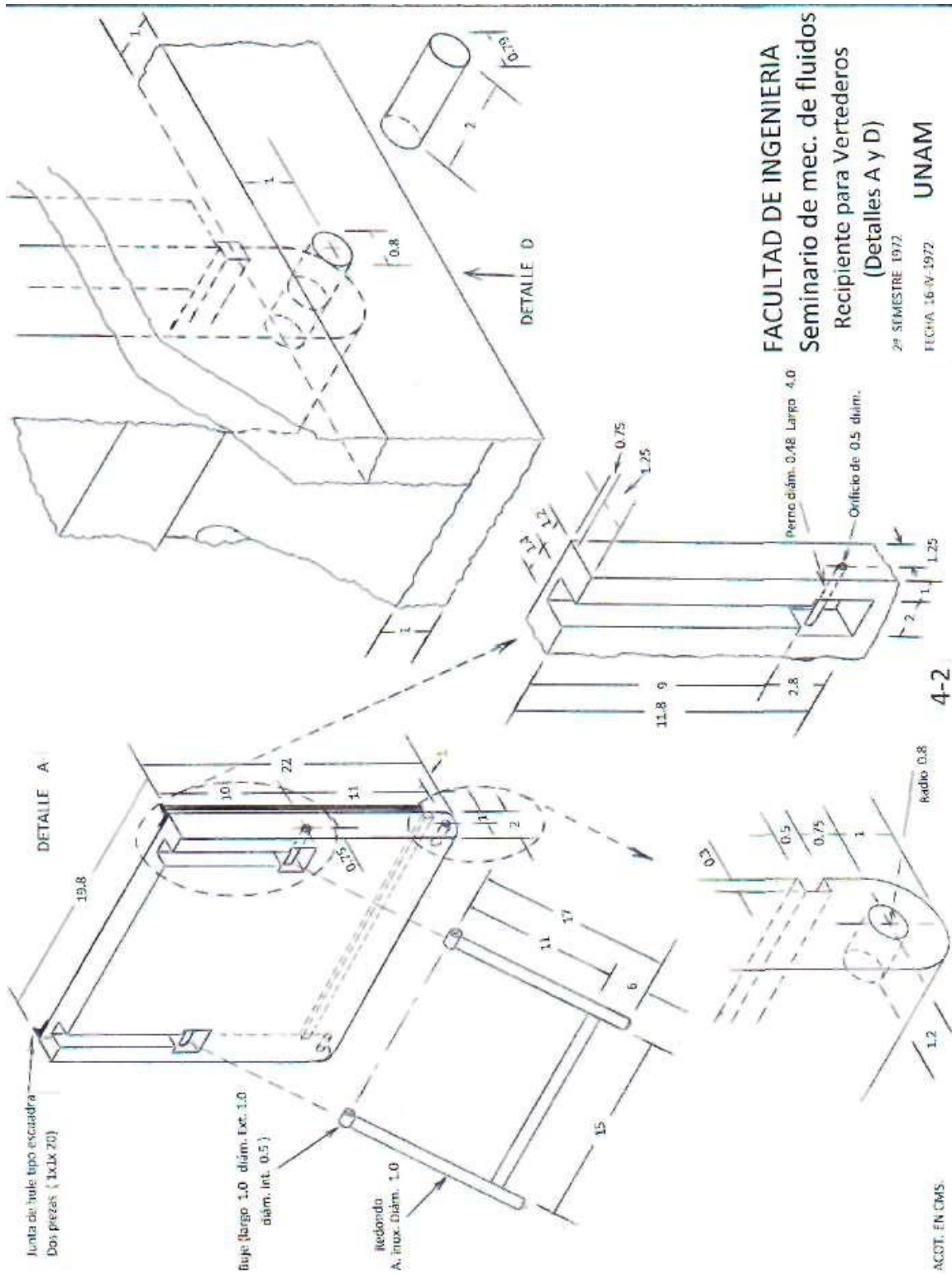
2º SEMESTRE 1972

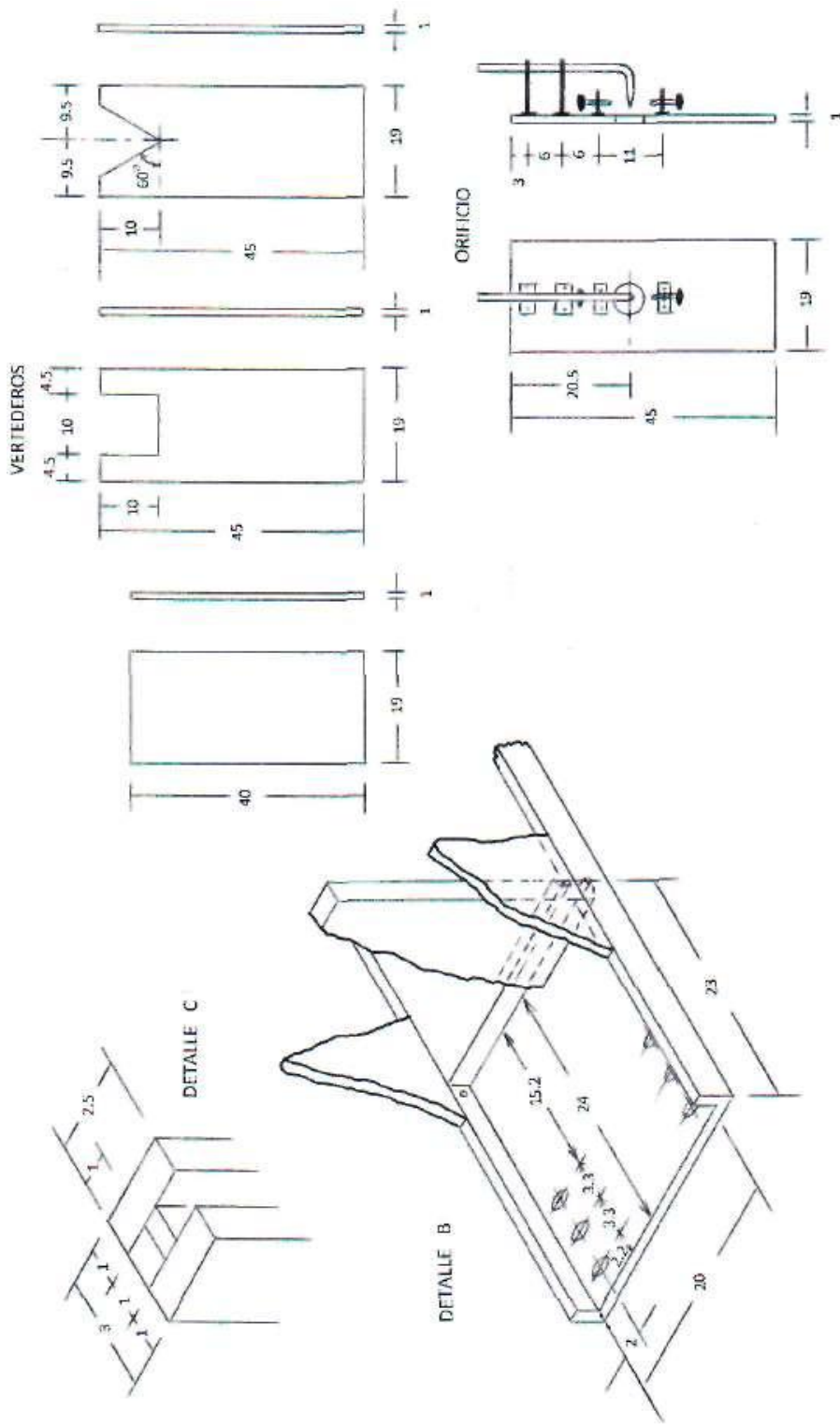
FECHA 16-IV-1973

UNAM

4-1

ACOT. EN CMS.





FACULTAD DE INGENIERIA  
 Seminario de mec. de fluidos  
 Recipiente para Vertederos  
 (Detalles B y C)  
 Vertederos (Medidas)

2º SEMESTRE 1972  
 FECHA 16-IV-1972

4-3

ACOT. EN CMS.

UNAM



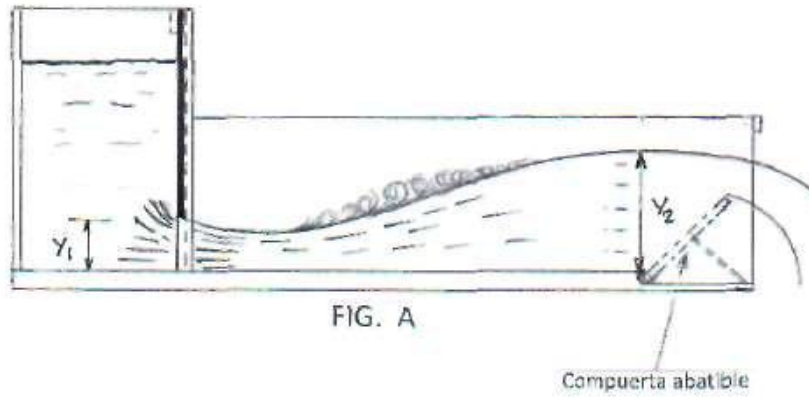


FIG. A

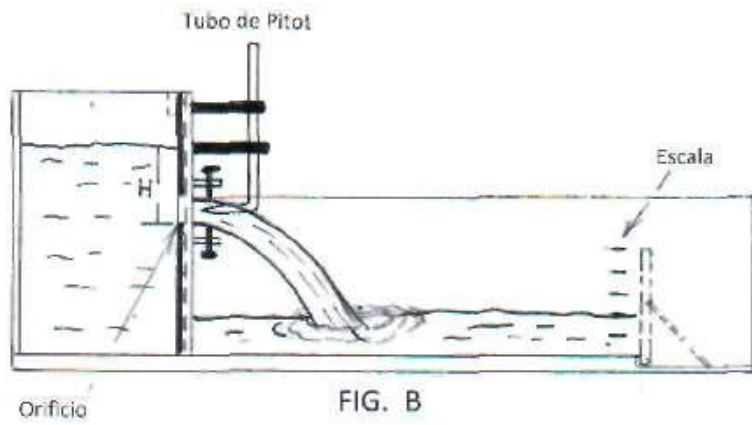


FIG. B

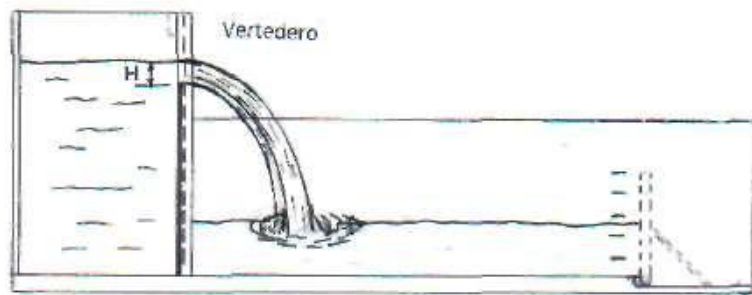


FIG. C

4-4



Con este mismo dispositivo se pueden realizar pruebas relacionadas con la capa límite. Para ello basta con introducir unas gotas de anilina o colorante en el piso del recipiente, graduar con la tapa móvil la altura  $Y_1$ , y dejar que el agua se deslice lentamente con la compuerta totalmente abierta, como se muestra en el dibujo 4-5 (figura D), pudiendo ver cómo se desarrolla la capa límite a lo largo del deslizamiento del líquido.

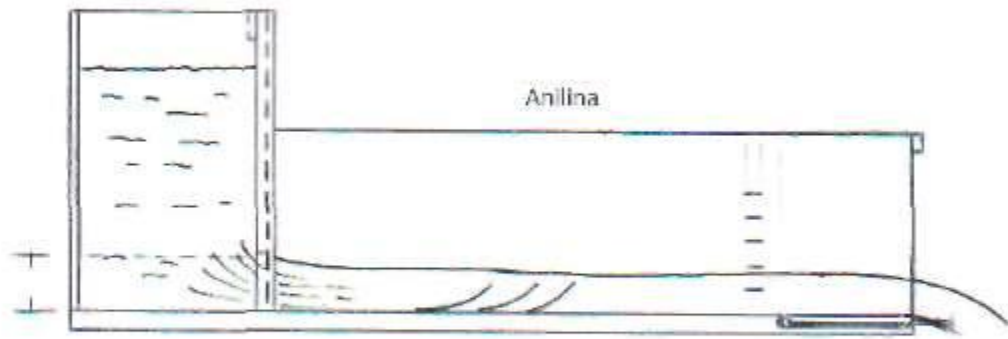


FIG. D

## DISPOSITIVO # 5

### APARATO PARA EXPERIMENTAR LOS EFECTOS DE ARRASTRE.

La parte neumática de este aparato se opera por medio de la salida de aire de la mesa de demostraciones (manguera), la cual se acopla a la boquilla del tubo fijo. Se coloca el modelo que se va a someter a prueba en la barra vertical y se equilibra este modelo con el contra-peso que se encuentra en el otro lado de la misma. Se aplica el flujo de aire que sale del tubo produciendo un determinado arrastre en el modelo de prueba y este se manifiesta al girar la barra que estaba en posición vertical, el desplazamiento que se produce en la barra queda indicado en la escala del aparato.

El arrastre se puede cuantificar colocando pesitas en el envase suspendido y unido por un hilo a la barra llevando a esta a la posición vertical.

Los experimentos pueden planearse utilizando distintos perfiles, que tengan por ejemplo el mismo peso o la misma forma y dimensiones con diferentes pesos.

