

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**“CONSTRUCCIÓN Y CALIBRACIÓN DE UN EQUIPO HIDRÁULICO PARA
EL ESTUDIO DE COMPUERTAS SUMERGIDAS EN EL NUEVO
LABORATORIO DE HIDRÁULICA DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
CIVIL, NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE”**

**Realizado por:
Br. Anell, Carvajal Pichardi.**

**Trabajo de Grado Presentado ante la Universidad de Oriente como
Requisito Parcial para Optar al Título de:**

INGENIERO CIVIL

BARCELONA, ENERO DE 2010.

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**“CONSTRUCCIÓN Y CALIBRACIÓN DE UN EQUIPO HIDRÁULICO PARA
EL ESTUDIO DE COMPUERTAS SUMERGIDAS EN EL NUEVO
LABORATORIO DE HIDRÁULICA DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
CIVIL, NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE”**

Realizado por:

Br. Anell, Carvajal Pichardi

**Trabajo de Grado Presentado ante la Universidad de Oriente como
Requisito Parcial para Optar al Título de:**

INGENIERO CIVIL

BARCELONA, ENERO DE 2010.

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**“CONSTRUCCIÓN Y CALIBRACIÓN DE UN EQUIPO HIDRÁULICO PARA
EL ESTUDIO DE COMPUERTAS SUMERGIDAS EN EL NUEVO
LABORATORIO DE HIDRÁULICA DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
CIVIL, NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE”**

Asesor:

Prof. Mounir Bou Ghannam

BARCELONA, ENERO DE 2010.

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**“CONSTRUCCIÓN Y CALIBRACIÓN DE UN EQUIPO HIDRÁULICO PARA
EL ESTUDIO DE COMPUERTAS SUMERGIDAS EN EL NUEVO
LABORATORIO DE HIDRÁULICA DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
CIVIL, NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE”**

JURADO:

El Jurado hace constar que asignó a esta Tesis la calificación de:

**Prof. Mounir Bou Ghannam
Asesor Académico**

Jurado Principal

Jurado Principal

BARCELONA, ENERO DE 2010.

RESOLUCIÓN

Reglamento del Trabajo de Grado.

Artículo 44º: “Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad y solo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participara al Consejo Universitario”.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro, primero a Dios, quien ilumina desde el cielo mi vida y que día a día me fue llenando de bendiciones y moldeándome de entereza para lograr culminar esta nueva etapa de mi vida.

De igual manera les dedico este triunfo a mis padres, quienes siempre me dieron el más grande ejemplo de vida, enseñándome que los sueños se pueden hacer realidad, ellos han sido mi soporte, me inyectan fe, me dan seguridad de cariño, en fin son parte importante de mi todo. Mi Mama ¿Qué hubiese sido de mi vida, si a mi lado no estuvieses?, Madre, amiga incondicional que mas bendición le puedo pedir a Dios, si me colmo de ellas, al hacerme su hija. Mi Papa, Por su especial apoyo, su incalculable amor, su constante paciencia y sabiduría, para todos los tiempos.

También quiero dedicarles este logro a mis hermanos, quienes durante esta etapa, siempre estuvieron a mi lado, dándome a entender que contaban con ellos incondicionalmente, haciéndome sentir cobijada de apoyo, con sus ocurrencias y concejos acertados.

Y una especial dedicatoria a la Virgen del Valle y San Miguel Arcángel, ellos han sido fuente donde sacio la sed espiritual en los momentos mas difíciles

AGRADECIMIENTO

Quiero significativamente agradecer a un grupo de amigos, que gracias a su constancia, compañía y esfuerzo sostenido, me brindaron su apoyo, su mano amiga y el abrazo calido lleno de optimismo, para seguir adelante a pesar de las dificultades, Gracias Oriana, Anita, Paola, Gabisita, Rosalba, Francisco y Gerardo mil gracias y que Dios los bendiga para que sigan acompañándome en los momentos mas importantes.

Sandra, esa hermana mayor, que a pesar de mi edad me demostró su confianza, abriéndome de manera incondicional las puertas de su casa, y haciéndome sentir que era mía, y dejar que creciera como mujer independiente en este ciclo importante de mi vida

Y a una amiga, que aun no llegando en el inicio de esta etapa, Dios la coloco en mi camino en el momento que solo Dios todo poderoso, sabía que tenía que estar. Mirgre uno escoge muchas cosas y caminos en la vida, pero Dios, coloca a los amigos mas importantes, en los momentos mas importantes, y le doy gracias a Dios por guardar para mi tu amistad.

No quería terminar este agradecimiento, (no por ser el ultimo es el menos importante) a mi profesor Mounir, quien de manera inteligente me vistió de confianza, y despertó en mi el interés y el convencimiento que podría desarrollar este tema.

Gracias a todos ustedes, por hacerme crecer, hacerme grande, para enfrentar desavenencias y ver el día de hoy, este sueño una realidad.

RESUMEN

En este trabajo se hizo un estudio de las necesidades y falta de equipos para el nuevo laboratorio de hidráulica del departamento de ingeniería civil. Se planteó el diseño, construcción y calibración de un equipo para prácticas de compuertas planas inclinadas sumergidas. Los cálculos hidráulicos partieron de la capacidad del dinamómetro usado en el equipo; se diseñaron las dimensiones más convenientes. Los cálculos hidráulicos se realizaron en Microsoft Excel y la graficación del esquema y sus partes en el programa Auto-CAD 3D. En el capítulo I se plantea la necesidad de dotación de equipos en el nuevo laboratorio de hidráulica. Continuando con el segundo Capítulo se destaca una teoría indispensable para el entendimiento del tema y la aplicación de estos conocimientos en la práctica. En el capítulo III se mencionan los materiales y equipos existentes para la elaboración del sistema. Seguidamente en el capítulo IV se habla de los factores que permiten establecer dos opciones de diseño para escoger el más ventajoso. La construcción y calibración del equipo se esbozan en el capítulo V. Los resultados y análisis de los ensayos realizados se destacan en el capítulo VI y VII respectivamente, y las conclusiones y recomendaciones en el último capítulo.

INDICE

RESOLUCIÓN	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
RESUMEN	VIII
INDICE	IX
INTRODUCCIÓN	XV
CAPITULO I	18
EL PROBLEMA	18
1.1 Planteamiento del problema.	18
1.2 Objetivos	19
1.2.1 Objetivo General	19
1.2.2 Objetivos Específicos	19
CAPITULO II	20
2.1 Mecánica de Fluidos.	20
2.2 Propiedades de los Fluidos	21
2.3 Definición de Fluido	22
2.4 Sistemas de Unidades	23
2.5 Propiedades de los fluidos	24
2.5.1 Masa Específica.	25
2.5.2 Peso Específico.	25
2.5.3 Densidad.	25
2.5.4 Gravedad Específica.	26
2.5.5 Viscosidad.	26
2.5.6 Compresibilidad	26
2.5.7 Presión de vapor	27
2.5.8 Tensión Superficial.	27

2.6.	Hipótesis básicas de la mecánica de FLUIDOS.	28
2.7	Hidráulica.	28
2.8	Ecuación de Manning.	29
2.9	El caudal en la ingeniería agrícola e hidráulica	32
2.10	Canal en la Hidráulica.	33
2.10.1	Clasificación de canales	33
2.10.1.1	Canales naturales	33
2.10.1.2	Canales de riego	34
2.10.1.3	Canales de navegación	34
2.10.2	Tipos de flujo en un canal	34
2.10.2.1	Flujo permanente	35
2.10.2.2	Flujo transitorio o No permanente	35
2.10.2.3	Flujo uniforme.....	36
2.10.2.4	Flujo gradualmente variado.....	36
2.10.2.5	Flujo subcrítico	36
2.10.2.6	Flujo supercrítico	37
2.11	Compuertas	37
2.11.1	Definición.	37
2.11.2	Aplicaciones.	37
2.11.3	Clasificación de Compuertas.....	38
2.11.3.1	Según las condiciones del flujo aguas abajo:.....	38
2.11.3.2	Según el tipo de operación o funcionamiento:	39
2.11.3.3	De acuerdo a sus características geométricas:.....	40
2.11.3.3.1	Compuertas planas:.....	40
2.11.3.3.2	Compuertas curvas o alabeadas:	40
2.11.3.2	Según el mecanismo de izado:	42
2.11.3.2.1	Compuertas deslizantes:.....	42
2.11.3.2.2	Compuertas rodantes:.....	42
2.12	Presión.	43

2.12.1 Presión hidrostática.....	44
2.12.2 Presión sobre superficies planas.	45
CAPITULO III.....	52
3.1 materiales.....	52
3.1.1 Laminas acrílicas.	52
CAPITULO IV.....	57
4.1 factores considerados.	57
4.2 partes del equipo.....	57
4.1.1 medidor de fuerza.....	58
4.1.1.1 Alternativas:	58
4.1.1.2 Especificaciones técnicas	59
4.2.2 Tanque de Almacenamiento	62
4.2.2.1 Alternativas	62
4.2.2.2 Dimensiones.	70
4.2.2.3 Espesor.	70
4.2.3 Sistema de Compuertas.	71
4.2.3.1 Dimensiones.	71
4.2.3.2 Material.	71
4.2.4 Sistema de láminas inclinadas.....	71
4.2.4.1 Material.	71
4.2.4.2 Angulo de inclinación.	72
4.2.5 Soporte del medidor de fuerzas o Dinamómetro	72
CAPITULO V.....	73
construccion y calibracion del equipo	73
5.1 Construcción del equipo.....	73
5.1.1 Tanque de almacenamiento.....	73
5.1.2 Sistemas de compuertas	74
5.1.2.1 Láminas inclinadas y sus compuertas.....	74
5.1.3 Sistema de descarga	75

5.1.4 Base o soporte de hierro.....	75
5.2 Materiales utilizados en la Construcción y Calibración del Equipo.....	76
5.3 Equipos utilizados en la Construcción y Calibración del equipo.....	77
5.4 Calibración del equipo.....	78
CAPITULO VI.....	80
RESULTADOS.....	80
6.1 análisis de los resultados	80
CAPITULO VII.....	82
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
7.1 Conclusiones.....	82
7.2 Recomendaciones.....	83
BIBLIOGRAFIA.....	84
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:.....	86

INDICE DE TABLAS

Tabla nº 1. Sistema de Unidades.....	24
Tabla nº 2. Valores Típicos de las Propiedades de Fluidos más usuales.....	28
Tabla nº 3. Valores “n” de Manning para los pasos de Aguas.....	31
Tabla nº 4. Tamaño y Espesores.....	56
Tabla nº 5. Propiedades Físicas.....	67
Tabla nº 6. Transmisión de Luz.....	68
Tabla nº 7. Comparación de Cálculos Teóricos y Experimentales de Compuerta Rectangular.....	81
Tabla nº 8. Comparación de Cálculos Teóricos y Experimentales de Compuerta Irregular.....	81

INDICE DE FIGURAS.