Como la fuerza de arrastre se puede calcular por la fórmula:

$$F_A = \frac{1}{2} \rho C_D A V^2$$

Donde:  $F_A$  = Fuerza de arrastre

$\rho$  = Densidad del fluido utilizado

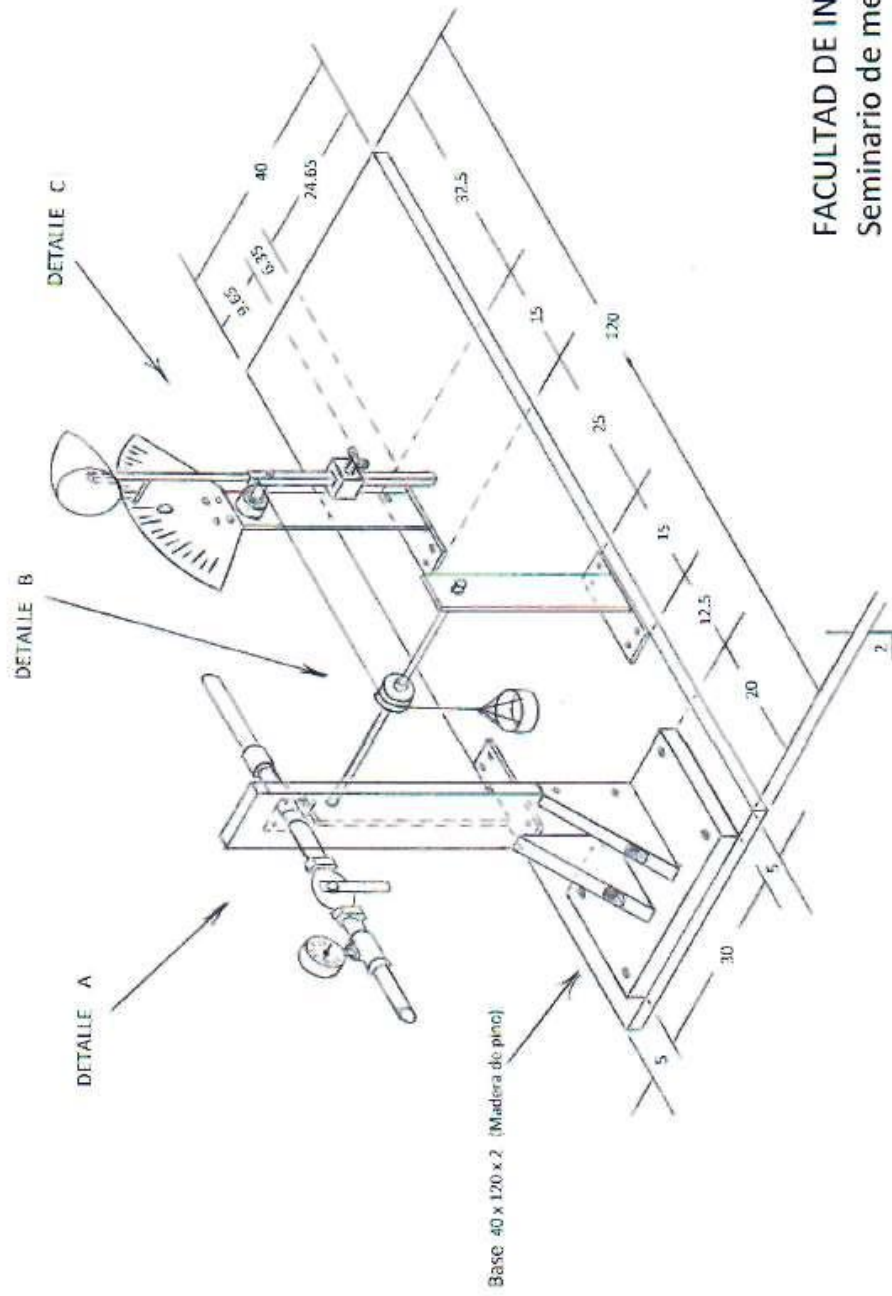
$A$  = Área frontal del perfil

$V^2$  = Velocidad del fluido

$C_D$  = Coeficiente de arrastre en función del número de Reynolds.

Este dispositivo puede construirse de madera, las dimensiones del mismo se proporcionan en los dibujos siguientes:

- Aparato para demostrar los efectos del arrastre (Dimensiones).
- Aparato para demostrar los efectos del arrastre (Detalle A).
- Aparato para demostrar los efectos del arrastre (Detalle B).
- Aparato para demostrar los efectos del arrastre (Detalle C).
- Aparato para demostrar los efectos del arrastre (Detalles D, E y F).
- Aparato para demostrar los efectos del arrastre (Detalle G).



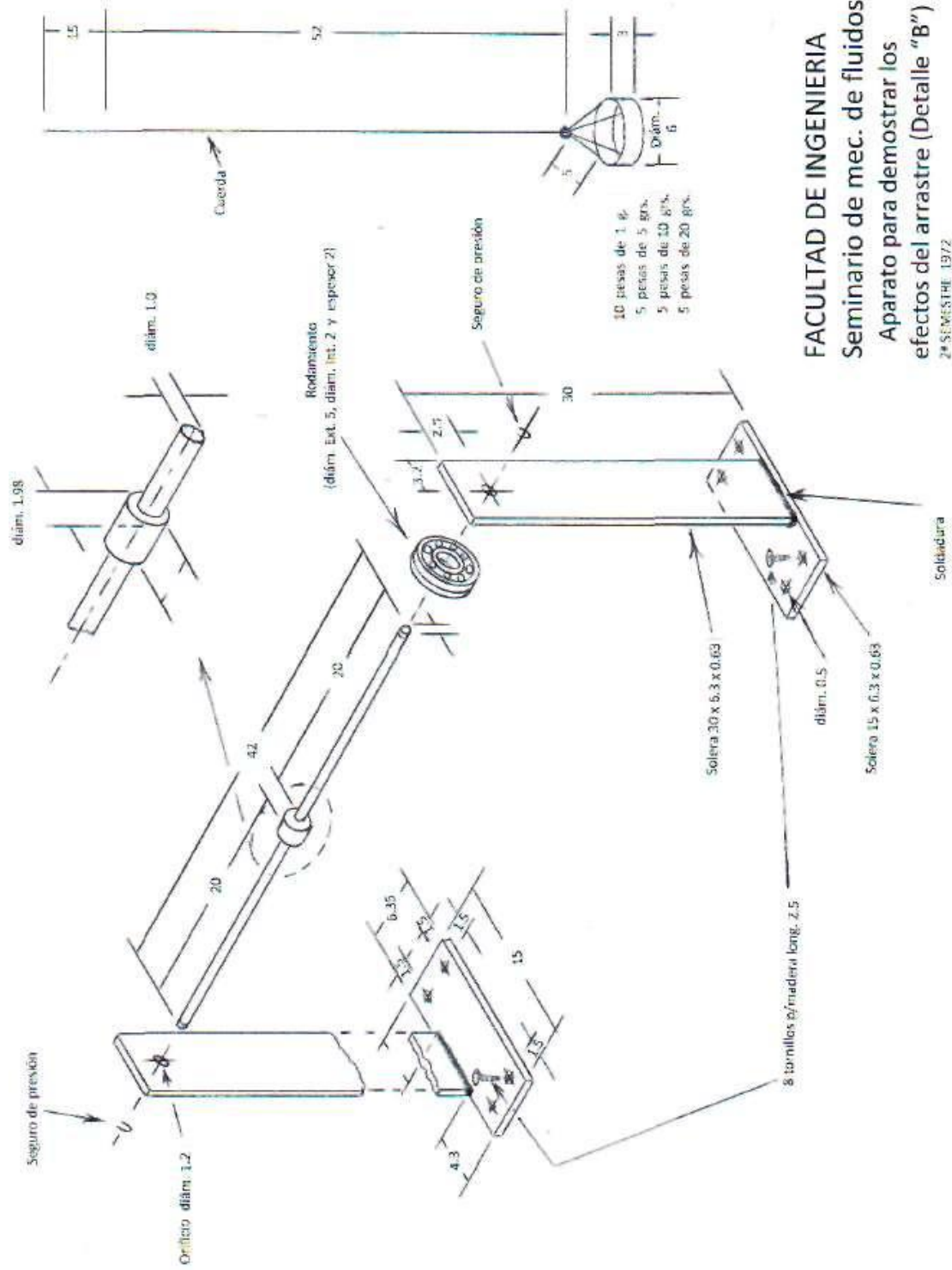
FACULTAD DE INGENIERIA  
 Seminario de mec. de fluidos  
 Aparato para demostrar los  
 efectos del arrastre (Dimensiones)

2º SEMESTRE 1972

FECHA 16. IV 1972 UNAM

ACOTS. EN CMS.



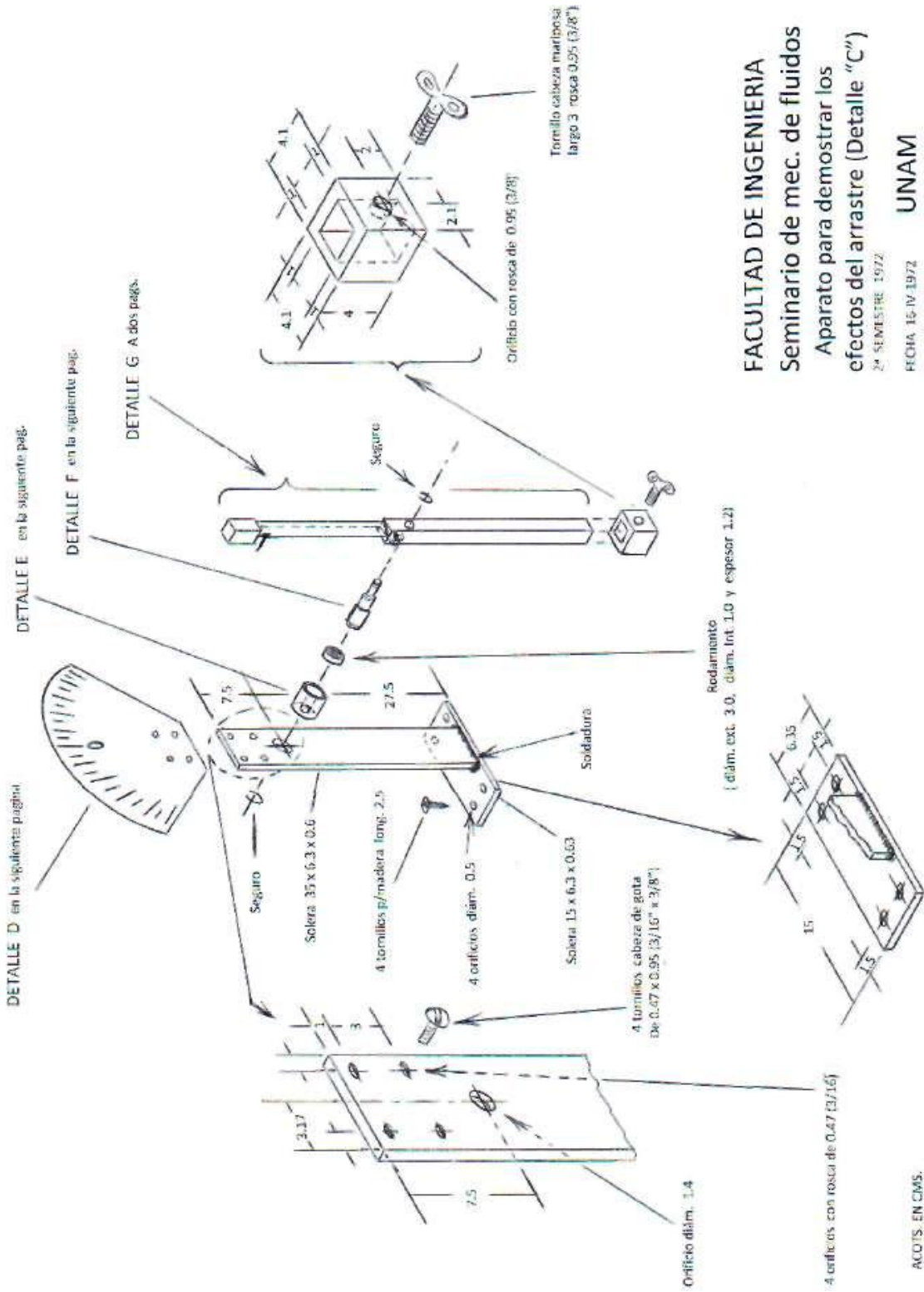


**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**Seminario de mec. de fluidos**  
**Aparato para demostrar los**  
**efectos del arrastre (Detalle "B")**

2º SEMESTRE 1972

FECHA 16/IV/1972 **UNAM**

ACOTS. EN CMS.

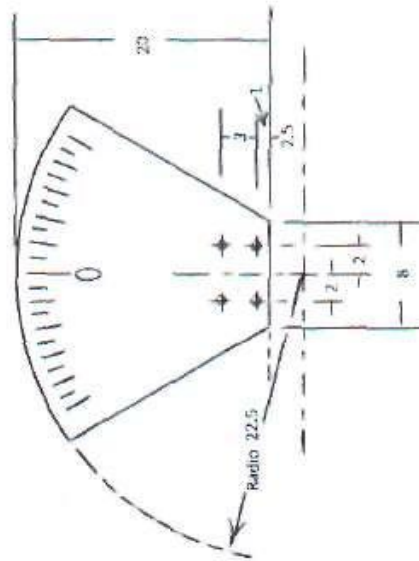


FACULTAD DE INGENIERIA  
 Seminario de mec. de fluidos  
 Aparato para demostrar los  
 efectos del arrastre (Detalle "C")

24 SEMESTRE 1972  
 FECHA 16-IV-1972 UNAM

ACOTS. EN CMS.

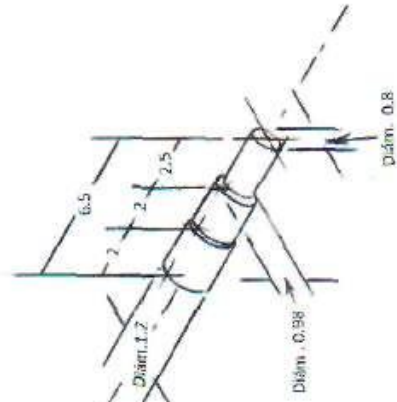
DETALLE D



DETALLE E



DETALLE F



FACULTAD DE INGENIERIA  
Seminario de mec. de fluidos  
Aparato para demostrar los  
efectos del arrastre  
(Detalles "D", "E" y "F")

2º SEMESTRE 1972

FECHA 16-IV-1972 UNAM

ACOTS. EN CMS.





## DISPOSITIVO # 6

### COMPARACION ENTRE LOS ARRASTRES DE UNA ESFERA LISA Y OTRA LIGERAMENTE RUGOSA.

Para efectuar este experimento ilustrativo, emplearemos dos toberas que nos proporcionen flujos idénticos de aire (mesa de demostraciones).

Este experimento no tiene como finalidad medir el arrastre cuantitativamente, sino el comparar los objetos a la misma velocidad de aire. Por consiguiente los objetos se colocan en el brazo principal de la barra, se equilibran sus pesos con ayuda de los contrapesos de la misma.

Las formas aerodinámicas consisten en dos bolas del mismo diámetro, (4 pulgs) y del mismo material. Estas formas pueden ser construidas de: madera, hule, plástico etc. A simple vista ambas parecen iguales, pero son diferentes en una característica muy importante, una de ellas tiene un terminado liso, la otra tiene algunas ralladuras finas y una banda circular de plástico delgada. Estas particularidades en la segunda esfera ocasionan una gran diferencia sobre el arrastre.

Se inicia el experimento dando al flujo de aire una velocidad baja, se observará una desviación mínima de la barra principal, lo que demuestra que la bola lisa tiene menos arrastre. A medida que aumenta la velocidad del aire, el brazo se sigue desviando más en la dirección inicial, pero al llegar a una velocidad aproximada de 200 K p h, el brazo principal se inclina hacia la dirección opuesta, demostrando que en este instante la bola que tiene ciertas imperfecciones tiene menos arrastre. A medida que la velocidad aumenta por encima de los 200 K p h, la bola sigue ofreciendo menos resistencia que la lisa. Observando podemos darnos cuenta que los cambios de mayor a menor arrastre en cuerpos lisos o rugosos se debe al fenómeno de la capa límite, así también podemos darnos cuenta que un cabello cuyo grosor es pequeño es un obstáculo considerable para la capa límite, por lo tanto un poco de rugosidad hace que la capa límite se torne turbulenta antes de lo que lo haría en el caso contrario

Cuando el experimento se realiza a baja velocidad, la capa límite es laminar para ambas esferas, por lo tanto el punto de separación es casi el mismo para estas dos esferas, en el arrastre de fricción hay una ligera variación entre ambas, por consiguiente el arrastre es un poco mayor para la esfera rugosa.

Cuando aumentamos en la misma proporción la velocidad del flujo de aire para ambas esferas, la capa límite se hace turbulenta para la esfera rugosa antes que para la esfera lisa. Como sabemos, una capa límite que permanece adherida mas tiempo a la superficie del cuerpo produce una estela menor. Por lo tanto, el arrastre de presión sobre la esfera rugosa se reduce considerablemente por la presencia de la rugosidad. A ciertas velocidades el arrastre sobre la esfera rugosa es solo una quinta parte del arrastre sobre la esfera lisa.

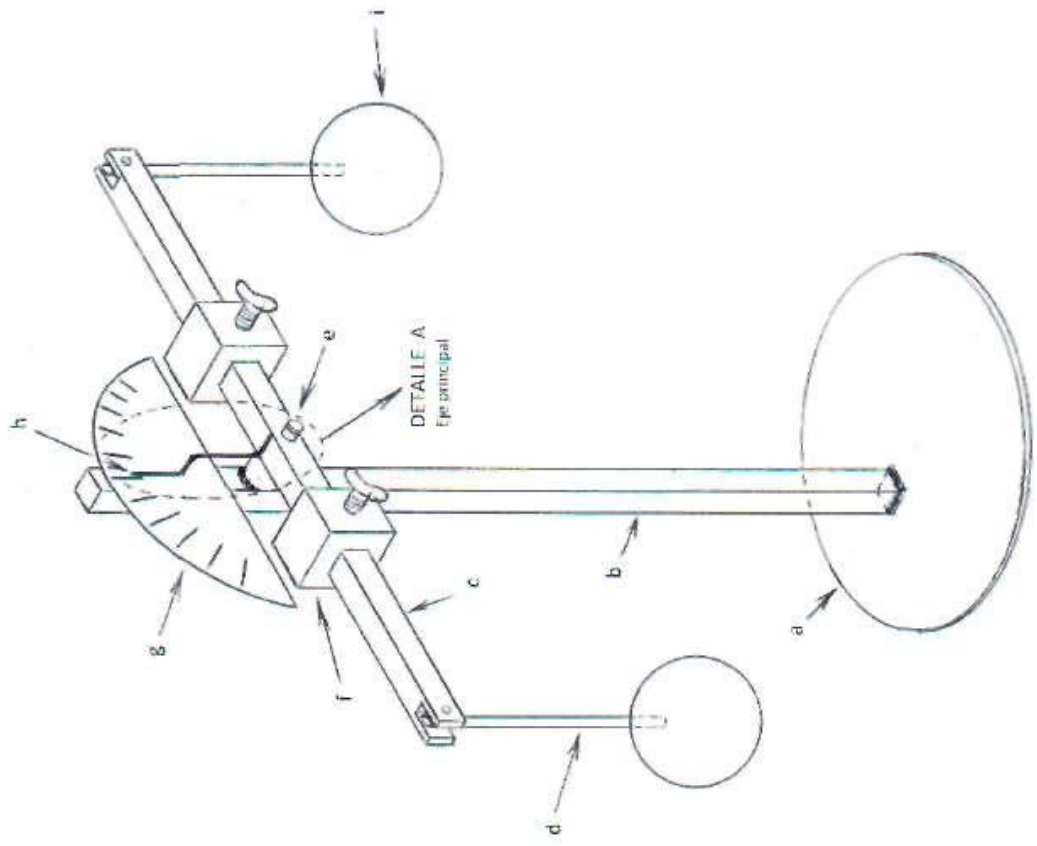
De la misma manera se pueden comparar los arrastres de una bola lisa y un

modelo aerodinámico, una bola rugosa y un objeto aerodinámico o también comparar el comportamiento de un ala de avión a diferentes ángulos de ataque.

En los siguientes dibujos se dan las dimensiones de este dispositivo y de los modelos de prueba.

- Aparato para comparar arrastre (Esfera lisa y esfera con ligeras ralladuras).
- Aparato para comparar arrastre (Vista frontal, Vista lateral y Vista inferior).
- Aparato para comparar arrastre (Detalles A, B y Aguja indicadora).
- Aparato para comparar arrastre (Detalles C, D y E).
- Aparato para demostrar arrastre. (Detalle F y Modelos).

NOMBRE	MATERIAL
a) Base circular	Placa de acero de 0.32 (1/8")
b) Soporte vertical	Cuadrado de 2.2 x 2.2 (7/8" x 7/8")
c) Barra de balanceo	Cuadrado de 2.2 x 2.2 (7/8" x 7/8")
d) Sustentador de modelos	Redondo de 1.27 (1/2")
e) Eje principal macho	Acero
f) Contrapesos	Acero
g) Cárabala	Acrílico de 0.32 (1/8")
h) Aguja indicadora	Redonda 0.32 (1/8")
i) Modelos	Aluminio, antimonio, acero, plásticos, etc.



**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**Seminario de mec. de fluidos**  
**Aparato para comparar arrastre**  
**(Isométrico) Esfera lisa y**  
**Esfera con ligeras ralladuras**

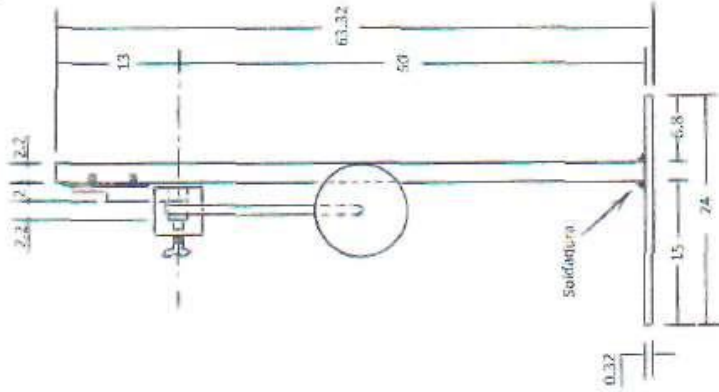
2º SEMESTRE 1972

FECHA 16-IV-1972

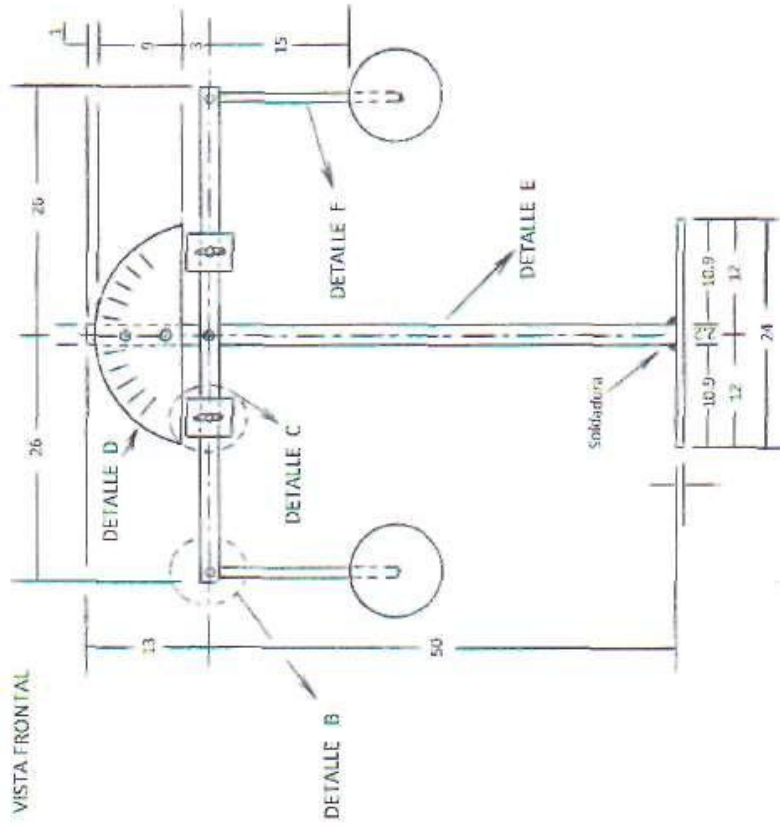
UNAM

ACOTIS: EN C.M.S.

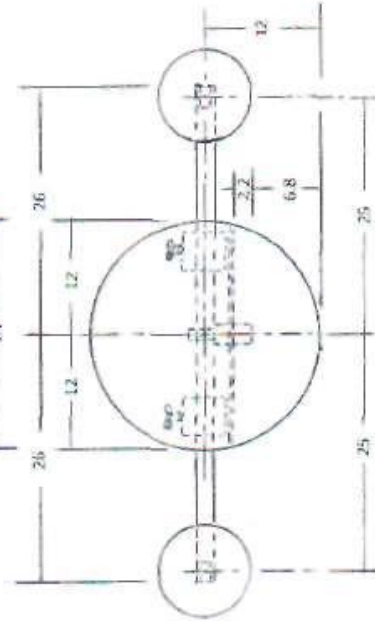
VISTA LATERAL



VISTA FRONTAL



VISTA INTERIOR



FACULTAD DE INGENIERIA  
Seminario de mec. de fluidos  
Aparato para comparar atrastre  
Vista frontal, Vista lateral y

Vista inferior

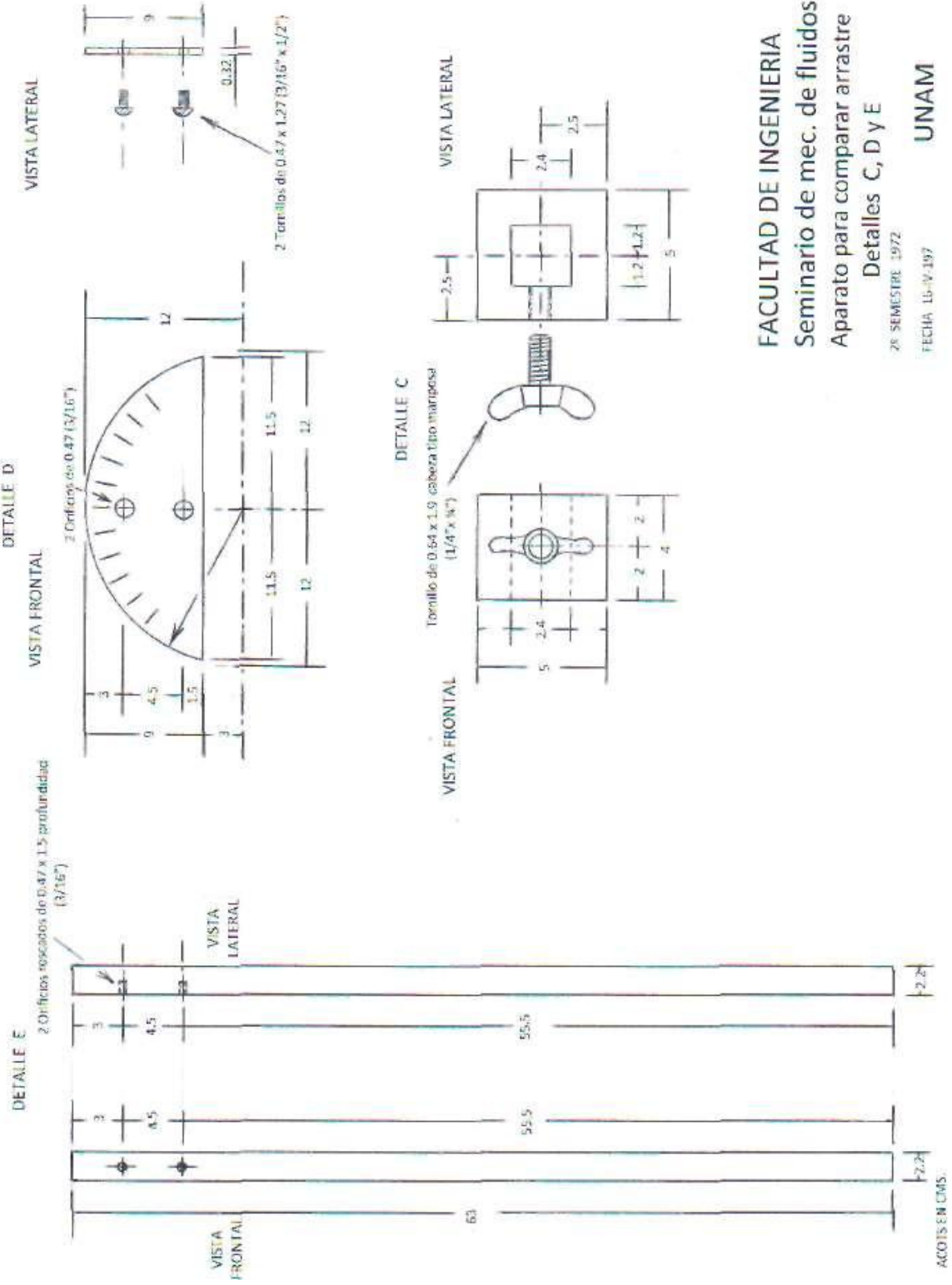
2º SEMESTRE 1972

FECHA: 16/IV/1972

UNAM

ACOTAS EN CMS





FACULTAD DE INGENIERIA  
 Seminario de mec. de fluidos  
 Aparato para comparar arrastre  
 Detalles C, D y E