Fig. 1. Compuerta Plana.....	39
Fig. 2. Compuerta Curva o Alabeada.....	41
Fig. 3. Presión sobre Superficie Plana.....	45
Fig. 4. Superficie Plana colocada Paralela con respecto a la superficie libre.....	46
Fig. 5. Distribución de las Fuerzas debida a una columna líquida en una superficie plana inclinada.....	47
Fig. 6. Superficies planas sumergidas en el seno de un líquido.....	48
Fig. 7. Dinamómetro Mecánico.....	59
Fig. 8. Dinamómetro Digital.....	60
Fig. 9. Dinamómetro Digital.....	61

INTRODUCCIÓN

La Universidad de Oriente fue creada el 21 de noviembre de 1.958, mediante el Decreto Ley No. 459 dictado por la junta de Gobierno presidida por el Dr. Edgard Sanabria, siendo Ministro de Educación el Dr. Rafael Pizani, bajo la conducción de su Rector fundador Dr. Luís Manuel Peñalver. Comienza sus funciones el 12 de febrero de 1960 en Cumaná, con 113 bachilleres en la Unidad de Cursos Básicos. A raíz de la falta de infraestructura y de la ausencia de personal capacitado en la región para impartir conocimientos es suscrito un convenio con la Universidad de Kansas City y algunas otras universidades de Suramérica y Japón para que impartieran conocimientos a los profesores. La necesidad de construcción del campus llevo al consejo estatal del Estado Sucre a ofrecer un terreno de 300 hectáreas en el cerro Colorado para el desarrollo del Rectorado y la Escuela de Cursos Básicos. En Octubre de 1961 se instala el Núcleo de Monagas con la Escuela de Ingeniería Agronómica y Petróleo; en el Núcleo de Bolívar se iniciaron en Enero de 1962 con la Escuela de Medicina y la Escuela de Geología y Minas. En el Núcleo de Anzoátegui (inicialmente llamado Instituto Tecnológico Barcelona) comenzaron el 9 de enero de 1963 con la Escuela de Ingeniería Química. En el Núcleo de Nueva Esparta se iniciaron los Cursos Básicos el 21 de Enero de 1969, todos estos terrenos fueron donación de grandes compañías transnacionales y de los gobernantes de los estados. En su concepción la Universidad de Oriente se define como un sistema de educación Superior al servicio de la región con objetivos comunes a las demás universidades venezolanas y del mundo. No obstante, es única en su género, experimental y autónoma, innovadora en la creación de la unidad profesional de Cursos Básicos, la departamentalización, los lapsos semestrales, el sistema de unidades de

créditos, los cursos intensivos, etc., desarrollando investigación científica, docencia y extensión en todos los aspectos del conocimiento, que contempla sus programas educativos de pre y postgrado. Es casi una antítesis de la universidad tradicional cuyo campus tiene su sede en los núcleos universitarios ubicados en los Estados Anzoátegui, Bolívar, Monagas, Nueva Esparta, y Sucre, asumiendo así la responsabilidad de la educación Universitaria y desde su inicio motor fundamental del desarrollo integral en toda la región insular nororiental y sur del país, en función de las condiciones posibilidades y tendencias de desarrollo de cada uno de los Estados Orientales donde funcionan.

Son diversas las carreras ofrecidas por cada una de sus sedes; la escuela de ciencias administrativas, escuela de medicina, la escuela de ingeniería y ciencias aplicadas en donde en su casi totalidad las materias que conforman el Pensum de estudio de las carreras nombradas anteriormente son dictadas por profesores que son capacitados por nuestra casa de estudio, con los mas altos rendimientos académicos y una preparación dentro y fuera del país a nivel de postgrado. Así como es de importancia la preparación de los profesores en cada una de las cátedras dictadas también es imprescindible en muchas asignaturas contar con laboratorios dotados de equipos que permitan la realización de prácticas correspondientes a las necesidades de cada una de las cátedras. En la escuela de ingeniería para la enseñanza de La Hidráulica en las especialidades de Ingeniería Civil y Mecánica, la hidráulica es una ciencia empírica que requiere para su estudio del apoyo de un laboratorio como complemento de conocimientos de diferentes esferas como Mecánica de los Fluidos, Máquinas Hidráulicas, Ingeniería Hidráulica entre otros. Los espacios físicos para este fin pueden resultar complejos y costosos teniendo además el inconveniente de estar limitado en la parte económica, siendo

también imprescindible la dotación de equipos para distintos temas como es el caso de un equipo hidráulico para el estudio de compuertas sumergidas.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema.

Cuando se habla de hidráulica no es más que la rama de la mecánica que se encarga de estudiar el comportamiento del agua y de otros líquidos bien sea en reposo o en movimiento; es por eso que actualmente se han visto progresos en esta área por la combinación de razonamiento con trabajos experimentales.

Al hacerlo, esa unión de la teoría y la práctica se obtienen resultados mucho más satisfactorios ya que sería de mayor agrado y entendimiento para el estudiante el contenido dictado de una asignatura, como en el caso de Ingeniería Hidráulica.

En la actualidad el Departamento de Ingeniería Civil del Núcleo de Anzoátegui no cuenta con laboratorios bien dotados para el desarrollo de las prácticas. En el caso específico de Laboratorio de Hidráulica, ni siquiera tiene un espacio disponible para la materia; ya que tiene sus equipos en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y es aquí donde se desarrollan las correspondientes practicas esto sin contar con que la mayoría de los equipos están deteriorados, lo que proporciona resultados alejados de la realidad. Así como también se encuentran dañados por lo que en estos casos solo queda realizar trabajos de investigación para que el estudiantado logre entender el objetivo de la práctica.

Motivado a esto se plantea la necesidad de un Laboratorio de Hidráulica razón por la cual desde hace unos semestres atrás se comenzó el proceso de construcción del mismo así como también su dotación, diseñando equipos nuevos y confiables en el cual estudiantes y profesores se sentirían mas motivado a la hora de la realización de los ensayos, de igual forma se obtendrán mejores resultados y se preparan mejor los 75 estudiantes que cursan la asignatura durante cada semestre y mejora también el resultado de las investigaciones realizadas por los profesores del área.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Construir y calibrar un equipo hidráulico para el estudio de compuertas sumergidas en el nuevo laboratorio de hidráulica del departamento de Ingeniería Civil del Núcleo de Anzoátegui de la Universidad de Oriente.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Visitar el área donde se va a construir el equipo.
2. Revisar los distintos tipos de materiales existentes en la zona.
3. Estudiar alternativas del proyecto.
4. Calcular el equipo.
5. Construir el equipo.
6. Calibrar el equipo.
7. Elaborar la guía correspondiente a la práctica de compuertas sumergidas.
8. Estimar el costo del equipo.

CAPITULO II

2.1 Mecánica de Fluidos.

La mecánica de fluidos es fundamental en campos tan diversos como la aeronáutica, la ingeniería química, civil e industrial, la meteorología, las construcciones navales y la oceanografía.

La mecánica de fluidos es la rama de la mecánica de medios continuos (que a su vez es una rama de la física) que estudia el movimiento de los fluidos (gases y líquidos) así como las fuerzas que los provocan. La característica fundamental que define a los fluidos es su incapacidad para resistir esfuerzos cortantes (lo que provoca que carezcan de forma definida). También estudia las interacciones entre el fluido y el contorno que lo limita. La hipótesis fundamental en la que se basa toda la mecánica de fluidos es la hipótesis del medio continuo.

Los principios básicos de l movimiento de los fluidos se desarrollaron lentamente a través de los siglos XVI al XIX como resultado del trabajo de muchos científicos como Da Vinci, Galileo, Torricelli, Pascal, Bernoulli, Euler, Navier, Stokes, Kelvin, Reynolds y otros que hicieron interesantes aportes teóricos a lo que se denomina hidrodinámica. También en el campo de hidráulica experimental hicieron importantes contribuciones Chezy, Ventura, Hagen, Manning, Pouseuille, Darcy, Froude y otros, fundamentalmente durante el siglo XIX.

Hacia finales del siglo XIX la hidrodinámica y la hidráulica experimental presentaban una cierta rivalidad. Por una parte, la hidrodinámica clásica aplicaba con rigurosidad principios matemáticos para modelar el

comportamiento de los fluidos, para lo cual debía recurrir a simplificar las propiedades de estos. Así se hablaba de un fluido real. Esto hizo que los resultados no fueran siempre aplicables a casos reales. Por otra parte, la hidráulica experimental acumulaba antecedentes sobre el comportamiento de fluidos reales sin dar importancia a la formulación de una teoría rigurosa.

La Mecánica de Fluidos moderna aparece a principios del siglo XX como un esfuerzo para unir estas dos tendencias: experimental y científica. Generalmente se reconoce como fundador de la mecánica de fluidos modela al alemán L. Prandtl (1875-1953). Esta es una ciencia relativamente joven a la cual aun hoy se están haciendo importantes contribuciones.

La referencia que da el autor Vernard J.K acerca de los antecedentes de la mecánica de fluidos como un estudio científico datan según sus investigaciones de la antigua Grecia en el año 420 a.C. hechos por Tales de Mileto y Anaximenes; que después continuarían los romanos y se siguiera continuando el estudio hasta el siglo XVII.

2.2 Propiedades de los Fluidos

Los principios básicos del movimiento de los fluidos se desarrollaron lentamente a través de los siglos XVI al XIX como resultado del trabajo de muchos científicos como Da Vinci, Galileo, Torricelli, Pascal, Bernoulli, Euler, Navier, Stokes, Kelvin, Reynolds y otros que hicieron interesantes aportes teóricos a lo que se denomina hidrodinámica. También en el campo de hidráulica experimental hicieron importantes contribuciones Chezy, Ventura, Hagen, Manning, Pouseuille, Darcy, Froude y otros, fundamentalmente durante el siglo XIX.

Hacia finales del siglo XIX la hidrodinámica y la hidráulica experimental presentaban una cierta rivalidad. Por una parte, la hidrodinámica clásica aplicaba con rigurosidad principios matemáticos para modelar el comportamiento de los fluidos, para lo cual debía recurrir a simplificar las propiedades de estos. Así se hablaba de un fluido real. Esto hizo que los resultados no fueran siempre aplicables a casos reales. Por otra parte, la hidráulica experimental acumulaba antecedentes sobre el comportamiento de fluidos reales sin dar importancia a la formulación de una teoría rigurosa.

La Mecánica de Fluidos moderna aparece a principios del siglo XX como un esfuerzo para unir estas dos tendencias: experimental y científica. Generalmente se reconoce como fundador de la mecánica de fluidos modela al alemán L. Prandtl (1875-1953). Esta es una ciencia relativamente joven a la cual aun hoy se están haciendo importantes contribuciones.

2.3 Definición de Fluido

Para clasificar a los materiales que se encuentran en la naturaleza se pueden utilizar diversos criterios. Desde el punto de vista de la ingeniería, uno de los más interesantes lo constituye aquel que considera el comportamiento de los elementos frente a situaciones especiales. De acuerdo a ello se definen los estados básicos de sólido, plástico, fluidos y plasma. De aquí la definición que nos interesa es la de fluidos, la cual se clasifica en líquidos y gases.

La clasificación de fluidos mencionada depende fundamentalmente del estado y no del material en sí. De esta forma lo que define al fluido es su comportamiento y no su composición. Entre las propiedades que diferencian el estado de la materia, la que permite una mejor clasificación sobre el punto

de vista mecánico es la que dice la relación con la forma en que reacciona el material cuando se le aplica una fuerza.

Los fluidos reaccionan de una manera característica a las fuerzas. Si se compara lo que ocurre a un sólido y a un fluido cuando son sometidos a un esfuerzo de corte o tangencial se tienen reacciones características que se pueden verificar experimentalmente y que permiten diferenciarlos.

Con base al comportamiento que desarrollan los fluidos se definen de la siguiente manera: "Fluido es una sustancia que se deforma continuamente, o sea se escurre, cuando está sometido a un esfuerzo de corte o tangencial". De esta definición se desprende que un fluido en reposo no soporta ningún esfuerzo de corte.

2.4 Sistemas de Unidades

En ingeniería es necesario cuantificar los fenómenos que ocurren y para ello se requiere expresar las cantidades en unidades convencionales. Los sistemas de unidades utilizados están basados en ciertas dimensiones básicas, o primarias, a partir de las cuales es posible definir cualquier otra utilizando para ello leyes físicas, dimensionalmente homogéneas que las relacionan. Las dimensiones básicas más usadas son: longitud, tiempo, masa y temperatura. La forma en que se seleccionan las dimensiones básicas a partir de las se pueden definir las restantes, y las unidades que se les asignan, da origen a diferentes sistemas de unidades. Desde 1971 se ha intentado universalizar el uso del denominado Sistema Internacional de Unidades, el cual corresponde a la extensión y el mejoramiento del tradicional sistema MKS.

Tabla 1. Sistema de Unidades.

Magnitudes	Definición	Dimensiones	MASA (CGS SI o MKS)	FUERZA (MkgfS Ingles)
Longitud	-	L	1cm 1m	1 m 1 ft
Tiempo	-	T	1 seg 1seg	1 seg 1 sec
Masa	-	M	1g 1kg	1 utm 1 slug
Fuerza	$F = m * a$	MLT	1 dina=10 ⁻⁵ N 1N	1kgf=9,81lbf=4,448N
Energia				
Trabajo	$W=F * dr$	ML ² T ⁻²	1 erg 1Joule	1 kgfxm 1 ft-lbf
Calor			1 cal	1 cal
			1 erg/seg	
Potencia	$P=dW/dt$	ML ² T ⁻³	1Watt	1kgf.m/s 1lbf.ft/sec
Viscosidad	$\mu=\eta(dv/dt)^{-1}$	ML ⁻¹ T ⁻¹	1poise	1kgf.s/m ² 1lbf.sec/ft ²
Presion	$p = dF/dA$	ML ⁻¹ t ⁻²	1kg/m.s	1 kgf/m ² 1lbf/ft ²
Temperatura	-	θ	1baria	1 kelvine 1°Rankine
			1Pa=1N/m ²	
			1 kelvin	
			1 kelvin	

Fuentes: Sotelo [3]

2.5 Propiedades de los fluidos.

Los fluidos, como todos los materiales, tienen propiedades físicas que permiten caracterizar y cuantificar su comportamiento así como distinguirlos de otros. Algunas de estas propiedades son exclusivas de los fluidos y otras son típicas de todas las sustancias. Características como la viscosidad, tensión superficial y presión de vapor solo se pueden definir en los líquidos y

gasas. Sin embargo la masa específica, el peso específico y la densidad son atributos de cualquier materia.

2.5.1 Masa Específica.

Se denomina masa específica a la cantidad de materia por unidad de volumen de una sustancia. Se designa por P y se define: $P = \lim (m/v)$

$$v \rightarrow 0$$

2.5.2 Peso Específico.

El peso específico es la cantidad de peso por unidad de volumen de una sustancia. Utilizando la letra griega γ (gamma) para denotar el peso específico, En donde V es el volumen de una sustancia que tiene el peso W . Las unidades del peso específico, son los newton por metro cúbico (N/m^3) en el SI y libras por pie cúbico (lb/ft^3) en el Sistema Británico de Unidades.

$$\gamma = W/V \quad (\text{Ec. 1})$$

2.5.3 Densidad.

La densidad es la cantidad de masa por unidad de volumen de una sustancia. Por consiguiente, utilizando la letra griega ρ para la densidad, en donde V es el volumen de la sustancia cuya masa es m . Las unidades de densidad son kilogramos por metro cúbico en el Sistema Internacional (SI) y slugs por pie cúbico en el Sistema Británico de Unidades. La Sociedad Norteamericana para Pruebas y Materiales ASTM (American Society for Testing and Materials) ha publicado varios métodos estándar de prueba para medir densidad, que describen recipientes cuya capacidad se conoce exactamente, llamados picnómetros. En estas normas se determina la forma

apropiada de llenar, manejar, controlar la temperatura y hacer lecturas en estos dispositivos. Dos de ellos son el picnómetro de Bingham y el picnómetro bícipilar de Lipkin.

$$\rho = m / v \quad (\text{Ec. 2})$$

2.5.4 Gravedad Específica.

La gravedad específica es el cociente de la densidad de una sustancia entre la densidad del agua a 4 °C, o, es el cociente del peso específico de una sustancia entre el peso específico del agua a 4 °C. Estas definiciones de la gravedad específica se pueden expresar de manera matemática como:

$$S_g = \gamma_s / \gamma_w = \rho_s / \rho_w \quad (\text{Ec. 3})$$

2.5.5 Viscosidad.

La viscosidad es una propiedad distintiva de los fluidos. Esta ligada a la resistencia que opone un fluido a deformarse continuamente cuando se le somete a un esfuerzo de corte. Esta propiedad es utilizada para distinguir el comportamiento entre fluidos y sólidos. Además los fluidos pueden ser en general clasificados de acuerdo a la relación que exista entre el esfuerzo de corte aplicado y la velocidad de deformación.

2.5.6 Compresibilidad.

La compresibilidad representa la relación entre los cambios de volumen y los cambios de presión a que esta sometido un fluido. Las variaciones de volumen pueden relacionarse directamente con variaciones de la masa específica si la cantidad de masa permanece constante. En

general se sabe que en los fluidos la masa específica depende tanto de la presión como de la temperatura de acuerdo a la ecuación de estado.

2.5.7 Presión de vapor.

Los fluidos en fase líquida o gaseosa dependiendo de las condiciones en que se encuentren. Las sustancias puras pueden pasar por las cuatro fases, desde sólido a plasma, según las condiciones de presión y temperatura a que estén sometidas. Se acostumbra designar líquidos a aquellos materiales que bajo las condiciones normales de presión y temperatura en que se encuentran en la naturaleza están en esa fase.

Cuando un líquido se le disminuye la presión a la que está sometido hasta llegar a un nivel en el que comienza a bullir, se dice que alcanzado la presión de vapor. Esta presión depende de la temperatura. Así por ejemplo, para el agua a 100°C, la presión es de aproximadamente de 1 bar, que equivale a una atmósfera normal. La presión de vapor y la temperatura de ebullición están relacionadas y definen una línea que separa y el líquido de una misma sustancia en un gráfico de presión y temperatura.

2.5.8 Tensión Superficial.

Se ha observado que entre la interfase de dos fluidos que no se mezclan se comportan como si fuera una membrana tensa. La tensión superficial es la fuerza que se requiere para mantener en equilibrio una longitud unitaria de esta película. El valor de ella dependerá de los fluidos en contacto y de la temperatura. Los efectos de la superficial solo apreciables en fenómenos de pequeñas dimensiones, como es el caso de tubos capilares, burbujas, gotas y situaciones similares.

Tabla 2. Valores Típicos de las Propiedades de fluidos más usuales.

Propiedad	Designación	Unidades	Valores	
			Agua	Aire
Masa específica	P	kg/m ³	1.000	1,2
Viscosidad	β	g/ms	1,0	0,02
Calor específico	Cp	J/kg°K	4.200	1.008
Presión de vapor (20°)	Pv	bar	0,023	-
Tensión Superficial	Ö	mN/m	72,8	-

Fuente: Mataix [5]

2.6. Hipótesis básicas de la mecánica de FLUIDOS.

Como en todas las ramas de la ciencia, en la mecánica de fluidos se parte de hipótesis en función de las cuales se desarrollan todos los conceptos. En particular, en la mecánica de fluidos se asume que los fluidos verifican las siguientes leyes:

- ✓ Conservación de la masa y de la cantidad de movimiento.
- ✓ Primera y segunda ley de la termodinámica.

Pero probablemente la hipótesis más importante de la mecánica de fluidos es la hipótesis del medio continuo.

2.7 Hidráulica.

El estudio de la hidráulica tiene que ver con el uso y características de los líquidos. Desde siempre, el hombre ha usado líquidos para suavizar su carga.

Las anotaciones más antiguas de la historia muestran que artículos tales como bombas y ruedas de agua eran conocidas en tiempos muy remotos. Sin embargo, hasta el Siglo XVII fue que la rama de la hidráulica, se empezó a usar. El principio descubierto por el científico francés Pascal dice:

La presión aplicada a un fluido confinado se transmite sin disminución de fuerza en todas direcciones y actúa con fuerza igual y en áreas iguales en los ángulos correspondientes.

Por su parte la hidráulica es una aplicación de la mecánica de fluidos en ingeniería, para construir dispositivos que funcionan con líquidos, por lo general agua o aceite. La hidráulica resuelve problemas como el flujo de fluidos por conductos o canales abiertos y el diseño de presas de embalse, bombas y turbinas.

2.8 Ecuación de Manning.

La ecuación de Manning, se ha convertido en la principal ecuación empleada para determinar muchos de los trabajos hidráulicos. En el año 1889, el ingeniero irlandés Robert Manning, presentó por primera vez la ecuación durante la lectura de un artículo en una reunión del Institute of Civil Engineers de Irlanda. El artículo fue publicado más adelante en Transactions, del Instituto. La ecuación en principio fue dada en una forma complicada y luego simplificada a

$$V=C*R^{2/3}*S^{1/2}$$

(Ec. 4)

Donde V es la velocidad media, C el factor de resistencia al flujo, R el radio hidráulico y S la pendiente. Esta fue modificada posteriormente por otros y expresada en unidades métricas como

$$V = (1/n) * R^{2/3} * S^{1/2} \quad (\text{Ec. 5})$$

Más tarde, fue convertida otra vez en unidades inglesas, resultando en

$$V = (1.486/n) * R^{2/3} * S^{1/2}. \quad (\text{Ec. 6})$$

La ecuación de Manning es el resultado del proceso de un ajuste de curvas, y por tanto es completamente empírica en su naturaleza. Debido a su simplicidad de forma y a los resultados satisfactorios que arroja para aplicaciones prácticas, la fórmula Manning se ha hecho la más usada de todas las fórmulas de flujo uniforme para cálculos de escurrimiento en canal abierto.

La fórmula Manning fue sugerida para uso internacional por Lindquist en el Scandinavia Sectional Meeting del World Power Conference en 1933, en Stockolmo.

$$Q = 1/n * A * R^{2/3} * S^{1/2} \quad (\text{Ec.7})$$

Donde

- Q: es el flujo de diseño de una alcantarilla o caudal, m³/s ;
- A: es el área transversal del flujo, m²;
- Rh: es el radio hidráulico, que equivale el área del flujo dividido entre el perímetro Mojado, m;
- S es la pendiente, m/m (pies/pies);

- N: es el coeficiente Manning de rugosidad.

Tabla 3. Valores “n” de Manning para los Pasos de Agua.

Tipo de paso de Agua	Rugosidad del corrugado	Valor “n” de Manning
Tubo de Concreto	Liso	0.010 – 0.011
Cajón de Concreto	Liso	0.012 – 0.015
Tubo de Metal de Costilla Espiral	Liso	0.012 – 0.013
Tubo de Metal Corrugado, Caja y Arco del tubo (Corrugación Anular y Helicoidal – ver la figura B-3, página 130, el valor “n” de Manning varia con el tamaño del cuerpo del tubo)	68 x13 mm Anular 68 x 13 mm Helicoidal 150 x 25 mm Helicoidal 125 x 25 mm 75 x 25 mm 150 x 50 mm Placa Estructural 230 x 64 mm Placa Estructural	0.022 – 0.027 0.011 – 0.023 0.022 – 0.025 0.025 – 0.026 0.027 – 0.028 0.033 – 0.035 0.033 – 0.037
Polietileno corrugado	Liso	0.009 – 0.015
Polietileno corrugado	Corrugado	0.018 – 0.025
Cloruro de Polivinilo (PVC)	Liso	0.009 – 0.011

Fuente: Sotelo [3]

Para los ingenieros es de gran importancia determinar las propiedades del régimen de circulación hidráulico ya que sabiendo el tipo de flujo pueden conocer el caudal que pasa por un canal o alcantarilla.