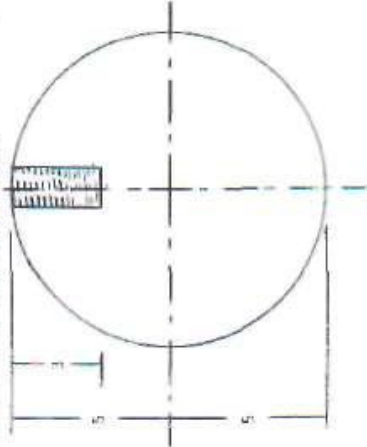
2º SEMESTRE 1972  
 FECHA: 10-10-197

UNAM

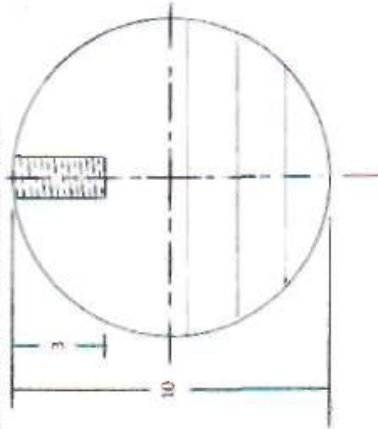


MODELOS

ESFERA (usa)  
Orificio con rosca de 1.27 x 3 de profundidad



ESFERA (con ligeros rayas)  
Orificio con rosca de 1.27 x 3 de profundidad

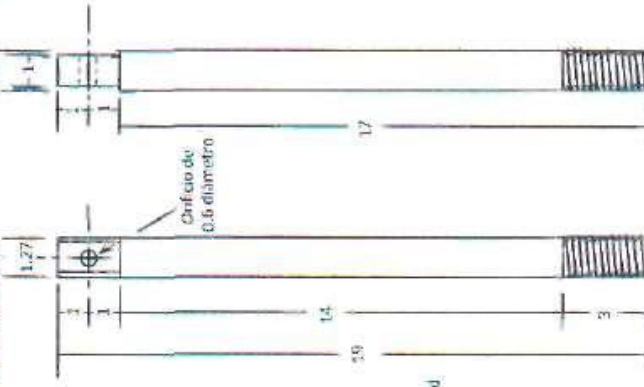


DETALLE F

VISTA SUPERIOR



VISTA FRONTAL

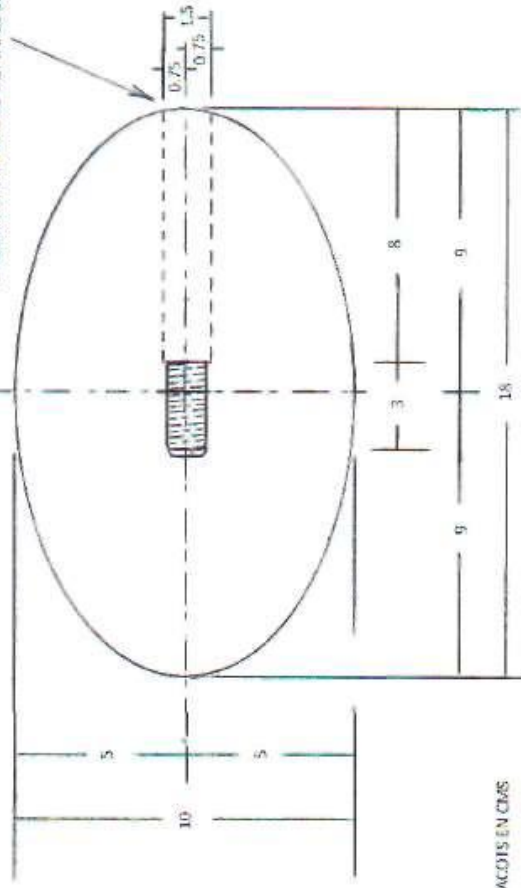


VISTA LATERAL



ELIPSOIDE

Orificio con dos diámetros: 1" diámetro 1.5 x 8 de profundidad  
2" diámetro con rosca de 1.27 x 3 de profundidad



ACERO EN CHIS

FACULTAD DE INGENIERIA  
Seminario de mec. de fluidos  
Aparato para comparar arrastre  
Detalle F y Modelos  
2º SEMESTRE 1972  
FECHA 16-IV-1972

UNAM



## CAPILARIDAD

Este fenómeno puede demostrarse en el laboratorio de una manera sencilla, si en un recipiente se vierte agua, las paredes del recipiente se mojan y se observa un levantamiento de la superficie líquida en los bordes.

Si introducimos en el mismo recipiente un tubo de vidrio de diámetro pequeño notamos que el agua se elevará en el interior del tubo sobre la superficie del líquido, si ahora utilizamos en este recipiente un líquido que no moja las paredes como el mercurio, notaremos que en los bordes de la superficie del líquido hay depresiones.

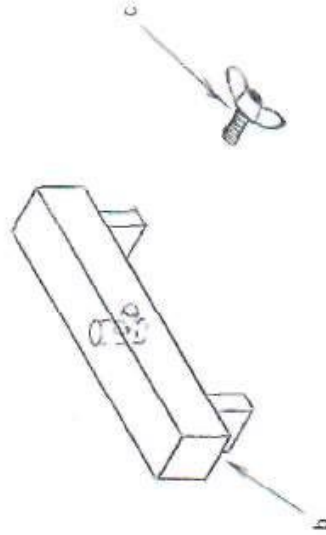
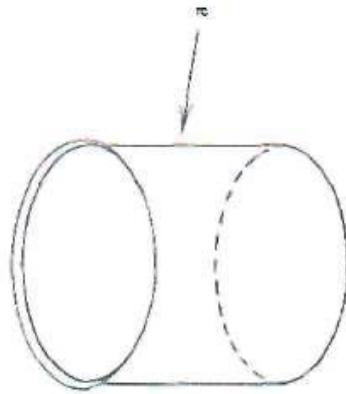
Estos fenómenos de elevación o depresión se acentúan en mayor grado a medida que el diámetro del tubo que se introduce en el líquido tiende a ser menor.

Otra forma de demostrar este fenómeno en el laboratorio por medio de una vasija con forma de cuña, si introducimos agua o mercurio en el recipiente, no se verá una superficie horizontal en los bordes, se verá una superficie convexa para el agua y una superficie cóncava para el mercurio.

En los siguientes dibujos se proporcionan los detalles de los meniscos así como las dimensiones de los recipientes.

- Efecto capilar. Equipo (Isométricos)
- Efecto de adherencia, Equipo, Dimensiones, Menisco cóncavo y convexo.
- Efecto capilar, Equipo, Dimensiones, Menisco cóncavo y convexo.

NOMBRE	MATERIAL
a) Recipiente	Vidrio
b) Porta capilares	Plástico
c) Tornillo	Plástico
d) Capilar	Vidrio



FACULTAD DE INGENIERIA  
 Seminario de mec. de fluidos  
 Efecto capilar. Equipo  
 (Isométricos)

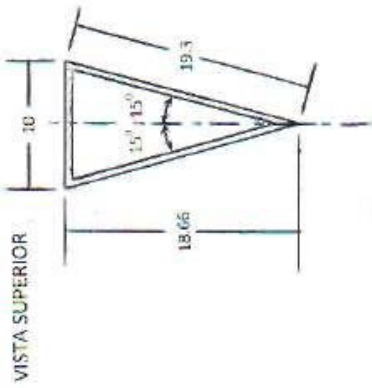
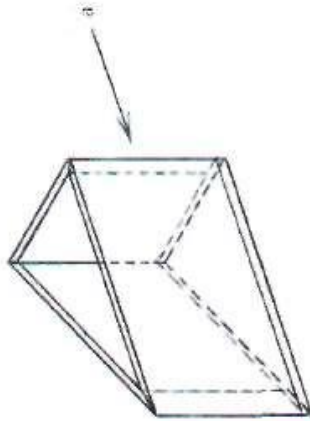
2º SEMESTRE 1972

FECHA 16-IV-1972

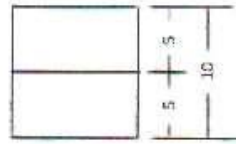
UNAM

NOMBRE: a) Recipiente  
MATERIAL: Acrílico

ISOMETRICO



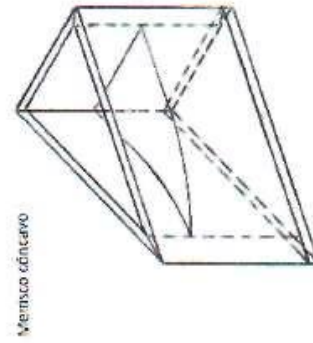
VISTA FRONTAL



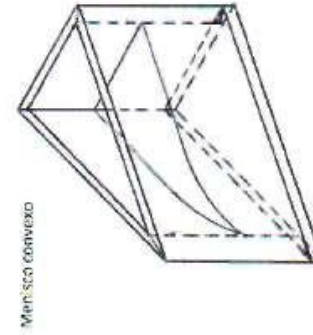
VISTA LATERAL



RECIPIENTE CON AGUA



RECIPIENTE CON MERCURIO



FACULTAD DE INGENIERIA  
Seminario de mec. de fluidos  
Efecto de Adherencia, Equipo,  
Dimensiones, Menisco cóncavo

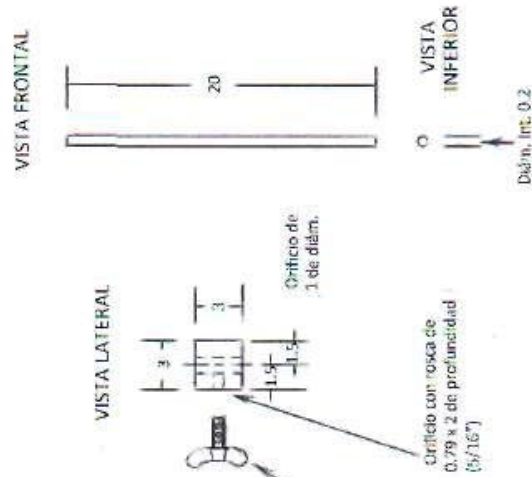
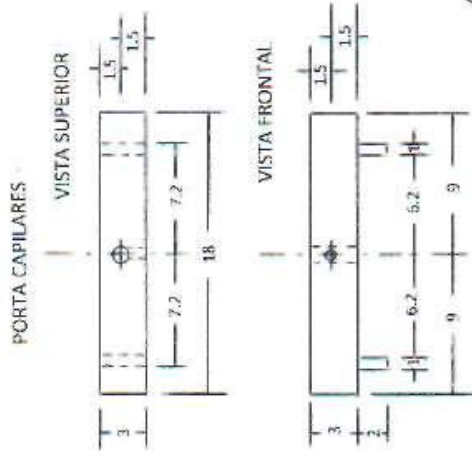
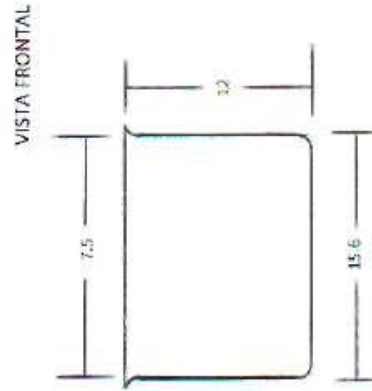
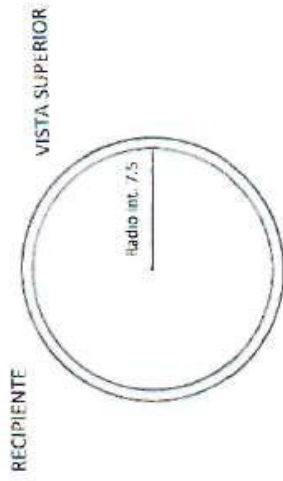
Y cóncavo

2º SEMESTRE 1972

FECHA: 10-IV-1972

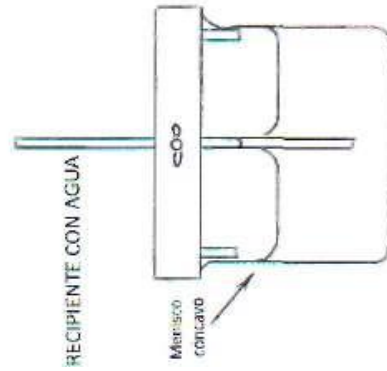
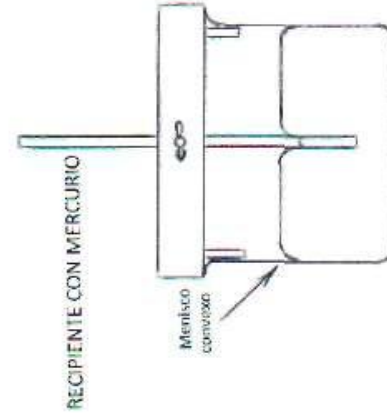
UNAM

ACOTS EN CMS.



Orificio con rosca de 0.79 x 2 de profundidad (5/16")

Tornillado plástico de 0.79 x 1.27 (5/32" x 1/2")



ACQ'S. EN CMS.