En dinámica de fluidos, caudal es la cantidad de fluido que pasa por determinado elemento en la unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Menos frecuentemente, se identifica con el flujo másico o masa que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

El caudal se puede calcular a través de la siguiente ecuación:

$$Q = A * V \quad (\text{Ec.8})$$

Donde,

Q: caudal (m³/s)

A: es el área (m²)

V: es la velocidad promedio. (m/s)

2.9 El caudal en la ingeniería agrícola e hidráulica

El caudal de un río es fundamental en el dimensionamiento de presas, embalses y obras de control de avenidas. Dependiendo del tipo de obra, se emplean los caudales medios diarios, con un determinado tiempo de recurrencia o tiempo de retorno, o los caudales máximos instantáneos. La forma de obtención de uno y otro es diferente y, mientras para los primeros se puede tomar como base los valores registrados en una estación de medición, durante un número considerable de años, para los segundos, es decir para los máximos instantáneos, muy frecuentemente se deben calcular a través de modelos matemáticos.

La medición práctica del caudal líquido en las diversas obras hidráulicas, tiene una importancia muy grande, ya que de estas mediciones depende muchas veces el buen funcionamiento del sistema hidráulico como

un todo, y en muchos casos es fundamental para garantizar la seguridad de la estructura. Existen diversos procedimientos para la determinación del caudal instantáneo.

2.10 Canal en la Hidráulica.

En ingeniería se denomina canal a una construcción destinada al transporte de fluidos; generalmente utilizada para agua y que, a diferencia de las tuberías, es abierta a la atmósfera. También se utilizan como vías artificiales de navegación. La descripción del comportamiento hidráulico de los canales es una parte fundamental de la hidráulica y su diseño pertenece al campo de la ingeniería hidráulica, una de las especialidades de la ingeniería civil.

El conocimiento empírico del funcionamiento de los canales se remonta a varios milenios. En la antigua Mesopotamia se usaban canales de riego, en la Roma Imperial se abastecían de agua a través de canales construidos sobre inmensos acueductos, y los habitantes del antiguo Perú construyeron en algunos lugares de los Andes canales que aun funcionan. El conocimiento y estudio sistemático de los canales se remonta al siglo XVIII, con Chézy, Bazin y otros.

2.10.1 Clasificación de canales

2.10.1.1 Canales naturales

Se denomina canal natural a las depresiones naturales en la corteza terrestre, algunos tienen poca profundidad y otros son más profundos, según

se encuentren en la montaña o en la planicie. Algunos canales permiten la navegación, generalmente sin necesidad de dragado.

2.10.1.2 Canales de riego

Éstos son vías construidas para conducir el agua hacia las zonas que requieren complementar el agua precipitada naturalmente sobre el terreno.

2.10.1.3 Canales de navegación

Un canal de navegación es una vía de agua hecha por el hombre que normalmente conecta lagos, ríos u océanos.

2.10.2 Tipos de flujo en un canal

El flujo de agua en un conducto puede ser flujo en canal abierto o flujo en tubería. Estas dos clases de flujos son similares en diferentes en muchos aspectos, pero estos se diferencian en un aspecto importante.

El flujo en canal abierto debe tener una superficie libre, en tanto que el flujo en tubería no la tiene, debido a que en este caso el agua debe llenar completamente el conducto.

Las condiciones de flujo en canales abiertos se complican por el hecho de que la composición de la superficie libre puede cambiar con el tiempo y con el espacio, y también por el hecho de que la profundidad de flujo el caudal y las pendientes del fondo del canal y la superficie libre son interdependientes.

En estas la sección transversal del flujo, es fija debida a que esta completamente definida por la geometría del conducto. La sección

transversal de una tubería por lo general es circular, en tanto que la de un canal abierto puede ser de cualquier forma desde circular hasta las formas irregulares en ríos. Además, la rugosidad en un canal abierto varía con la posición de una superficie libre. Por consiguiente la selección de los coeficientes de fricción implica una mayor incertidumbre para el caso de canales abiertos que para el de tuberías, en general, el tratamiento del flujo en canales abiertos es más que el correspondiente a flujo en tuberías. El flujo en un conducto cerrado no es necesariamente flujo en tuberías si tiene una superficie libre, puede clasificarse como flujo en canal abierto.

2.10.2.1 Flujo permanente

Es aquel en el que las propiedades fluidas permanecen constantes en el tiempo, aunque pueden no ser constantes en el espacio. Las características del flujo son: Velocidad (V), Caudal (Q), y Calado (h), son independientes del tiempo, si bien pueden variar a lo largo del canal, siendo x la abscisa de una sección genérica, se tiene que:

$$V = f_v(x)$$

$$Q = f_q(x)$$

$$h = f_h(x)$$

2.10.2.2 Flujo transitorio o No permanente

Presenta cambios en sus características a lo largo del tiempo para el cual se analiza el comportamiento del canal. Las características del flujo son función del tiempo.

2.10.2.3 Flujo uniforme

Es el flujo que se da en un canal recto, con sección y pendiente constante, a una distancia considerable (20 a 30 veces la profundidad del agua en el canal) de un punto singular, es decir un punto donde hay una mudanza de sección transversal ya sea de forma o de rugosidad, un cambio de pendiente o una variación en el caudal.

2.10.2.4 Flujo gradualmente variado

El flujo es variado: si la profundidad de flujo cambia a lo largo del canal. El flujo variado puede ser permanente o no permanente. Debido a que el flujo uniforme no permanente es poco frecuente, el término “flujo no permanente” se utilizará de aquí en adelante para designar exclusivamente el flujo variado no permanente.

El flujo variado puede clasificarse además como rápidamente variado o gradualmente variado. El flujo es rápidamente variado si la profundidad del agua cambia de manera abrupta en distancias comparativamente cortas; de otro modo es gradualmente variado. Un flujo rápidamente variado también se conoce como fenómeno local; algunos ejemplos son el resalto hidráulico y la caída hidráulica.

2.10.2.5 Flujo subcrítico

En el caso de flujo subcrítico, también denominado flujo lento, el nivel efectivo del agua en una sección determinada está condicionado a la condición de contorno situada aguas abajo.

2.10.2.6 Flujo supercrítico

En el caso de flujo supercrítico, también denominado flujo veloz, el nivel del agua efectivo en una sección determinada está condicionado a la condición de contorno situada aguas arriba.

2.11 Compuertas

2.11.1 Definición.

Las compuertas son equipos mecánicos utilizados para el control del flujo del agua y mantenimiento en los diferentes proyectos de ingeniería, tales como presas, canales y proyectos de irrigación.

Existen diferentes tipos y pueden tener diferentes clasificaciones, según su forma, función y su movimiento.

Las diferentes formas de las compuertas dependen de su aplicación, el tipo de compuerta a utilizar dependerá principalmente del tamaño y forma del orificio, de la cabeza estática, del espacio disponible, del mecanismo de apertura y de las condiciones particulares de operación.

2.11.2 Aplicaciones.

- Control de flujos de aguas
- Control de inundaciones
- Proyectos de irrigación
- Crear reservas de agua
- Sistemas de drenaje
- Proyectos de aprovechamiento de suelos
- Plantas de tratamiento de agua
- Incrementar capacidad de reserva de las presas

2.11.3 Clasificación de Compuertas.

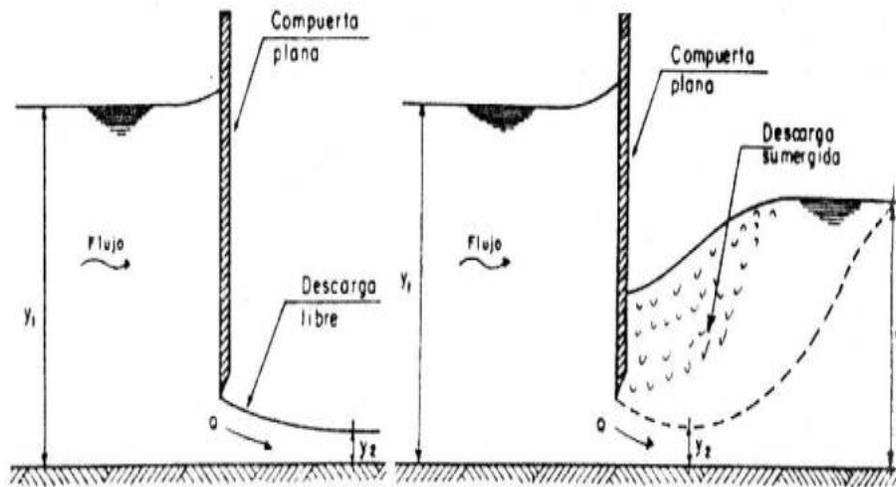
Las compuertas tienen las propiedades hidráulicas de los orificios y, cuando están bien calibradas, también pueden emplearse como medidores de flujo.

Las condiciones físicas, hidráulicas, climáticas y de operación, evaluadas apropiadamente, imponen la selección del tipo y tamaño adecuado de las compuertas. Éstas se diseñan de diferentes tipos y con variadas características en su operación y en su mecanismo de izado, los cuales permiten clasificarlas en grupos generales de la siguiente manera:

2.11.3.1 Según las condiciones del flujo aguas abajo:

- Compuerta con descarga libre.

- Compuerta con descarga sumergida o ahogada



Compuerta plana. Figura 1

Fuente: Mataix [5].

2.11.3.2 Según el tipo de operación o funcionamiento:

- ✓ Compuertas Principales: se diseñan para operar bajo cualquier condición de flujo; se les llama de **regulación** cuando se les conciben para controlar caudales en un canal abierto o sobre una estructura de presa, con aberturas parciales, y se conocen como **compuertas de guarda o de cierre** aquellas que funcionan completamente abiertas o cerradas.
- ✓ Compuertas de emergencia: se utilizan en los eventos de reparación, inspección y mantenimiento de las compuertas principales, siendo concebidas para funcionar tanto en condiciones de presión diferencial, en conductos a presión, como en condiciones de presión equilibrada.

2.11.3.3 De acuerdo a sus características geométricas:

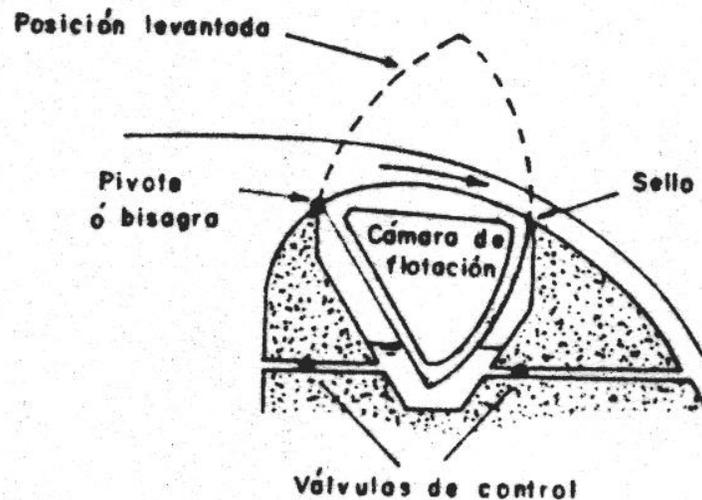
2.11.3.3.1 Compuertas planas:

- Rectangulares
- Cuadradas
- Circulares
- Triangulares, etc.

2.11.3.3.2 Compuertas curvas o alabeadas:

- Radiales: también llamadas compuertas **Taintor**, tienen la forma de una porción de cilindro, y giran alrededor de un pivote o eje horizontal situado en el eje longitudinal de la superficie cilíndrica. Por su forma algunas veces se les llama compuerta **Sector**. Generalmente, en las compuertas radiales el agua actúa en el lado convexo y, debido a las propiedades hidrostáticas de una superficie cilíndrica, la línea de acción del empuje hidrostático resultante pasa a través del pivote o centro de giro. En consecuencia, la fuerza requerida para levantar la compuerta es la necesaria para vencer el peso propio de la misma y la fricción en los apoyos. Este tipo de compuerta se usa en vertederos de presa, en obras de captación y en canales de riego.
- Tambor: consisten en una estructura hermética de acero, abisagrada en la cresta de rebose de un vertedero de presa, y con una forma tal que, cuando está en su posición más baja, ocupa un recinto dentro de la estructura de la presa, sin interrumpir el perfil de dicha cresta. Si el líquido penetra a dicho recinto, la compuerta se levanta por encima de la cresta, debido al empuje de flotación, evitando el paso de la corriente. Este mecanismo de operación constituye cierta ventaja

sobre los otros tipos de compuerta, puesto que no requiere de superestructuras que incluyan grúas, cables, ni volantes, para su manejo.



Compuerta Curva o alabeada. Figura 2

Fuentes: Mataix [5]

- Cilíndricas: consisten en un cilindro de acero que se extiende entre los estribos de un vertedero de presa, en los cuales está adosada una cremallera dentada e inclinada, o de una torre cilíndrica de captación de un embalse. La compuerta se iza rodando hacia arriba, permitiendo el engranaje entre los dientes y las cremalleras en los extremos. En virtud de la gran resistencia de una estructura cilíndrica (con apropiados esfuerzos interiores), este tipo de compuerta se usa económicamente sobre grandes luces en proyectos especiales. Generalmente, se le coloca un borde longitudinal de acero en un

punto apropiado de su periferia, para que forme un sello con la cresta del vertedero, cuando la compuerta está en la posición más baja.

2.11.3.2 Según el mecanismo de izado:

2.11.3.2.1 Compuertas deslizantes:

El elemento de cierre u obturación se mueve sobre superficies deslizantes (guías o rieles) que sirven, a la vez, de apoyo y sello. Generalmente, se construyen en acero colado, y se emplean en estructuras de canales y en algunas obras de captación, en presas o tanques de regulación. La hoja de la compuerta o elemento de obturación se acciona con un mecanismo elevador, a través de un vástago o flecha de acero.

2.11.3.2.2 Compuertas rodantes:

El elemento de cierre u obturación se mueve sobre un tren de ruedas, rodillos o de engranajes, hasta la posición de estanca. Se utilizan en obras de toma profunda, para casos de emergencia y de servicio, así como para cierre en mantenimiento, en conductos a presión. Ruedan a su posición de sello debido a su propio peso y se izan con cadenas o cables por medio de grúas especiales, fuera de la superficie del agua, hasta una caseta de operación, donde se les hace mantenimiento. Cuando estudiamos los esfuerzos producidos por el agua (o cualquier otro líquido), sobre una superficie y queremos que esta se comporte como una compuerta, aparece un sistema que funcionará accionado por la fuerza producida por el mismo fluido y se deberá contar con la posibilidad de mover, o hacer rotar, esa

superficie alrededor de un eje de manera que se limite el nivel alcanzado por el fluido en cuestión.

2.12 Presión.

Cuando se ejerce una fuerza sobre un cuerpo deformable, los efectos que provoca dependen no sólo de su intensidad, sino también de cómo esté repartida sobre la superficie del cuerpo. Así, un golpe de martillo sobre un clavo bien afilado hace que penetre más en la pared de lo que lo haría otro clavo sin punta que recibiera el mismo impacto. Un individuo situado de puntillas sobre una capa de nieve blanda se hunde, en tanto que otro de igual peso que calce raquetas, al repartir la fuerza sobre una mayor superficie, puede caminar sin dificultad.

El cociente entre la intensidad F de la fuerza aplicada perpendicularmente sobre una superficie dada y el área S de dicha superficie se denomina presión: La presión representa la intensidad de la fuerza que se ejerce sobre cada unidad de área de la superficie considerada. Cuanto mayor sea la fuerza que actúa sobre una superficie dada, mayor será la presión, y cuanto menor sea la superficie para una fuerza dada, mayor será entonces la presión resultante.

El concepto de presión es muy general y por ello puede emplearse siempre que exista una fuerza actuando sobre una superficie. Sin embargo, su empleo resulta especialmente útil cuando el cuerpo o sistema sobre el que se ejercen las fuerzas es deformable. Los fluidos no tienen forma propia y constituyen el principal ejemplo de aquellos casos en los que es más adecuado utilizar el concepto de presión que el de fuerza.

Cuando un fluido está contenido en un recipiente, ejerce una fuerza sobre sus paredes y, por tanto, puede hablarse también de presión. Si el

fluido está en equilibrio las fuerzas sobre las paredes son perpendiculares a cada porción de superficie del recipiente, ya que de no serlo existirían componentes paralelas que provocarían el desplazamiento de la masa de fluido en contra de la hipótesis de equilibrio. La orientación de la superficie determina la dirección de la fuerza de presión, por lo que el cociente de ambas, que es precisamente la presión, resulta independiente de la dirección; se trata entonces de una magnitud escalar.

2.12.1 Presión hidrostática.

Presión en mecánica, es la fuerza por unidad de superficie que ejerce un líquido o un gas perpendicularmente a dicha superficie.

La presión suele medirse en atmósferas (atm); en el Sistema Internacional de unidades (SI), la presión se expresa en Newton por metro cuadrado; un Newton por metro cuadrado es un pascal (Pa). La atmósfera se define como 101.325 Pa, y equivale a 760 mm de mercurio o 14,70 lbf/pulg² (denominada psi).

$$P = \frac{F}{A} = \gamma \cdot h$$

(Ec.9)

Donde:

P: presión ejercida sobre la superficie, N/m²

F: fuerza perpendicular a la superficie, N

A: área de la superficie donde se aplica la fuerza, m²

2.12.2 Presión sobre superficies planas.

La presión en el seno de un líquido en reposo se ejerce siempre normalmente a la superficie, de tal modo que si tuviéramos un vaso que contiene un líquido y hacemos orificios en varios puntos del vaso, el líquido saldría en chorros cuyas direcciones son normales a las paredes (durante un corto trayecto por supuesto) en los puntos de salida

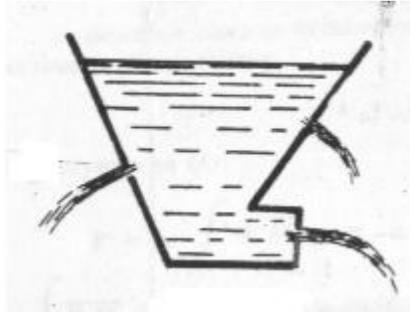


Figura 3. Presión sobre Superficie Planas

Fuente: Mataix [5]

Supongamos que una superficie rectangular sumergida en el seno de un líquido, y a la que pondremos en diferentes posiciones con respecto a la superficie libre del líquido.

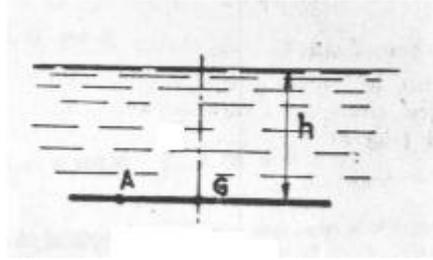


Fig. 4 Superficie plana colocada paralela con respecto a la superficie libre.

Fuente: Mataix [5]

Primero la supondremos paralela a la superficie libre, sumergida a una profundidad h . La presión en todos los puntos de esa superficie es la misma, es decir, es uniforme. Para calcular el valor de la presión es necesario conocer la profundidad h y el peso específico γ del líquido. Llamando A a un punto cualquiera de la superficie en cuestión, tenemos:

$$P_A = \gamma \cdot h \quad (\text{Ec. 10})$$

Para calcular la fuerza que sobra sobre toda la superficie S (empuje del líquido sobre la superficie), que llamaremos F , tenemos:

$$F = \gamma \cdot h \cdot S \quad (\text{Ec. 11})$$

En la expresión anterior S es la superficie y debe tenerse cuidado de no confundir el empuje con la presión. Si la presión es uniforme sobre una superficie determinada, la resultante de las fuerzas que se están ejerciendo sobre cada punto es el empuje o fuerza total y pasa por el centro de gravedad de la superficie.

F se interpreta diciendo que "**cuando la presión es uniforme sobre una superficie plana, el empuje tiene un valor igual a la intensidad de la presión en cualquier punto, multiplicado por la superficie**". El empuje queda representado por un vector normal a la superficie, que pasa por el centro de gravedad de ésta.

Consideremos ahora una superficie pero inclinada con respecto a la superficie libre del líquido. Aquí la presión no es uniforme en todos los puntos de la superficie, sino que va variando siendo menor en A y aumentando hasta B (Figura 5).

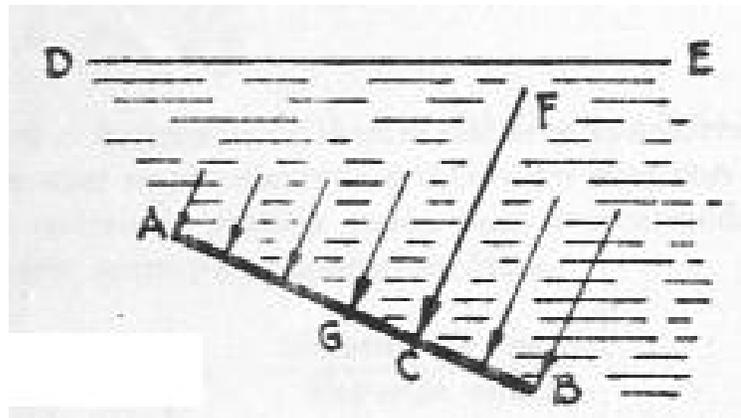


Figura 5. Distribución de las fuerzas debida a una columna de líquido en una superficie plana inclinada.

Fuente: Mataix [5]

El empuje debe ser normal a la superficie y ya no pasa por el centro de gravedad de ésta sino más abajo porque la resultante del sistema de fuerzas paralelas formado por las distintas presiones estará cerca de las

fuerzas de mayor intensidad. El punto por donde pasa el empuje que el líquido ejerce sobre la superficie se llama "centro de presión".

Para que quede determinado el empuje es necesario determinar primero su intensidad y enseguida la localización del centro de presión.

En la Figura 6 se muestran las proyecciones de cualquier superficie plana AB sujeta a la presión estática de un líquido con superficie libre. La superficie AB hace un ángulo cualquiera con la horizontal; prolongado el plano de esa superficie, intercepta la superficie libre del líquido según una recta XX' mostrada como un punto M en (a).