**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**Seminario de mec. de fluidos**  
**Efecto capilar, Equipo, Dimensiones,**  
**Menisco cóncavo y convexo**

2º SEMESTRE 1972  
 FECHA 16-IV-1972

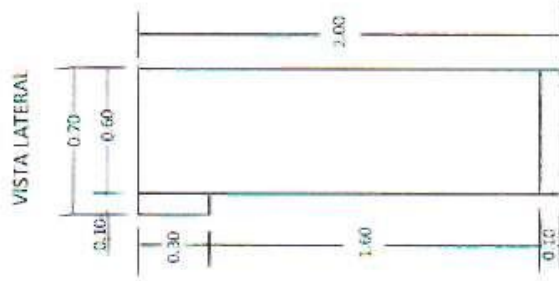
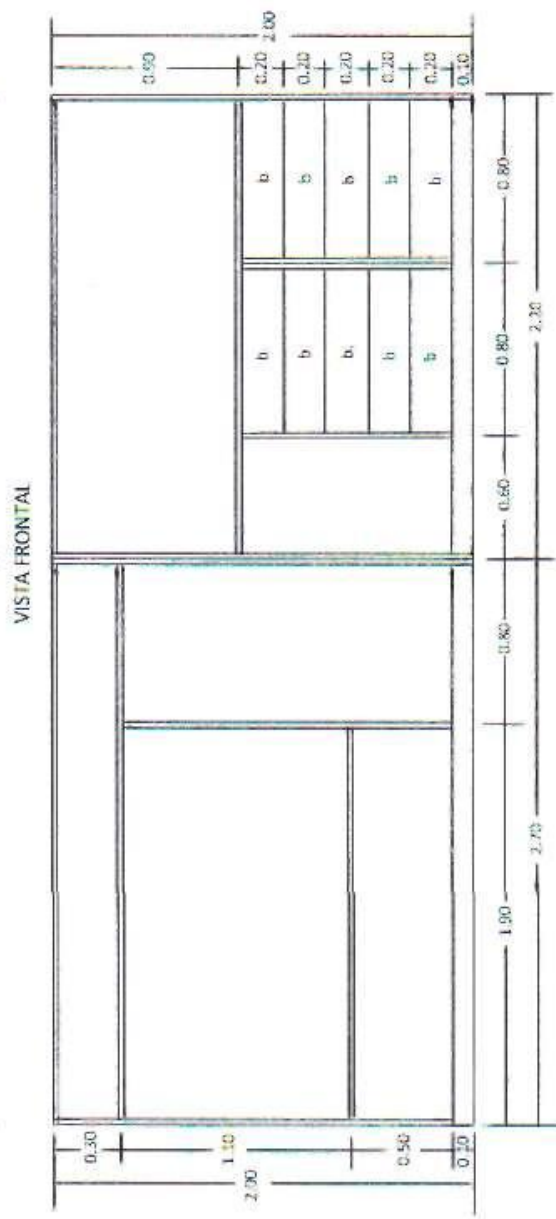
**UNAM**

## ANAQUEL DEL AULA- LABORATORIO

Se ha diseñado un espacio para el almacén del Aula-laboratorio, es adyacente en la parte frontal a esta Aula, en este espacio estará colocado el anaquel, donde se guardaran los equipos, (modelos prototipo) accesorios, herramientas para el montaje y desmontaje de estos equipos, instrumentos y equipo de material audiovisual que se utilizarán en la enseñanza teórico-experimental del curso de Mecánica de Fluidos.

La forma y las dimensiones del anaquel se ven en el siguiente dibujo.

NOMBRE	MATERIAL
a) Anaqueel	Madera de pino de 0.019 (3/4")
b) Cajones del Anaqueel	Madera de pino de 0.012 (1/2")



ACOTAS EN METROS

FACULTAD DE INGENIERIA  
 Seminario de mec. de fluidos  
 Aula-Laboratorio Anaquel:  
 Vistas: frontal, lateral y superior

2º SEMESTRE 1972  
 FECHA: 16-IV-1972  
 UNAM

## DESCRIPCION DE LA SEGUNDA PARTE

Con la tecnología actual muchos de los modelos que fueron descubiertos por sus autores de origen ahora son mejorados en cuanto diseño, mayor facilidad de manejo y exactitud ahora se amplia la gama de pruebas y demostraciones con la facilidad de registro de: datos, gráficos y figuras.

Para presentar la actualización de los equipos propuestos en el presente trabajo se elabora una “Tabla comparativa de equipos”, que incluye los dispositivos de la tesis original y sus respectivos equipos actualizados. Después se hace la descripción de cada equipo actual indicando sus características: técnicas, de funcionamiento, posibilidades didácticas e investigación, se proporcionan fotografías de los equipos y accesorios.

## TABLA COMPARATIVA

EQUIPO	EQUIPO DE ORIGEN	EQUIPO ACTUALIZADO
1	<p>APARATO DE HELE SHAW</p> <p>Comportamiento de los flujos potenciales.                      -Visualización de las líneas de corriente del fluido mediante la traza que deja la tinta sin obstáculos.                      -Comportamiento de la trayectoria de las líneas de corriente con diferentes obstáculos.</p>	<p>BANCO DE FLUJO LAMINAR</p> <p>Comportamiento de los flujos potenciales:                      -Comportamiento del flujo ideal en cuerpos sumergidos.                      Cilindro, sección aerodinámica.                      -Comportamiento del flujo ideal en canales y límites.                      Canal convergente.                      Canal divergente.                      Curva de 90°.                      Contracción súbita.                      Expansión súbita.                      Sustitución de una línea de flujo por un límite sólido.                      -Comportamiento en flujo ideal asociado con sumideros y fuentes.                      Formación de medio cuerpo de Rankine.                      Formación de un oval circular de Rankine.                      Líneas de flujo de un doblete.                      Sumideros y fuentes en línea y juntos.                      -Uso de líneas de flujo para analizar el flujo bidimensional.                      -Investigación – moldeado de sistemas bidimensionales.</p>
2	<p>TUBO CON PIEZOMETROS</p> <p>Comportamiento del flujo de un fluido dentro de una tubería recta horizontal.                      -Resistencia al paso de un fluido.                      -Efectos viscosos.                      -Efectos en la presión.                      -Gradiente hidráulico.                      -Línea de energía.                      -Línea de alturas totales.</p>	<p>Este dispositivo no se encontró con los fabricantes actuales, debido a su funcionamiento y construcción simple, el diseño original puede utilizarse para el estudio del comportamiento ya mencionado.</p>
3	<p>APARATO DE REYNOLDS VERTICAL</p> <p>Comportamiento del flujo laminar, estado de transición y flujo turbulento en diferentes líquidos.</p>	<p>APARATO DE OSBORNE REYNOLDS VERTICAL</p> <p>Comportamiento del flujo laminar, estado de transición y flujo turbulento en diferentes líquidos y externamente variando la temperatura.                      Medición del caudal por volumen o por peso.</p>



EQUIPO	EQUIPO DE ORIGEN	EQUIPO ACTUALIZADO
4	<p>APARATO PARA DEMOSTRAR EL RESALTO HIDRAULICO,ORIFICIOS,COMPUERTAS Y VERTEDEROS</p> <p>-Canales: Comportamiento alturas de compuertas.</p> <p>-Orificios: Comportamiento de la descarga (velocidad, coeficiente de contracción, coeficiente de descarga y gasto).</p> <p>-Vertederos: Pared delgada, pared gruesa y gasto. Capa límite.</p>	<p>RESALTO HIDRAULICO</p> <p>Flujo en conductos cerrados: -Aplicación de las ecuaciones de Bernoulli y de continuidad a los flujos convergentes y divergentes. -Efectos de cambios de sección paulatinos y repentinos (pérdidas de energía). -Uso de una constricción como dispositivo de medida de caudal. -Uso de un tubo de Pitot para medir la velocidad y perfil de velocidad. -Flujo a través de una alcantarilla.</p> <p>Flujo en canal abierto: -Flujo por debajo de una represa de paso inferior (compuerta de esclusa). -Flujo por encima de represas de cresta aguda, cresta ancha y tipo Ogee. El uso de estructuras hidráulicas para medir el caudal en canales abiertos. Efectos de cambios en el nivel del agua, aguas arriba y aguas abajo. Características de las láminas de agua adherida, aireadas y sumergidas. -Caudal / profundidad subcrítico, crítico y supercrítico. Cambios de energía específica y control impuestos por la condición de energía mínima. -Características de los saltos hidráulicos. Condiciones de fuerza y energía en un salto hidráulico. Regímenes de flujo asociados con los saltos hidráulicos. -Flujo por encima de las estructuras con caída/disipación de energía. -Cambios en el perfil de flujo relacionados con el número de Froude (predicción de condiciones de flujo en canal abierto). -Observación de regímenes de flujo asociados con el flujo alrededor de las estructuras hidráulicas. -Velocidad de las ondas de gravedad en agua poco profunda/formación de ondas superficiales cerca de la profundidad crítica. -Proyecto, evaluación de estructuras hidráulicas elaboradas por el usuario.</p>
5	<p>APARATO PARA EXPERIMENTAR LOS EFECTOS DEL ARRASTRE</p> <p>-Comportamiento de la fuerza de arrastre. Cálculo por fórmula.</p>	<p>TUNEL DE VIENTO</p> <p>Comportamiento de la aerodinámica subsónica a través de la sección de trabajo de este equipo:</p>

EQUIPO	EQUIPO DE ORIGEN	EQUIPO ACTUALIZADO
6	<p>COMPARACION ENTRE LOS ARRASTRES DE UNA ESFERA LISA Y OTRA LIGERAMENTE RUGOSA</p> <p>-Comportamiento de dos esferas de igual diámetro bajo las mismas condiciones de flujo de aire a diferentes velocidades, una es de superficie lisa, otra ligeramente rugosa por medio de tenues ralladuras.</p> <p>-Comportamiento de la capa límite.</p>	<p>-Comportamiento de la sustentación y resistencia en modelos apropiados (uso de la balanza de sustentación y resistencia).</p> <p>-Comportamiento de las velocidades en la sección de trabajo al principio, y aguas arriba y agua debajo de la posición de montaje del modelo (perfil de velocidad), medición de la presión total y presión estática para el cálculo de la velocidad del aire.</p> <p>-Comportamiento del perfil de la estela de los modelos en estudio.</p> <p>-Comportamiento de un modelo aerodinámico simétrico (uso de la balanza de sustentación y resistencia).</p> <p>-Comportamiento de un modelo aerodinámico simétrico Integrado con diez tomas de presión, distribuidas a lo Ancho de una cara del perfil del ala.</p> <p>-Comportamiento sobre la influencia de la forma sobre las fuerzas de resistencia en siete modelos diferentes.</p> <p>-Comportamiento de un cilindro de presión con diez tomas equidistantes, ubicadas en el contorno de la mitad de la circunferencia del cilindro para medir la presión alrededor de este.</p> <p>-Comportamiento de un perfil de venturi con once tomas De presión en el suelo y el uso de Pitot estático para demostrar la ecuación de Bernoulli.</p> <p>-Comportamiento de la velocidad de aire a diferentes distancias de la superficie de una placa de capa límite. Se puede obtener el perfil de velocidad de la placa utilizando el tubo de Pitot.</p> <p>-Comportamiento de la capa límite laminar y turbulenta por medio de una placa lisa y otra con rugosidad artificial.</p>
7	<p>CAPILARIDAD</p> <p>-Comportamiento del efecto capilar en agua y mercurio.</p>	<p>BANCO DE PROPIEDADES DE FLUIDOS E HIDROSTATICA</p> <p>-Comportamiento de las propiedades de los fluidos: Determinar la densidad absoluta y relativa así como la viscosidad de diferentes fluidos. Observar los efectos de capilaridad.</p> <p>-Comportamiento de los efectos de la presión hidrostática: Demostrar que la superficie libre de un líquido estático es horizontal. Estudio del efecto del flujo sobre una superficie libre. Medir cambios de nivel en líquidos. Estudio de la relación entre la presión y la profundidad de un líquido.</p>

EQUIPO	EQUIPO DE ORIGEN	EQUIPO ACTUALIZADO
7		<p>Determinar la posición del centro de presión en superficie plana.</p> <p>-Comportamiento de la operación y la aplicación de indicadores de presión y manómetros:</p> <p>Uso de un barómetro de mercurio de lectura directa</p> <p>Medición de la presión del aire y del agua usando manómetros.</p> <p>Comparación de los resultados obtenidos.</p> <p>Calibración de un manómetro tipo Bourdon usando un calibrador de indicadores de presión de peso muerto.</p> <p>-Comportamiento del empuje y estabilidad de los cuerpos flotantes:</p> <p>Verificación del principio de Arquímedes.</p> <p>Determinación de la altura metacéntrica.</p>

## BANCO DE FLUJO LAMINAR

### DESCRIPCION:

Dimensiones totales:

Longitud: 1.32 m.

Ancho: 0.78 m.

Altura: 1.15 m.

Volumen: 2 m<sup>3</sup>.

Peso: 230 Kg.

Características técnicas:

Ancho dentro de la base moldeada: 0.61 m.

Longitud de las hojas de vidrio: 0.892 m.

Ancho de la hoja superior: 0.606 m.

Separación entre las hojas de vidrio: 3.2 mm.

Sumideros/fuentes: 8 tomas en 7 posiciones.

Inyectores de tinta: 19 agujas hipodérmicas.

Servicios requeridos:

Suministro de agua: 0.25 l/s. a 2 bar (abs.)

Desague: Adecuado para agua que contiene tinte.

El banco de flujo laminar que se muestra es un diseño mejorado del aparato clásico de Hele Shaw con la integración de sumideros y fuentes. Consta de dos hojas de vidrio laminado con una pequeña separación entre ellas, dispuestas horizontalmente sobre una base moldeada en fibra de vidrio. La base que esta apoyada sobre un bastidor metálico de suelo, tiene integrado un tanque de suministro y un tanque de descarga. Tres patas que se encuentran en uno de los extremos de la mesa permiten nivelar rápidamente el banco de flujo.

Tiene ocho orificios, que pueden usarse como sumideros o fuentes, están contruidos sobre y alrededor de la línea central de la hoja de vidrio inferior en configuración cruciforme. De estos dos orificios (un sumidero y una fuente localizados muy cerca uno del otro) están ubicados en el centro de la hoja. Un sistema de tubos, válvulas y colectores permite combinar sumideros y fuentes.