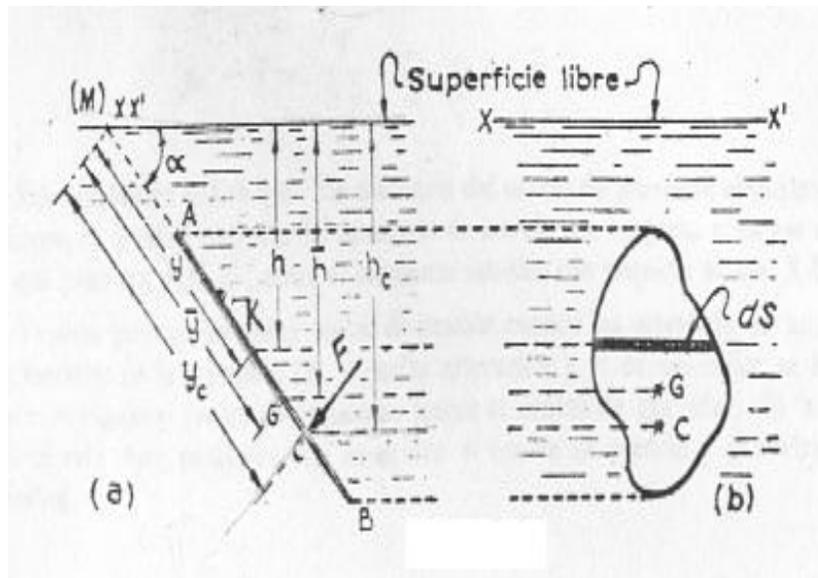


Figura 6. Superficie plana sumergida en el seno de un líquido

Fuente: Mataix [5].

Supongamos que una faja elemental de la superficie tomada paralelamente al eje XX' . La presión sobre esta faja es uniforme y a su

empuje podemos llamar dF . La resultante de las dF es una fuerza que ya dijimos, cae en el centro de presión; se tiene:

$$dF = w h \cdot dS \quad (\text{Ec. 12})$$

$$F = \int w h dS = w \int h dS \quad (\text{Ec. 13})$$

La superficie plana en su intersección con la superficie libre da una línea que es interesante considerar:

$$h = KM \cdot \text{sen } \alpha \quad (\text{Ec. 14})$$

Por sustitución, nos queda...

$$F = w \int KM \cdot \text{sen } \alpha dS = w \cdot \text{sen } \alpha \cdot \int KM dS \quad (\text{Ec. 15})$$

Por cierto, que $\int KM dS$ es el momento estático de la superficie S con respecto al eje XX', por lo tanto:

$$\int KM dS = S \cdot \bar{y} \quad (\text{Ec. 16})$$

por sustitución, nos queda...

$$F = w \cdot \text{sen} \alpha \cdot S \cdot \bar{h} \quad (\text{Ec. 17})$$

Pero como; $\bar{h} = \frac{S \cdot \text{sen} \alpha}{A}$; por lo que al sustituir...

$$F_p = \gamma \cdot \bar{h} \cdot A$$

(Ec. 18)

"El empuje o fuerza de presión sobre la superficie plana, tiene por valor el producto de la presión en el centro de gravedad por la superficie considerada", o sea:

$$F_p = \gamma \cdot \bar{h} \cdot A \quad (\text{Ec. 19})$$

Donde:

γ : peso específico del fluido en el que se encuentra sumergido la superficie libre.

\bar{h} : profundidad a la que se encuentra el centro de gravedad de la superficie libre.

A: área de la compuerta

La distancia del centro de gravedad de la superficie al centro de presión se calcula:

$$CG - CP = \frac{I_c}{y_c \cdot A}$$

(Ec. 20)

Donde:

I_c : momento de inercia de la superficie respecto al centroide

y_c : distancia desde el centro de gravedad a la superficie libre en la dirección de inclinación de la compuerta

A : área total de la superficie sumergida

CAPITULO III

3.1 materiales.

3.1.1 Laminas acrílicas.

El Acrílico es el polímero de metil metacrilato, PMMA. El acrílico se desarrolló en 1928 en varios laboratorios y se introdujo al mercado en 1933 por Rohm and Haas. La fórmula química del MMA, el monómero de metil metacrilato, es $C_5O_2H_8$ y el de PMMA es $(C_5O_2H_8)_n$, la "n" indicando el número de moléculas de MMA que forman parte de la cadena lineal de PMMA.

El PMMA es transparente a la luz ultravioleta por lo cual normalmente es producido con un agente absorbedor de esta para proteger tanto la pigmentación del propio PMMA como objetos que pudieran recibir luz a través de ello.

La densidad del PMMA es del orden de 1190 kgs/m^3 , aproximadamente 1.19 gms/cm^3 . Esto es algo menos de la mitad de aquella del vidrio que cae dentro del rango de $2400 \text{ to } 2800 \text{ kg/m}^3$. La resistencia al impacto del acrílico es mucho mayor que la del vidrio. El acrílico es mas blando que el vidrio, sin embargo se puede aplicar, en el proceso de manufactura, una capa resistente a la abrasión. El acrílico rallado muy superficialmente se puede pulir eliminando las ralladuras.

Hay varios procesos de producción de Lámina de acrílico que derivan en producto con características diferentes. El proceso original es el de polimerización en masa; esto quiere decir que el monómero es catalizado

para efectuar el proceso de polimerización dentro del molde que le dará la forma final al producto. En el caso de lámina este proceso se lleva a cabo entre dos placas de vidrio templado con un sello de PVC circundante para cerrar la celda. Complica el proceso el hecho que la reacción de polimerización es exotérmica pero que requiere de calor para que se inicie, por un lado, y que la masa del material sufre un incremento en densidad por otro: el peso específico del MMA es del orden de 1.0 y el del PMMA es del orden de 1.19. En inglés el producto obtenido por esta vía es conocido como "cast acrylic"; de ahí que esta lámina se conoce en español como "lámina cast"; otro término usado en español para el proceso es "polimerización en masa". El segundo proceso principal para la producción de lámina de acrílico es por el proceso de extrusión. En este, que se asemeja a los procesos de producción para la gran mayoría de los termoplásticos, se obtiene primero grano de PMMA que subsecuentemente es extruído mediante la aplicación de calor para formar lámina, tubo, varilla etc., o inyectado para obtener formas finales como vasos, calaveras automotrices etc.,.

No es indistinto el material producido por uno u otro de los principales procesos de manufactura de acrílico. Por un lado las propiedades físicas del material son distintas. Por otro lado el costo del material ya producido es diferente; el material cast es más caro que el material extruído, obedeciendo al costo mucho mayor de producción. Para que extruya o inyecte bien el material es necesario controlar el peso molecular del PMMA, es decir el largo de las cadenas poliméricas. Esto se hace utilizando mercaptanos en el proceso de producción del PMMA. El efecto es que el peso molecular promedio de PMMA cast es muy superior al de la lámina extruída. Esto se traduce en propiedades físicas diferentes para un material y otro. Por ejemplo el material cast se puede moldear con relativa facilidad; el material

extruido es mucho más difícil de moldear. Se nota la diferencia entre uno y el otro en el momento de corte. El material extruído suele hacerse "chicloso" por el calor producido por el trabajo de la sierra.

En fin, es importante entender las diferencias entre acrílico producido por un proceso y otro para escoger correctamente el material que se va a requerir para la aplicación que uno tiene entre manos.

La lámina de acrílico es un material que reúne una combinación de propiedades que lo convierten en un plástico sumamente versátil y de características sobresalientes.

Trabajar con acrílico es lo más fácil. Puede ser maquinado en la misma forma que la madera o los metales suaves como el aluminio o el bronce, pero con la ventaja que es más versátil.

MOLDEO

El acrílico puede ser moldeado fácilmente en diseños simples, calentándolo a 130°C - 140°C, según el espesor, en un horno común sin llama directa, en lo posible, suspendido o sobre una plancha de metal hasta que su consistencia se encuentre en Estado gomoso; manipularlo con guante de carnaza y en estas condiciones colocarlo en Un molde de curvatura simple, para obtener la forma por copiado. No debe ser movido del molde hasta que su temperatura baje a 50°C en forma natural, sin acelerar el Enfriamiento para evitar la generación de tensiones internas en el acrílico .Para formas de moldes más complejas se utiliza vacío, presión por aire comprimido, presión por molde macho o combinación de dos de estas técnicas.

DOBLADO

Antes de proceder a realizar cualquier doblez, es necesario retirar la protección (película plástica), posteriormente coloque la línea a doblar directamente sobre la línea de calor hasta que el material se doble por gravedad. En el caso de espesores de 3.0 mm, exponga el material durante 1 minuto; tenga cuidado de no sobrecalentarlo ya que éste se ampollaría; además tenga cuidado de no sobreponerlo directamente sobre las paredes de su resistencia, ya que éste podría sufrir marcas.

Para evitar el arqueado en dobleces con una longitud mayor de 60 cms. y espesores iguales o menores a 2.0 mm, es necesario sujetar el material recién formado con pinzas o plantillas hasta que se enfríe. Las plantillas pueden fabricarse de madera, fijas o ajustables. Es recomendable el uso de guantes ligeros de algodón durante el manejo de la lámina caliente para proteger sus manos. El tiempo de enfriado normalmente es el mismo que el de calentado.

El arqueado también puede ocurrir en espesores mayores a 3.0 mm y/o en bordes cercanos al canto de la lámina por lo que se recomienda efectuar una ranura en "V" a lo largo de la línea de doblado. Esta ranura puede ser efectuada con router y brocas a 45 grados o con una sierra circular de mesa, efectuando dos cortes enfrentados para lograr los mismos ángulos. Esta medida ayuda a reducir material en la sección de doblado, también permite la reducción de esfuerzos y facilita la operación.

TABLA 4. TAMAÑOS Y ESPESORES.

Espesor	Medida
(1.5 – 2.0 – 2.4 – 3.0 – 3.2 – 4.0 – 4.8 – 6.0)mm	(1.90 x 1.30) mts
(2.0 – 2.4 – 3.0 – 3.2 – 4.0 – 4.8 – 6.0)mm	(2.54 x 1.30) mts
(2.4 – 3.0 – 3.2 – 4.0 – 4.8 – 6.0)mm	(1.90 x 1.90) mts
(3.0 – 3.2 – 4.0 – 4.8 – 6.0)mm	(2.80 x 1.90)mts
(8.0 – 10 – 12 – 16 – 19 – 25 – 30 – 38 – 44 – 50)mm	(1.83 x 1.22) mts
(8.0 – 10 – 12 – 16 – 19 – 25 – 30 – 38 – 44 – 50)mm	(2.44 x 1.22) mts

CAPITULO IV

4.1 factores considerados.

Se realizaron una serie de sondeos de los diversos materiales y equipos existentes en el mercado. Luego de una exhaustiva búsqueda la información se analizaron tomando en cuenta una serie de factores entre estos:

- ✓ Factor económico: con el fin de construir un equipo a bajos costos y de gran utilidad que satisficiera las necesidades con respecto al tema a estudiar.
- ✓ La falta de variedad de equipos de medición en Venezuela.
- ✓ Capacidad del medidor de fuerza.
- ✓ Materiales de calidad y alta resistencia para que el equipo pueda ser manejado sin el temor de romperse con facilidad.
- ✓ Espacio: se tomo en cuenta el espacio disponible para la ubicación del equipo dentro del nuevo laboratorio de hidráulica.

4.2 partes del equipo.

Tomando en cuenta, todos y cada uno de los factores nombrados en el punto anterior se realiza un diseño básico compuesto de los siguientes elementos:

- ✓ Tanque de almacenamiento.
- ✓ Sistema de láminas inclinadas.
- ✓ Sistema de compuertas.
- ✓ Medidor de fuerza

- ✓ Sistema de llave de descarga.
- ✓ Soporte del tanque de almacenamiento
- ✓ Soporte del medidor de fuerzas

4.1.1 medidor de fuerza.

4.1.1.1 Alternativas:

- **Dinamómetro mecánico con división en gramos (13 modelos, de 10 g a 50 kg)**

El dinamómetro mecánico destaca por una alta precisión: desviación máxima $\pm 0,3$ % de la carga (en gramos). Además el dinamómetro, puede ser rápidamente adaptado de la función de medición de la fuerza de tracción a la medición de la fuerza de compresión. Para ello sólo necesita el juego adaptador de fuerza de compresión.

- Fácil de usar.
- Mecánico, robusto, de larga vida.
- Calidad en cuanto a material y forma.
- Perfecta ajustabilidad.

Juego de fuerza de compresión:

- Montaje / adaptación fácil, rápida
- Principio modular

4.1.1.2 Especificaciones técnicas

El dibujo adyacente sirve para ver con claridad las dimensiones. En la siguiente tabla encontrará los valores numéricos correspondientes:

L_m = Longitud total (extendido)

L_0 = Longitud total (sin extender)

S = Longitud de escala

d = Diámetro

S = Forma de gancho

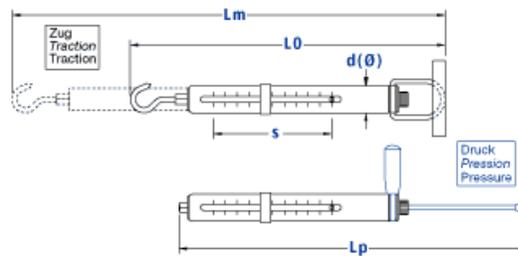


Fig.7 Dinamómetro mecánico

Fuente: Teknotradingmail.com [12].

- **Medidor digital de Fuerza. (Dinamómetro)(Tensión o Compresión).**

Interface con PC.

Rango hasta 100 kg.

Unidad de medición variable (kg/Lb/Newton)

Display reversible.

Modo de respuesta lento/rápido.

Botón de retención de picos.

Modelo: 475055.

Marca: EXTECH



FIG. 8 Medidor digital.

Fuente:teknotradingmail.com

- **Medidor digital de Fuerza (Dinamómetro).(Tensión o Compresión).**

Rango hasta 20 kg.

Unidad de medición variable (kg/Lb/Newton)

Display reversible.

Modo de respuesta lento/rápido.

Botón de retención de picos.

Modelo: 475044.

Marca: EXTECH



FIG.9 Medidor digital

Fuente:tecknotradingmail.com

4.2.2 Tanque de Almacenamiento

4.2.2.1 Alternativas

- **LAMINAS TRANSLUCIDAS DE FIBRA DE VIDRIO:**

Las láminas traslucidas representan una valiosa herramienta para lograr, a un bajo costo, una optima iluminación en áreas de trabajo y/o deposito, evitando o disminuyendo el uso de lámparas. Las laminas traslucidas suministran acanaladas en ondas similares a las del techo que se quiera iluminar (acerolit, Coverib, Noral, Asbesto 5 ½, 6 ½, Zinc, etc.), de tal modo que intercalándoles en el techo perfectamente sin posibilidad de goteras.

Las láminas de fibra de vidrio tienen una gran residencia a la corrosión, por lo cual se les emplea en techos y cerramientos laterales en la industria química y petroquímica.

Aplicaciones:

Patios terrazas, industria petroquímica, Iluminación de galpones, Plantas de tratamiento, Industria química, Hidroponía, Ambientes salinos, Persianas industriales, viveros

PROPIEDADES FÍSICAS:

La **Fibra de Vidrio**, lana de vidrio o lana de roca es un material formado por fragmentos de fibras de Vidrio aglomerado con resinas.

Las propiedades de la **Fibra de Vidrio** son:

- Incombustible
- No produce gases tóxicos
- Imputrescible
- Liviano
- Excelente aislante térmico
- Inerte a muchas sustancias, incluyendo los ácidos
- Gran maleabilidad
- Altamente resistente a la tracción

La **Fibra de Vidrio** se comercializa en forma de:

- Paneles flexibles o semirígidos
- Paneles con láminas de acabado
- Paneles sobre cartón-yeso
- Paneles para conductos de aire acondicionado
- Filtros
- Coquillas
- Burletes
- Borlas

Existen cinco grupos:

• **Tipo E:** es el tipo de fibra más empleado, se caracteriza por sus Propiedades dieléctricas, representa el 90% de refuerzo para composites. Especificaciones técnicas:

Mecánicas

- Tenacidad (N/tex): 1.30
- Fuerza a la tracción (MPa): 3400
- Elongación hasta rotura (%): 4.5

Químicas

- Absorción de humedad a 20 °C y 60% de humedad relativa (%): 0.1
- Resistencia a los disolventes: alta
- Resistencia a la intemperie y los rayos UV: alta
- Resistencia a microorganismos: alta

• **Tipo R:** se caracteriza porque tiene muy buenas prestaciones Mecánicas, demandándose en los sectores de aviación, espacial y armamento. Especificaciones técnicas:

Mecánicas

- Tenacidad (N/tex): 1.74
- Fuerza a la tracción (MPa): 4400
- Elongación hasta rotura (%): 5.2

Químicas

- Absorción de humedad a 20 °C y 60% de humedad relativa (%): 0.1
- Resistencia a los disolventes: alta
- Resistencia a la intemperie y los rayos UV: alta
- Resistencia a microorganismos: alta

- **Tipo D:** su principal característica es su excelente poder dieléctrico, de ello su aplicación en radares, ventanas electromagnéticas. Especificaciones técnicas.

Mecánicas

- Tenacidad (N/tex): 1.17
- Fuerza a la tracción (MPa): 2500
- Elongación hasta rotura (%): 4.5

Químicas

- Absorción de humedad a 20 °C y 60% de humedad relativa (%): 0.1

- **Tipo AR:** posee un alto contenido en óxido de circonio, el cuál le confiere una buena resistencia a los álcalis. Especificaciones técnicas:

Mecánicas

- Fuerza a la tracción (MPa): 3.000 – 3.500
- Elongación hasta rotura (%): 4.3

Químicas

- Absorción de humedad a 20 °C y 60% de humedad relativa (%): 0.1
- Resistencia a los disolventes: alta
- Resistencia a la intemperie y los rayos UV: alta
- Resistencia a microorganismos: alta

- **Tipo C:** se caracteriza por su alta resistencia a agentes químicos. Especificaciones técnicas:

Mecánicas

- Tenacidad (N/tex): 1.24
- Fuerza a la tracción (MPa): 3100

- Elongación hasta rotura (%): 4

Químicas

- Absorción de humedad a 20 °C y 60% de humedad relativa (%): 0.1
- Resistencia a los disolventes: alta
- Resistencia a la intemperie y los rayos UV: alta
- Resistencia a microorganismos: alta

- **LÁMINAS DE POLICARBONATO**

Las laminas de policarbonato alveolar son planchas translucidas de estructura multipared con características extraordinarias en cuanto a resistencia mecánica, bajo peso y translucidez, lo cual les esta ganando una creciente participación en el mercado de techos. Estas láminas son flexibles en sentido longitudinal, lo que las hace ideales para techos curvos, pudiendo trabajar con radios muy cerrados. El material es co-extrusionado con una capa de protección anti-UV, lo cual nos da una excelente calidad de luz y protección para personas, animales, matas y/o enseres.

TABLA 5. PROPIEDADES FÍSICAS:

Espesor	6 mm	10 mm	16 mm
Peso Kgs/mt ²	1,30	1,70	2,80
Largo de láminas (mts.)	11,80 ó 5,90	11,80 ó 5,90	11,80 ó 5,90
Ancho de láminas (mts.)	2,10	2,10	2,10
Radio mínimo de curvatura (mts.)	1,00	1,50	2,5

El policarbonato alveolar transmite la mitad del calor de un vidrio de 4 mm y se puede logra una adecuada transmisión de luz y temperatura escogiendo el color más adecuado para cada aplicación.

Tabla 6. TRANSMISIÓN DE LUZ.

Color	% Transmisión 6 mm	% Transmisión 10 mm
Transparente	79	79
Fumé	45	43
Opalino	18	11
Gris acero	12	12
Gris cenizo	15	15
Verde	18	11
Azul	18	11

El policarbonato tiene alta dilatación térmica, aproximadamente 5 veces más que el acero, por lo cual su fijación se realiza con acoples laterales que le permitan crecer y se apoya usualmente en elementos paralelos a la lámina y no sobre correas como los techos convencionales.

- **LAMINAS ACRILICAS.**

Es un Termoplástico naturalmente transparente. Se presenta con una gama amplia de pigmentación. Una característica muy importante es su resistencia excelente contra la intemperie del cual se desprenden muchas de las aplicaciones del material.

La lámina de acrílico es un material termoplástico de la más alta calidad y reúne propiedades tales como:

- **RESISTENCIA A LA INTEMPERIE:** Virtualmente no es afectado por el sol, lluvia, frío o calor extremos.
- **APARIENCIA:** Brillantez, claridad y transparencia equivalentes a la del vidrio
- **LIGEREZA:** 50% mayor que el vidrio y 43% más que el aluminio.
- **RESISTENCIA AL IMPACTO:** Resiste hasta 17 veces más que el vidrio ordinario en espesores de 3 a 6 mm
- **RESISTENCIA AL CALOR:** Es estable hasta 80°C
- **AISLANTE TERMICO:** 20% mejor que el vidrio
- **RESISTENCIA A ESFUERZOS MECÁNICOS CONSIDERABLES:** No se deforma, no se astilla ni se rompe.
- **EXPANSION Y CONTRACCIÓN:** Como la mayoría de los plásticos la lámina de acrílico responde a los cambios de temperatura, expandiéndose y contrayéndose en un rango mayor que el del vidrio.
- **FLEXIBILIDAD:** Mucho mayor que la del vidrio
- **RESISTENCIA QUÍMICA:** Resiste al ataque de una gran variedad de productos químicos, afectándola sustancias tales como el thinner, alcohol metílico o etílico, benceno, tolueno, los ésteres y cetonas. Los productos alimenticios no afectan ni son afectados por la lámina de acrílico.
- **TRANSMISIÓN DE LUZ:** Las lámina de acrílico cristal tiene un 92% de transmisión de luz y no se amarillea. Las láminas de acrílico translúcido dispersan la luz por lo que se emplean para difusores de iluminación. Se encuentra disponible en una gran variedad de colores translúcidos y opacos.

- **PROPIEDADES ELECTRICAS:** Es un excelente aislante. La resistencia superficial es más alta que la mayoría de los plásticos y ésta se mantiene a pesar de su exposición continua a la intemperie.
- **MATERIAL TERMO PLASTICO:** Debido a esta propiedad es fácil de termo formar, siendo ésta una de las más importantes características de la lámina de acrílico, recomendando se realice a una temperatura de 170° C a 190° C. Cuando es calentado puede ser cortado, perforado y maquinado tal como se hace con la madera o los metales blandos como el aluminio y el bronce.

4.2.2.2 Dimensiones.

Una vez escogido el material con el cual se desarrollara el diseño del equipo se toma como punto de partida la capacidad del medidor de fuerza para así dar dimensiones al tanque de almacenamiento, dando como resultado las siguientes medidas para un depósito rectangular de **100x80x40 cm**, medidos desde la parte exterior. La disposición de las láminas son las siguientes:

4.2.2.3 Espesor.

El espesor de la lámina acrílica seleccionada es de 5 mm ya que de acuerdo a las dimensiones de diseño del tanque de almacenamiento este soporta la presión del volumen y genera menos peso.