Un banco de válvulas de control instaladas sobre un panel vertical en la parte superior del banco de flujo, permite ajustar el flujo a través de cada fuente individual. Otro banco de válvulas de control instaladas sobre un panel vertical en la parte inferior del banco de flujo, ajusta el flujo a través de cada sumidero individual. Al principio de las de las hojas de vidrio y entre ellas se localiza una hilera de agujas hipodérmicas dosificadoras conectadas a un tubo y este a un depósito.

Para visualizar el flujo de agua entre las hojas de vidrio, se inyecta el tinte por

medio de las agujas, que están equidistantes una de otra. Al identificar las líneas de flujo por medio del tinte que fluyen desde el depósito equipado con una válvula de control de flujo, en la cara inferior de la hoja de vidrio está impreso un cuadrícula negra sobre un fondo blanco para comparar el comportamiento de las líneas de flujo del fluido.

Los patrones presentados por el flujo potencial pueden ser registrados mediante fotografía o dibujándolos sobre la hoja de vidrio superior.

Se encuentra un difusor en el tanque de suministro y una placa de represa ajustable está colocada en el tanque de descarga, estos proporcionan un flujo de agua uniforme. En la base de cada uno de los tanques tiene integrada una válvula para facilitar el desalojo del fluido.

Para el suministro de agua este está controlado por una válvula de control de flujo, otra válvula de desvío permite aliviar los excedentes de presión del suministro de fluido en el sistema.

Los modelos que se van a estudiar para introducirlos entre las dos hojas de vidrio, la hoja superior se puede levantar por la parte frontal obteniéndose un fácil cambio de modelos.

Los modelos que se proporcionan en este equipo están fabricados en lámina de plástico y se fijan al bajarse la hoja de vidrio superior. Los alumnos también pueden fabricar modelos de algún material que requieran para investigar los patrones de flujo asociados.

Al pasar el fluido entre las dos hojas de vidrio y debido a la combinación de la baja velocidad de este y la pequeña separación entre las dos hojas de vidrio se forma un flujo laminar bidimensional, logrando un flujo libre de turbulencias y ofreciendo una aproximación del comportamiento del fluido ideal.

Los sumideros y las fuentes pueden interactuar con el flujo de agua entre las hojas de vidrio para simular una variedad de comportamientos del fluido. Por ejemplo, pueden representar los patrones de flujo en la cercanía de pozos que abstraen agua de los mantos subterráneos, usando una o más tomas como sumideros. Puede simularse el efecto de la recarga del suministro subterráneo usando una o más tomas como fuentes.

Lista de demostraciones:

- Flujo ideal alrededor de cuerpos sumergidos.
  - Cilindro.
  - Sección aerodinámica.
  - Cuerpo romo
- Flujo ideal en canales y en límites.
  - Canal convergente.
  - Canal divergente.

Curva de 90°.  
Contracción súbita.  
Sustitución de una línea de flujo por un límite sólido.  
-Flujo ideal asociado con sumideros y fuentes.  
Formación de medio cuerpo de Rankine.  
Formación de un oval circular de Rankine.  
Líneas de flujo de un doblete.  
Superposición de sumideros y fuentes.  
-Uso de líneas de flujo para analizar el flujo bidimensional.  
-Investigación- modelado de sistemas bidimensionales.

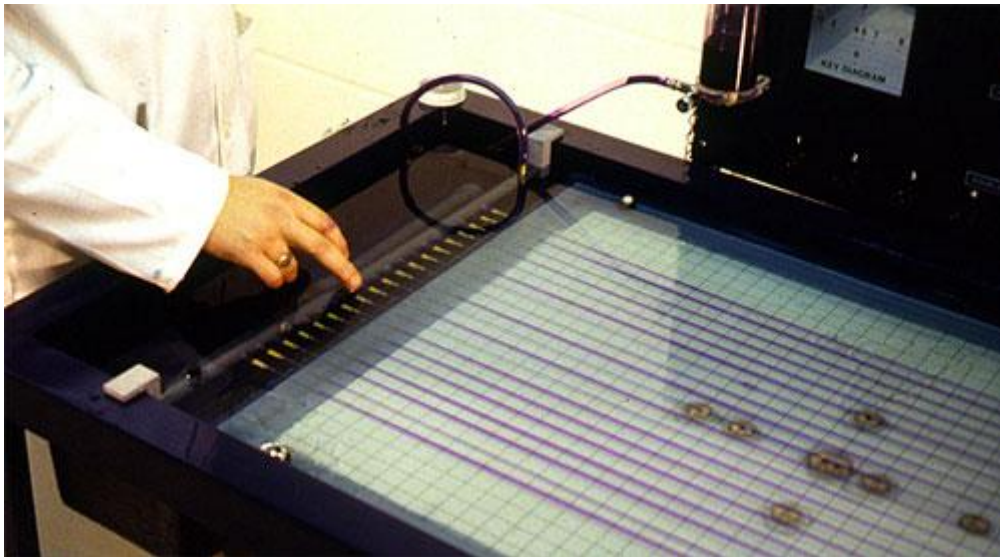
Modelos suministrados para estudio:

2 laterales de canal.  
2 rectángulos.  
3 cilindros.  
1 sección aerodinámica.

## BANCO DE FLUJO LAMINAR



BANCO DE FLUJO LAMINAR  
(Acercamiento de fuentes y sumideros)





## TUBO CON PIEZOMETROS

La localización de este dispositivo con los fabricantes actuales no se encontró por su funcionamiento y construcción simple, el diseño originalmente presentado sirve para el estudio de la resistencia ofrecida por las paredes de la tubería que limitan el paso del fluido así como los efectos viscosos de turbulencia y en consecuencia la disminución de presión.

## APARATO DE OSBORNE REYNOLDS VERTICAL

### DESCRIPCION:

Dimensiones totales:

Diámetro: 0.61 m.

Altura: 1.48 m.

Volumen: 1.2 m<sup>3</sup>.

Peso: 130 kg.

Servicios requeridos:

Suministro de agua: 0.5 l/s. (máximo).

Desagüe: Adecuado para agua que contiene tinte.

El Aparato de Osborne Reynolds puede montarse en un banco o en el suelo, y está diseñado para permitir el flujo vertical de un líquido a través de un tubo de vidrio con diámetro interior de precisión. El sentido vertical del flujo compensa el efecto de posibles desviaciones pequeñas de la densidad del tinte con relación a la del fluido del trabajo.

El fluido de operación puede ser suministrado desde cualquier punto de suministro de pequeño diámetro mediante un tubo flexible proporcionado. El fluido entra en un tanque cilíndrico de carga constante a través de un difusor anular y luego por un recipiente de amortiguación con el fin de anular cualquier variación grande de velocidad del fluido en el tanque de carga.

Este tanque proporciona unas condiciones de carga uniforme de baja velocidad, aguas arriba de la entrada a la sección de prueba del tubo montada verticalmente. El fluido entra en esta sección a través de una boca acampanada, diseñada para acelerar el fluido de manera uniforme evitando efectos irregulares en el flujo del fluido.

La sección cilíndrica de prueba del tubo está montada dentro de una carcasa que proporciona un fondo blanco para poder observar el comportamiento de la traza de la tinta. La solución de tinta es introducida a la sección de prueba a través de un tubo de acero inoxidable de diámetro pequeño, la velocidad de flujo de la tinta es controlada por una válvula de aguja situada en la salida del depósito donde se almacena la tinta. El sistema de inyección de tinta puede ser retirado fácilmente para su limpieza y mantenimiento.

El caudal del fluido de trabajo que pasa a través del tubo cilíndrico de prueba es regulado por una válvula esférica localizada en la base del aparato. El caudal puede medirse por volumen o por peso. El aparato es compatible con cualquier método elegido para variar la viscosidad cinética del fluido, usando fluidos diferentes o modificando la temperatura del fluido.

El aparato está montado sobre un soporte de acero que incluye un sistema de

nivelación del aparato para asegurar que la sección de prueba quede en posición vertical, se proporciona con el aparato el depósito de amortiguación, tubos y mangueras de conexión necesarios y un lote de tinte.

APARATO DE OSBORNE REYNOLDS VERTICAL



## RESALTO HIDRAULICO

### DESCRIPCION:

Dimensiones totales:

Longitud: 2.20 m.

Ancho: 0.63 m.

Altura: 1.60 m.

Volumen: 3.40 m<sup>3</sup>.

Peso bruto: 250 Kg.

Características técnicas:

Ancho de la sección de trabajo: 77 mm.

Profundidad de la sección de trabajo: 150 mm.

Longitud de la sección de trabajo: 1100 mm.

Caudal máximo de operación: 1.6 l/s.

Este canal de flujo hidráulico está fabricado en material acrílico transparente para mayor visibilidad, está montado sobre un soporte de suelo metálico equipado con ruedas giratorias para facilitar su desplazamiento.

El equipo consta de un tanque de entrada con sistema de rebose y de amortiguación de flujo, una sección de trabajo de forma rectangular y un tanque de descarga.

Una serie de válvulas de control y de represas ajustables permiten variar independientemente las condiciones de flujo en la entrada y salida de la sección de trabajo. La sección de trabajo puede llenarse para formar un conducto cerrado, o llenarse parcialmente para funcionar como un canal abierto.

Este equipo tiene una sección ajustable del lecho, que puede ser subida o bajada mediante un actuador externo junto con sus secciones de transición (rampas), mientras fluye el agua. Este dispositivo ofrece una demostración de la importancia de la profundidad crítica de un canal. También se utiliza para variar la sección y demostrar la ecuación de Bernoulli en un flujo en conducto cerrado.

Un panel que se puede remover de la parte superior de la sección de trabajo permite la instalación de estructuras hidráulicas típicas: una represa de cresta aguda, una represa de cresta ancha (también utilizada para formar una alcantarilla) y una represa tipo Ogee.

Tubos de Pitot y una serie de tomas conectadas a un manómetro de múltiples tubos permiten medir y comparar la presión total y estática en tres puntos de la sección de trabajo. La altura de la boquilla los tubos de Pitot es ajustable para permitir la determinación del

perfil de velocidad en cualquier posición entre el lecho y el techo de la sección de trabajo. Unas escalas transparentes permiten medir todos los niveles y alturas importantes en la sección de trabajo.

El equipo de demostración de flujo se puede utilizar con un recipiente hidráulico que proporciona el agua re-circulante y un sistema de medición volumétrico. El equipo de demostración de flujo hidráulico puede utilizarse con un suministro de agua independiente hasta 1.6 l/s., siempre que sea posible recolectar la descarga del agua del canal.

Se puede disponer de un caudalímetro opcional de lectura directa que permite un rápido ajuste de las condiciones de flujo deseadas.

#### Lista de demostraciones:

- Flujo en conductos cerrados:
  - Aplicación de las ecuaciones de Bernoulli y de continuidad a los flujos convergentes y divergentes.
  - Efectos de cambios de sección paulatinos y repentinos (pérdidas de energía).
  - Uso de una constricción como dispositivo de medio de caudal.
  - Uso de un tubo de Pitot para medir la velocidad y/o el perfil de velocidad.
  - Flujo a través de una alcantarilla.
  
- Flujo en canal abierto:
  - Flujo por debajo de una represa de paso inferior (compuerta de esclusa).
  - Flujo por encima de represas de cresta aguda, cresta ancha y tipo Ogee.
  - El uso de estructuras hidráulicas para medir el caudal en canales abiertos.
  - Efectos de cambios en el nivel del agua, aguas arriba y aguas abajo.
  - Características de las láminas de agua adheridas, aireadas, deprimidas y sumergidas.
  - Caudal/profundidad sub-crítico, crítico y super-crítico. Cambios de energía específica y control impuestos por la condición de energía mínima.
  - Características de los resaltos hidráulicos.
  - Condiciones de fuerza y energía en el resalto hidráulico.
  - Regímenes de flujo asociados con el resalto hidráulico.
  - Flujo por encima de las estructuras con caída / disipación de energía.
  - Cambios en el perfil de flujo relacionados con el número de Froude (predicción de condiciones de flujo en un canal abierto).
  - Observación de regímenes de flujo asociados con el flujo alrededor de las estructuras hidráulicas.
  - Velocidad de las ondas de gravedad en agua poco profunda/formación de ondas superficiales cerca de la profundidad crítica.
  - Proyectos de evaluación de estructuras hidráulicas creadas por el usuario.

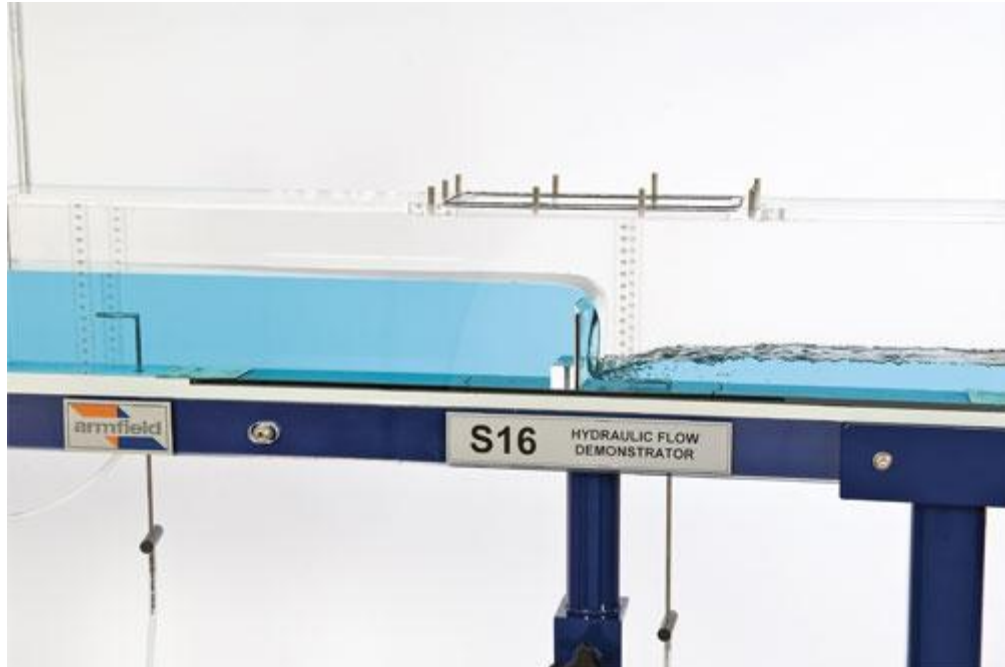
## RESALTO HIDRÁULICO





### RESALTO HIDRÁULICO

(Canal configurado como canal abierto, mostrando el salto hidráulico corriente de bajo de una represa inferior, en la que la energía se disipa en el cambio entre flujo super crítico poco profundo y flujo subcrítico de mayor profundidad.)



### RESALTO HIDRÁULICO

(Flujo sobre una represa de cresta aguda con la lámina de agua (sin ventilar) adherida a la cara de corriente abajo)





### RESALTO HIDRÁULICO

(Oscilaciones superficiales corriente debajo de una represa cresta ancha cuando la represa queda sumergida.)

## TUNEL DE VIENTO

### DESCRIPCION:

Dimensiones totales:

Longitud: 2.25 m.

Ancho: 0.70 m.

Altura: 0.46 m.

Volumen: 1.5 m<sup>3</sup>.

Peso bruto: 220 kg.

Características técnicas:

Caudal de aire controlado por computadora.

Sección de trabajo de (150 x 150) mm.

Sección de trabajo transparente.

Amplia gama de modelos para estudios de aerodinámica y flujos de aire.

Bancos de manómetros de agua o electrónicos.

Acoplamiento rápido en los tubos de los manómetros y cierres rápidos para facilitar el cambio de modelo.

En el túnel de viento el aire es arrastrado a través de la sección de trabajo por un ventilador de velocidad variable situado en el extremo de salida del túnel.

Tiene integrado un canalizador de flujo tipo panal a la entrada, la contracción tiene una relación de 9.4: 1 asegura un flujo de aire uniforme a través de la sección de trabajo.

La sección de trabajo esta fabricada en material acrílico transparente que permite una visibilidad óptima de los modelos, se incluyen puntos de conexión apropiados para los modelos en la pared lateral y en el techo de la sección de trabajo.

Una de las ventajas que proporciona la sección de trabajo es remover totalmente su base para permitir la introducción de los modelos grandes o complejos u otros modelos contruidos por los alumnos.

El equipo puede ser controlado desde una PC para esto se proporciona con interfaz USB. En una de las superficies verticales de la sección de trabajo, esta montado un sensor de presión electrónico que mide la presión estática lo que permite calcular y visualizar la velocidad del aire en la computadora.

En la sección de trabajo hay una trampilla circular (diámetro 120 mm.) para instalar los modelos opcionales, estos están montados de forma permanente en la tapa de la trampilla quedando esta al ras con la pared interior de la sección de trabajo para que el flujo de

aire no tenga perturbaciones. Se adhieren con mecanismos rápidos de cierre localizados en la pared lateral de la sección de trabajo. Hay trampillas con una escala angular para girar los modelos en ángulos conocidos.

Para los modelos que los alumnos diseñen se proporciona una tapa en material acrílico ajustándose a las medidas de esta y desarrollar su trabajo de investigación.

El equipo esta dotado de otra trampilla más pequeña, ubicada después de la posición donde se colocó el modelo para instalar un rastrillo de medición de estela aguas abajo, cuando esta trampilla no se use se coloca una tapa de trampilla lisa para sellar el orificio.

Para visualizar el flujo en el contorno de los modelos en estudio se incorpora una técnica sencilla por medio de un cordel fino siguiendo el contorno del mismo, al aumentar la velocidad del flujo se ve claramente como se separa la capa límite. Por una operación sencilla de ajuste se puede cambiar fácilmente su posición horizontal o vertical y la longitud de la estela del mismo.

En la parte superior de la sección de trabajo (techo) están localizados tres orificios con rosca, cada uno con un tapón enrasado con la parte interior del techo y permiten la inserción del sistema de visualización de flujo o tubo de Pitot estático. Los orificios están ubicados al inicio de la sección de trabajo, aguas arriba y aguas debajo de la posición de montaje del modelo.

#### Opciones del Software:

-El túnel de viento tiene un software didáctico que comprende todos los instrumentos y modelos opcionales disponibles, a su vez este mismo se utiliza para controlar el túnel de viento abarcando el encendido del ventilador y el control de la velocidad, y para visualizar y registrar esta información, estas funciones están integradas en pantallas de control mediante diagramas esquemáticos, exhibiendo una descripción gráfica del aparato con los valores de los sensores electrónicos, valores calculados a partir de estos (como velocidad de viento, sustentación, etc.), y si el caso lo requiere se pueden meter manualmente y registrar los datos que proceden de los instrumentos como el banco de manómetros de agua.

-Se incluyen exposiciones de presentación en la computadora describiendo en forma general el software, el equipo, el procedimiento y de la teoría asociada. También se integran amplias funciones de almacenamiento de datos y trazado de gráficos, ajuste de sensores, diversidad de opciones de visualización y exportación de datos.

-Para los estudiantes se proporcionan varios ejercicios predeterminados por medio del software y cada uno de ellos viene asistido de diagramas esquemáticos, textos de apoyo y enseñanza, de esta forma presentar al alumno los principios de flujo de aire y de aerodinámica, empleando los diversos modelos e instrumentos opcionales. Los ejercicios están configurados para evaluar los modelos usando los instrumentos disponibles y estas van desde investigaciones sencillas de visualización de flujo cuando no se dispone de instrumentación, hasta estudios

completos cuando se tiene accesorios e instrumentos (Manómetro, Balanza de sustentación y resistencia, Tubo de Pitot, Rastrillo de medición de estela, etc).

-Para el investigador o estudiante que requiere ampliar sus investigaciones hay un apartado configurable titulado “Trabajos de proyecto” donde el usuario diseña y usa sus propios modelos.

-Cuando se quieren introducir otras aplicaciones de software para comunicarse con el equipo, se dan por separado en el CD del software del equipo los drivers o controladores usando la interfaz USB. Esto permite al usuario elaborar su propio software de acuerdo al requerimiento y características de su proyecto. En este software pueden escribirse programas como LabView, Matlab, ‘C’, ‘C++’, a su vez realizar rutinas propias con lenguajes Visual Basic, Delphi, etc.

Listado de equipo opcional, accesorios e instrumentación:

-Banco de manómetros inclinados.

Un banco de 13 tubos transparentes para medir pequeñas diferencias de presión de 0-160 mm de H<sub>2</sub>O tienen una inclinación de 30°.

-Banco de manómetros electrónicos.

Una consola electrónica que integra dieciséis sensores de presión diferencial, cada uno con un intervalo de 0-178 mm. H<sub>2</sub>O.

-Balanza de sustentación y resistencia.

Una balanza electrónica de dos componentes utilizada para medir la sustentación y resistencia en modelos apropiados (no se utiliza con modelos que tengan múltiples tomas internas).

-Tubo de Pitot estático.

Un pequeño tubo de Pitot estático montado en un casquillo que se coloca en el techo de la sección de trabajo en tres posiciones diferentes: al principio de la sección de trabajo, y aguas arriba y aguas debajo de la posición de montaje del modelo.

-Rastrillo de medición de estela.

El rastrillo consta de diez tubos colocados verticalmente en fila, orientados hacia el flujo de aire.

-Sección aerodinámica de sustentación y resistencia.

Sección aerodinámica simétrica simple que incorpora una varilla de montaje que permite su instalación en una balanza de sustentación y resistencia logrando de esta manera medir la sustentación y la resistencia con diferentes ángulos de ataque.

-Ala de presión.

Una sección aerodinámica simétrica que incorpora diez tomas distribuidas a lo ancho de una cara del perfil del ala, lo que permite medir la distribución de la presión desde el borde de ataque hasta el borde de escape. La distribución de

presión en las superficies superior e inferior puede obtenerse inclinando la sección aerodinámica a ángulos de ataque positivos y negativos.

-Modelos de resistencia.

Se proporcionan siete modelos diferentes para su uso con la Balanza de sustentación y resistencia, lo que permite la realización de investigaciones sobre la influencia de las fuerzas de resistencia, cinco de estos modelos con un diámetro ecuatorial común de 50 mm, así la sección que todos presentan al flujo es la misma, una pelota de golf con hoyuelos y otra esfera lisa del mismo diámetro para visualizar la diferencia de resistencia que producen los hoyuelos.

-Cilindro de presión.

Un cilindro de 30 mm. de diámetro que incorpora diez tomas equidistantes entre sí, situadas alrededor de la mitad de la circunferencia, que permiten la medición de la distribución de la presión alrededor del cilindro. El cilindro puede girarse 180° para obtener la distribución de la presión en toda la circunferencia. Las tomas están todas enrasadas con la superficie del cilindro, y están conectadas mediante tubería flexible a un acoplamiento rápido de múltiples vías.

-Aparato de Bernoulli.

Un perfil de Venturi que se instala en la sección de trabajo del túnel a través de la base removible.

El perfil integra once tomas de presión en el suelo, conectadas mediante tubería flexible a acoplamientos rápidos.

El venturi ocupa la altura total de la sección de trabajo, y la anchura varía entre 150 mm. (ancho total de la sección de trabajo) en la entrada y salida, y 100 mm. en el centro.

Esta fabricado en material acrílico transparente, lo que permite una vista clara.

-Placa de capa límite.

Una placa plana con borde de ataque achaflanado, que se monta verticalmente en la sección de trabajo del túnel por medio de la base removible. Un tubo de Pitot aplanado montado en un micrómetro móvil permite medir la velocidad del aire a diferentes distancias de la superficie de la placa. La placa puede desplazarse respecto al tubo de Pitot para permitir la medición del perfil de velocidad en cualquier posición entre el borde de ataque y el borde de escape de la placa.

Se incluye una placa lisa y una placa con rugosidad artificial (arriba) para demostrar la diferencia entre la capa límite laminar y turbulenta. El tubo de Pitot tiene tubería flexible para incorporar un acoplamiento rápido.

-Kit para proyectos.

Una selección de componentes que permiten la elaboración por el usuario de modelos alternativos. Esta compuesto de un panel de suelo, una trampilla circular y un juego de acoplamientos rápidos con tubería flexible.

TUNEL DE VIENTO  
(Controlado por computadoras)



BANCO DE MANÓMETROS INCLINADOS



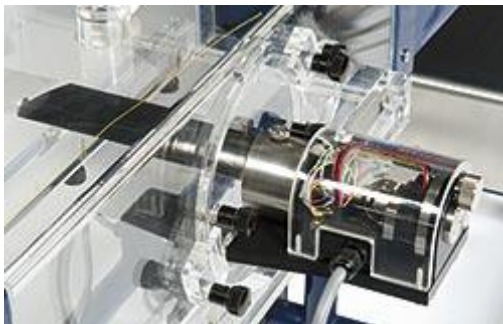
BANCO DE MANÓMETROS ELECTRÓNICOS



TUBO DE PITOT ESTÁTICO



BALANZA DE SUSTENTACIÓN Y RESISTENCIA



ALA DE PRESIÓN



MODELOS DE RESISTENCIA



RASTRILLO  
DE IDENTIFICACIÓN DE ESTELA



SECCIÓN AERODINÁMICA  
DE SUSTENTACIÓN Y RESISTENCIA





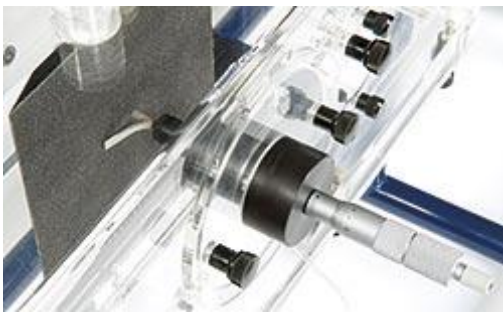
CILINDRO DE PRESIÓN



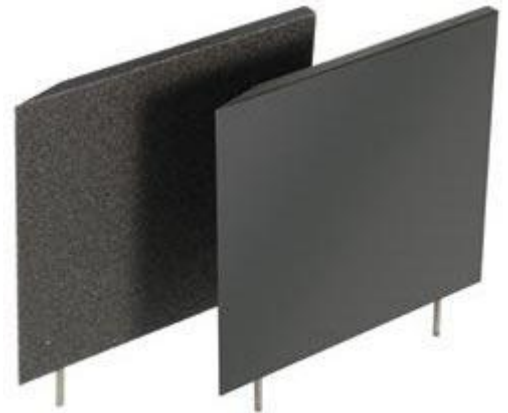
APARATO DE BERNOULLI



PLACA DE CAPA LÍMITE



PLACA LISA Y PLACA RIGUROSA



## BANCO DE PROPIEDADES DE FLUIDOS E HIDROSTATICA

### DESCRIPCION.

Largo: 1.83 m.

Ancho: 0.61 m.

Altura: 1.45 m.

Volumen: 2.7 m<sup>3</sup>.

Peso bruto: 270 Kg.

### Características técnicas:

El Banco de propiedades de fluidos e Hidrostática es un equipo estructurado para demostrar las propiedades de los fluidos y su comportamiento bajo condiciones hidrostáticas (fluido en reposo). La gama de fenómenos que se estudian y practican con este equipo se realizan con trece aparatos dentro de los cuales se incluye el “efecto de capilaridad”.

El equipo esta instalado sobre un armazón metálico con ruedas. Tiene una gama de dispositivos medidores, que van integrados al panel vertical posterior, o bien se pueden desmontar. Hay un tanque de polietileno para almacenar el agua y esta localizado en la parte inferior de la estructura.

El equipo tiene un recipiente de almacenamiento de agua abierto por la parte superior situado en alto y puede ser alimentado por dos bombas de desplazamiento positivo, tiene conexión a diversos tubos de vidrio, para análisis de superficies libres. Una bandeja de plástico con drenaje cuyo contorno superior esta al ras de la mesa de trabajo servirá para que los experimentos que se desarrollen en esta área sí hay derrame de agua esta se conduzca a la bandeja y luego al tanque inferior.

### Accesorios que contienen el equipo:

-Hidrómetro universal con cubetas.

-Viscosímetros de esfera descendente.

-Tubos de superficie libre.

-Limnímetros

-Barómetro de mercurio (mercurio no suministrado).

-Manómetro de Bourdon.

-Manómetros de tubo en U.

-Calibrador y pesos para medidor de presión de peso muerto.

-Aparato de presión hidrostática.

-Aparato de Pascal.

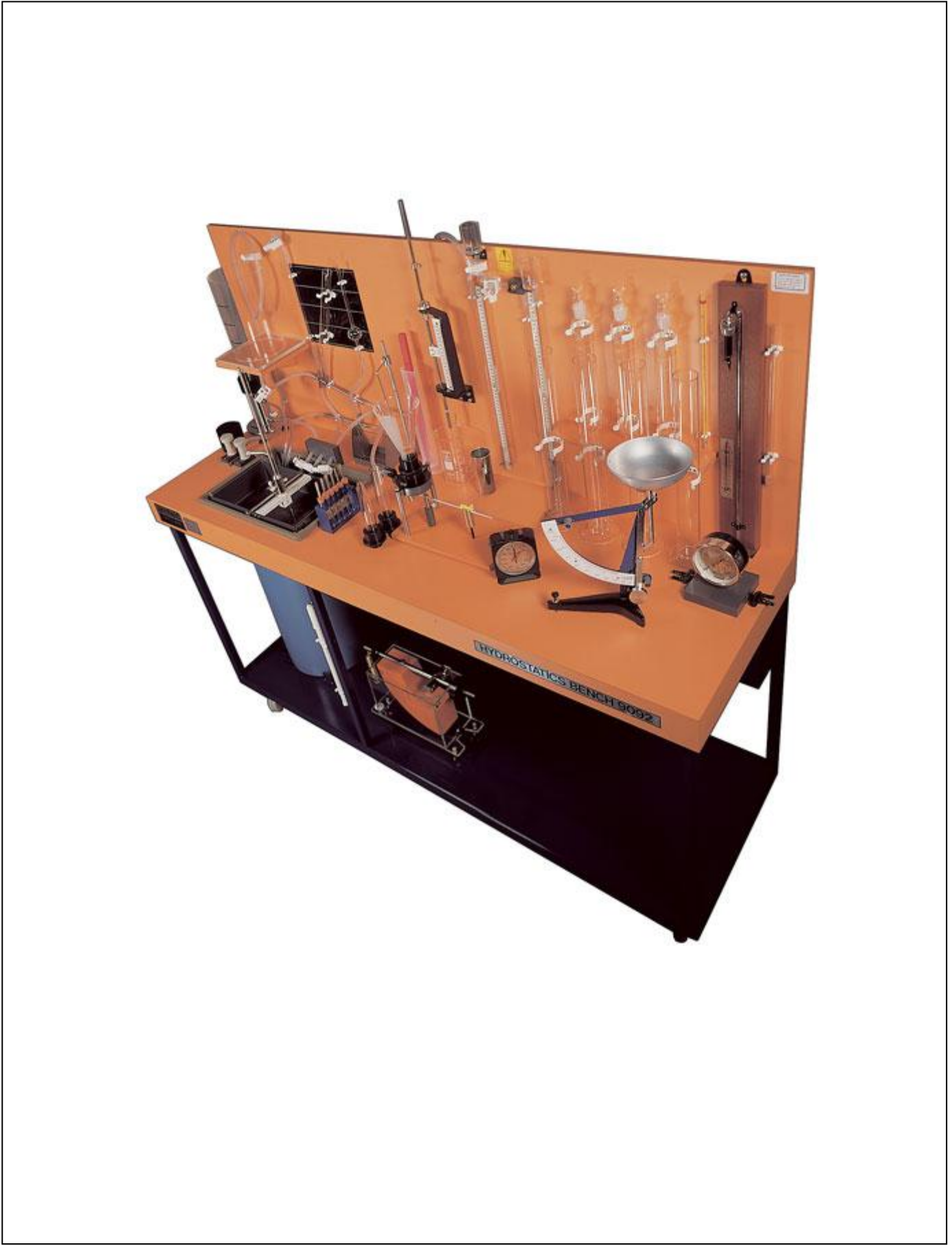
-Aparato capilar de placas paralelas.

-Aparato de tubo capilar.

-Balanza de palanca con recipiente de desplazamiento, cubo y cilindro.

-Aparato de altura metacéntrica.

- Cilindro medidor.
- Termómetro.
- Bomba de aire.
- Cubeta de 600 ml.
- Cronómetro.



MECANICA DE FLUIDOS APLICADA, INGENIERIA  
EXPERIMENTAL E INVESTIGACION

#### 4.- MECANICA DE FLUIDOS APLICADA.

A esta parte de la enseñanza de la mecánica de fluidos asistirán los alumnos interesados en continuar en la especialidad de la materia. El maestro les explicará en forma detallada los fundamentos teóricos por ejemplo de las turbomáquinas, cuerpos aerodinámicos, etc., así también de las prácticas complementarias relacionadas con la obtención de las curvas características y los detalles del funcionamiento de las mismas.

Después de que los alumnos hayan comprendido lo concerniente al funcionamiento teórico de la clase, procederán a formar brigadas de grupos reducidos, lo cuál será una ventaja de este método de enseñanza, y desaparecería el problema de los grupos numerosos integrados por alumnos de todas las áreas. Estas brigadas pasarían al laboratorio sin la compañía del maestro con el fin de complementar ellos mismos los conceptos teóricos con la práctica.

La persona encargada del laboratorio, únicamente explicaría a los alumnos el funcionamiento de la instalación del dispositivo en estudio más no la práctica, para que los mismos procedan a realizar sus observaciones y mediciones correspondientes.

Para realizar las prácticas concernientes al funcionamiento de las turbomáquinas, los alumnos requerirán de máquinas de fluidos dinámicas que comprenderían un juego de bombas centrífugas, flujo axial y hélice, bombas de desplazamiento positivo, reciprocante y rotativas, que estaría complementado por otro juego de turbomáquinas motrices formadas por un conjunto de turbinas Francis, Pelton y Kaplan. Además turbosopladores para los fluidos compresibles.

## INGENIERIA EXPERIMENTAL .

Este laboratorio consistiría en un área dotada del equipo necesario que se utiliza en la investigación y pruebas de modelos y aparatos, enfocados a resolver problemas específicos dentro del campo de la mecánica de los fluidos.

El laboratorio estaría constituido por varios cubículos donde trabajarían investigadores de tiempo completo y alumnos dirigidos por estos, una sala de dibujo equipada con los utensilios necesarios para la elaboración de los proyectos, los cuales serían realizados por los alumnos interesados en el desarrollo de algún tema de investigación, o por aquellos que estuvieran realizando su seminario de tesis y/o servicio social.

El laboratorio de ingeniería experimental deberá disponer de un taller de máquinas-herramientas, donde se llevaría a cabo la realización física de los proyectos antes realizados por los alumnos, ubicados de preferencia en el lado opuesto de los cubículos para menguar el ruido que se produce al operar los equipos de máquinas-herramientas.

En el área de ensayos estarían ubicadas las salidas de agua, aire y aceite con sus respectivos sistemas de bombeo y retorno con gastos y presión dentro del rango seleccionado por este laboratorio, según sus necesidades.

Dispositivos de pruebas y ensayos.

Estos dispositivos son los más importantes del investigador y los alumnos, ya que con ellos probarán sus prototipos, y donde se corregirán las fallas de estos, diseñando las modificaciones necesarias para llegar a la solución correcta del problema.

Los dispositivos de ensayo que se consideran son los siguientes:

- 1.- Un túnel de viento que servirá para realizar pruebas con perfiles aerodinámicos diseñados previamente.
- 2.- Un circuito de aceite con bomba centrífuga.
- 3.- Un turbo-soplador.
- 4.- Un circuito de agua formado por un tanque de carga constante, tuberías de alimentación y canales de retorno.
- 5.- Mesas de seminario, con bancos de trabajo donde los alumnos de Ingeniería mecánica, podrán ensamblar y construir los aparatos y máquinas como: toberas, turbo-máquinas, alabes, etc., que serán los trabajos de investigación.

Taller mecánico.

El taller debe estar equipado con las siguientes maquinas-herramientas.

- 1.- Un torno de banco
- 2.- Un cepillo.
- 3.- Una sierra.
- 4.- Un taladro.
- 5.- Un esmeril.
- 6.- Un monitor para soldadura.
- 7.- Un taladro de mano.
- 8.- Un tornillo (prensa de banco) para cada plaza.
- 9.- Dos Yunque.
- 10.- Herramientas de mano en general en cada plaza.
- 11.- Herramientas de consumo en cada plaza.

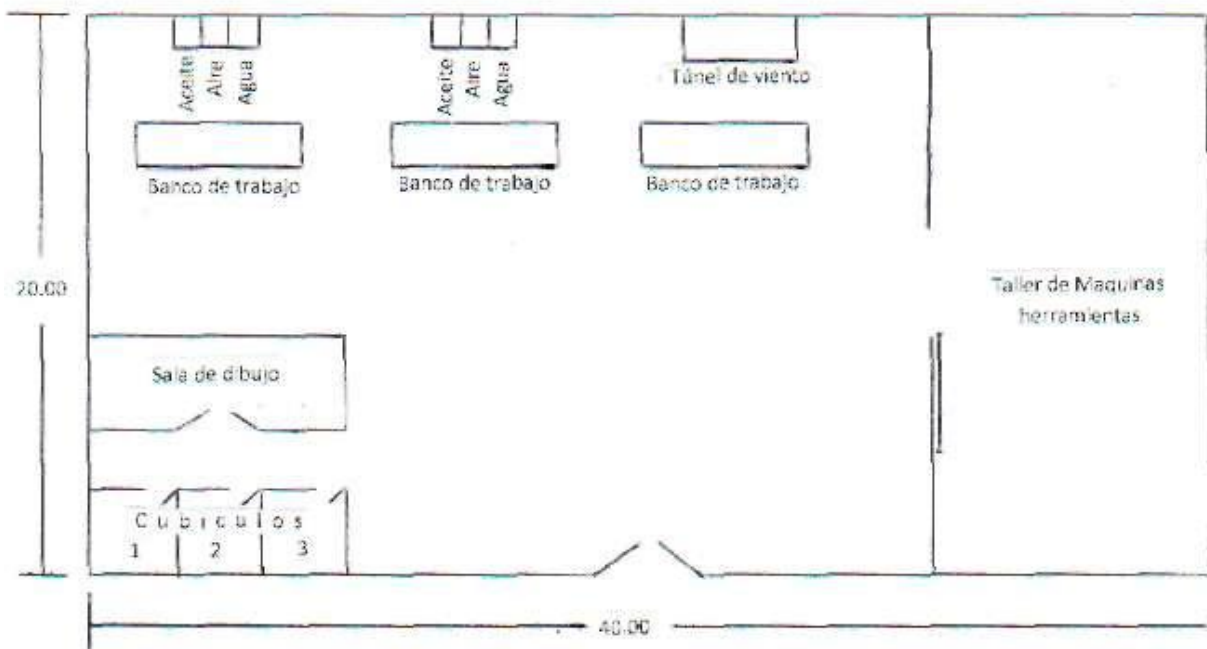
La distribución de los equipos en el área de trabajo se diseño de acuerdo con el fluido que se va a manejar y de esta forma los alumnos hagan el maquinado de las partes integrantes de sus diseños que ensamblarán en las mesas de trabajo.

Organización del personal en el laboratorio.

- 1.- Un jefe de laboratorio para la coordinación de los laboratorios.
- 2.- Un maestro albañil de mantenimiento y construcción de modelos.
- 3.- Un mecánico de mantenimiento para todos los laboratorios.
- 4.- Un ayudante para el aseo y otras actividades.

El profesorado se encargará absolutamente de la enseñanza teórico-práctica y la ayudantía la conseguirían de los alumnos de cursos avanzados como cumplimiento de su servicio social. Además, recibirían la ayuda del personal del laboratorio para el uso y funcionamiento de las instalaciones.





FACULTAD DE INGENIERIA  
 Seminario de mec. de fluido:  
 Muestra de laboratorio  
 de Ingeniería experimental

2º SEMESTRE 1972

FECHA 16-IV-1972

UNAM

ACOTS. EN METROS.

## 5.- CONCLUSIONES

Tomando en consideración la gran cantidad de alumnos de nuestros centros de educativos y proyectando este problema al futuro, podemos llegar a las siguientes conclusiones relacionadas con las ideas anteriormente expuestas.

1.- Este nuevo sistema de enseñanza sería adecuado para los grupos masivos de alumnos, la presentación de las clases sería uniforme en todo sentido y así se reducirían o eliminarían las confusiones que por lo general se originan en los grupos actuales.

2.- Los mismos alumnos de cursos más avanzados participarían como ayudantes de los maestros titulares, considerando su experiencia adquirida, gracias a la nueva técnica de exposición.

3.- Con los equipos actualizados se genera una gama más amplia de enseñanza, estudio, demostración e investigación, actividades que favorecen una mejor captación de los conocimientos para el alumno. Así mismo, se tienen otras posibilidades para que maestros y alumnos desarrollen nuevos equipos y accesorios con materiales comerciales y uso de talleres propios en beneficio de la economía de los presupuestos.

4.- Esperamos que los conocimientos y experiencias vertidos en este trabajo sean de utilidad a los futuros profesionistas.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Haggerty James J. Jr. Spacecraf (National Science Teachers Association, Vistas of Science 1)
- 2.- Neufert Ernst. Arte de proyectar en Arquitectura  
Editorial Gustavo Gili
- 3.- Shapiro Ascher H. Formas y Fluidos
- 4.- Webber N. B. (1965) MECANICA DE FLUIDOS PARA INGENIEROS  
Ediciones URMO
- 5.- OSRAM (2005/2006) CATALOGO GENERAL DE LUZ
- 6.- Armfield (2000/2006) MECANICA DE FLUIDOS  
Enseñanza de Ingeniería Armfield  
  
Armfield (2000/2006) MECANICA DE FLUIDOS APLICADA  
Enseñanza de Ingeniería Armfield  
  
Armfield (2000/2006) HIDRAULICA E HIDROLOGIA APLICADAS  
Enseñanza de Ingeniería Armfield