4.2.3 Sistema de Compuertas.

4.2.3.1 Dimensiones.

De acuerdo a la teoría analizada referente al tema tenemos varias alternativas para modelos de compuertas entre estas: rectangulares, triangulares, irregulares; pero adaptándonos a la realidad y a las compuertas comunes en el campo laboral se seleccionan dos compuertas a estudiar, una con forma irregular y otra con forma rectangular.

Para dar dimensiones a ambas compuertas se toma como referencia la capacidad del medidor de fuerzas elegido. Tomando en cuenta esto y suponiendo un valor de altura se despeja el área y de acuerdo a lo obtenido se dimensionan nuestras compuertas sin alejarse del área obtenida.

4.2.3.2 Material.

De igual forma se utilizaran láminas acrílicas de 5 mm de espesor.

4.2.4 Sistema de láminas inclinadas.

Para el diseño de las láminas inclinadas se tomo en cuenta que su eje coincidiera con el de su respectiva compuerta.

4.2.4.1 Material.

De la misma forma se elige el acrílico de 5 mm de espesor totalmente transparente. Estos poseen unos soportes en la parte de atrás para sujetar el dinamómetro y a su vez dan más estabilidad a las láminas inclinadas.

4.2.4.2 Angulo de inclinación.

Se realizaron diseños con ángulos mayores a 45° ya que los ángulos menores a este dificultan el desplazamiento del dinamómetro en la parte mas baja de las compuertas. Se realizaron una serie de cálculos que se pueden observar en el Apéndice A, los cuales muestran ambas láminas inclinadas a 45° y 60° .

Luego de realizado los cálculos se determina la inclinación correspondiente a cada una de las laminas contenedoras de las compuertas tomando en cuenta los resultados arrojados por estos y de acuerdo a la facilidad de manejar desplazar el dinamómetro a diferentes alturas de agua.

4.2.5 Soporte del medidor de fuerzas o Dinamómetro

Con la misma lámina acrílica se dispuso de una caja con dos soportes a cada lado para sujetar y darle estabilidad al dinamómetro y así poder desplazarlo a sus diferentes alturas. Esta se adapta con facilidad a cada uno de los soportes que poseen las láminas inclinadas. Estas patas van selladas al piso del tanque de almacenamiento

CAPITULO V

CONSTRUCCION Y CALIBRACION DEL EQUIPO

5.1 Construcción del equipo

5.1.1 Tanque de almacenamiento

* Se dispuso para esta parte del equipo una lámina acrílica de 1,22 x 2,44 m, totalmente transparente y de espesor 5mm. De acuerdo a lo estipulado por el diseño se procedió a cortar cada una de las caras del depósito siendo lo más exacto posible. Para este paso se utilizó una sierra de mesa. Durante el corte de la lámina se le dejó el papel protector que trae de fábrica para el recubrimiento para evitar que esta se rayara.

Una vez realizado los cortes necesarios se comenzó a lijar los bordes de cada una de las caras del tanque con una lijadora, con la finalidad de que la superficie de estas quedara totalmente parejas y sin ningún tipo de imperfección debido al corte. Inmediatamente se sacudieron los restos de brozas sobrantes por la lijadora.

* Luego se colocó la lámina que va en el fondo o piso del depósito y se empezaron a unir cada una de las caras con el pegamento especial para este tipo de material (cloroformo), el cual tiene una composición química similar al del acrílico y al secarse adquiere una resistencia equivalente al de este material. El cloroformo se fue añadiendo por los bordes y a su vez para mayor compactación de todas las puntas se utilizó una prensa. Tomo un tiempo de secado de alrededor de 15 minutos.

* Posterior a esto se colocaron dos rieles de acrílicas a ambos lados del tanque y ambos lados de la lámina del medio que divide el tanque en dos; estas servirán de apoyo para las laminas inclinadas que contienen las compuertas. Para su ubicación se toman en cuenta las medidas que corresponden de acuerdo a los ángulos de inclinación establecidos en el diseño. Su fijación es igualmente con cloroformo.

* Para finalizar con esta parte del equipo se sellaron los bordes internos del tanque. Para ello se preparo cemento plástico que es una mezcla con una proporción de 20:1, por cada 20 gotas de emulsión, 1 gota del secante. El tiempo de sellado de cada de cada junta es de alrededor de 60 minutos.

5.1.2 Sistemas de compuertas

5.1.2.1 Láminas inclinadas y sus compuertas

* Se tomaron las medidas de las láminas correspondientes según el diseño. Se cortaron de manera exacta aplicando el procedimiento adecuado. De la misma manera como se hizo en el tanque de almacenamiento se lijaron los bordes para que la superficie quedara totalmente lisa y suave y de esta manera, el cloroformo tiene mayor adherencia.

* Se hicieron los cortes de las compuertas según las medidas estipuladas y de acuerdo a su forma. Estos cortes a diferencia del tanque de almacenamiento fueron realizados a 45° para mejor calzado de las compuertas. Luego se realizó un lijado a mano debido a la forma que debía adoptar cada una de estas compuertas.

* Se construyeron los soportes laterales que se ubicaran a ambos lados de las compuertas y que servirán de apoyo a la base del medidor digital de fuerzas. Todo esto de acuerdo a las dimensiones y ángulos de inclinación respectivos. Estos soportes fueron realizados con acrílico.

* De la misma manera y con el mismo pegamento se unieron las piezas al tanque o depósito con cloroformo y luego de varios minutos de secarse se procede a rellenarse los bordes con cemento plástico.

5.1.3 Sistema de descarga

* Para la descarga del tanque se ha dispuesto de 2 válvulas o llaves arresto de $\varnothing \frac{1}{2}$ ", con dos adaptadores para tanque de $\varnothing \frac{1}{2}$. Para sus colocaciones se hizo una perforación en el fondo del tanque con un taladro y una mecha gruesa. Luego fueron introducidas las llaves en cada una de las perforaciones.

5.1.4 Base o soporte de hierro

* Para la construcción de la base se tomaron las medidas del depósito tomando en cuenta el lado que tendrá mayor peso para hacer un refuerzo hacia ese lado. Se dispuso de tubulares cuadrados de 1,5 x 1,5 y de 1 x 1. Se procedió a cortar con una máquina de corte y sus accesorios respectivos.

* Una vez cortados todos los elementos se unieron con puntos de soldadura. Se hicieron los respectivos chequeos con una escuadra antes de colocar el tanque sobre esta base. Para mayor resistencia y mayor rigidez de la estructura se da la soldadura definitiva.

- * Se corrigieron las irregularidades derivadas de la soldadura con un esmeril.
- * Se limpió toda la estructura con un paño humedecido en gasolina para eliminar en su totalidad las impurezas.
- * Se aplicó un fondo anticorrosivo para su protección. Para aplicar este fondo se utilizó una pistola y un compresor. Se dejó secar unas 3 horas aproximadamente.
- * Luego se preparó la pintura de esmalte de color blanco para su aplicación con el compresor. Esto dará a la estructura excelente acabado. Se dejó secar por unas 2 horas.
- * Como último paso se colocó el tanque de almacenamiento para poder ubicar los agujeros del sistema de descargue.

5.2 Materiales utilizados en la Construcción y Calibración del Equipo

- Cloroformo
- Cemento plástico
- Silicone
- Cinta adhesiva
- Cemento plástico
- Pintura de esmalte color blanco
- Plástico (Polietileno)
- Agua

- Electrodos
- Lija
- Barras de acero (sinfín)

5.3 Equipos utilizados en la Construcción y Calibración del equipo

- Disco de corte de picar mármol de 8" súper sharp. Marca: skil
- Lijadora 3,4 A 3" x 21" (75mm x 525mm). Marca: Black and Decker
- Sierra de mesa de fabricación casera.
- Pulidora de fabricación casera con motor de lavadora
- Taladro una fresa de Dreimel 400W – 3/9", 2 velocidades Marca: BOSCH
- Esmeril 4 ½" (115mm) Marca: DeWalt
- Prensa Marca: Gross Stabil
- 3 tubulares cuadrado de 1 ½ x 1 ½ x 0,90 x 6mts
- 1 tubular cuadrado de 1 x 1 x 0,90 x 6mts
- ¼ galón de fondo gris maquina
- 2 llaves arresto roja C Roma
- 2 adaptador para tanque ½ AKRO
- 4 lobster rueda giratoria 4"
- Escuadra Stanley 34cm. Aprec: +- 0,1
- Corta acrílico Marca: Truper

5.4 Calibración del equipo

Luego de construido el equipo se realizaron una serie de ensayos para chequear la compatibilidad y exactitud de la construcción con el diseño seleccionado y a su vez se compararon los resultados experimentales con los resultados teóricos. Entre las irregularidades que se presentaron en los ensayos están las siguientes:

- ✓ En el primer ensayo se coloca en la ranura donde van las compuertas un plástico bastante suave y manejable y por encima de este la compuerta. Lo que da resultados errados ya que el plástico no permite el buen desplazamiento de las compuertas y a su vez se observan filtraciones por las hendidias de la bolsa.
- ✓ También se aprecia en este ensayo que el plástico debe ser fijado con un pegamento resistente para evitar futuras filtraciones.
- ✓ Se aprecian pequeñas filtraciones en el tanque de almacenamiento por lo que hubo que descargar y secar por completo para reforzar con pegamento.
- ✓ Para el segundo ensayo se utiliza un plástico mas resistente y este fue fijado con Silicon en las orillas para evitar las filtraciones. Esta vez el plástico se coloca por encima de la compuerta.

- ✓ Se chequean nuevamente las condiciones del equipo antes de realizar la práctica.
- ✓ Se determina el centro de presión de la compuerta tomando en cuenta que esta siempre por debajo del centro de gravedad. Se llena el tanque y luego con un objeto puntiagudo se aplica una fuerza perpendicular sobre la compuerta hasta observar que esta se desplaza de manera uniforme. Se coloca una marca en dicho punto.

- ✓ Luego de ubicado el centro de presiones se descarga el tanque, para luego colocar el dinamómetro en su respectiva base móvil, siendo ajustado con los tornillos una vez que queda en la posición perfecta. Esta debe ser al ras con la superficie de la lámina que contiene la compuerta.
- ✓ Se calibra en cero el equipo.
- ✓ Se fijan diferentes alturas por encima de la compuerta y luego se comienza a llenar el tanque
- ✓ Se toma nota de los valores indicados por el medidor de fuerzas para cada altura marcada, así como también de la distancia horizontal que hay desde el borde inferior de la lámina inclinada hasta la altura de agua indicada.
- ✓ El procedimiento se repite para las mismas alturas de agua y así obtener resultados confiables.
- ✓ Se abre la llave de descarga para desocupar el tanque de almacenamiento.

CAPITULO VI

RESULTADOS

6.1 análisis de los resultados

1. Luego de las gráficas obtenidas, podemos observar la relación que existe entre la altura de agua (Y) y el valor obtenido de la fuerza (F), la cual inversamente proporcional.
2. Podemos notar que a medida que aumenta la columna de agua sobre la compuerta aumenta el valor de la fuerza. De igual forma al aumentar la columna de agua sobre la compuerta aumenta la presión sobre el centro de presión de la misma.
3. Los valores de Y_{cp} están siempre por encima de Y_{cg} .
4. Entre los valores medidos y los valores existen pequeñas diferencias y esto se debe a la manera de ubicar en la practica el centro de presión (por tanteo) no es exacto.
5. Los valores obtenidos no excedieron la capacidad del dinamómetro, para ninguna de las compuertas.

Compuerta Rectangular

Tabla 7. Comparación de cálculos teóricos y experimentales

Altura Y (cm)	X (cm)	F dinamómetro (Kgf)	F calculada (Kgf)	Ycp medido (cm)	Ycp calculado (cm)	Dsup medida(cm)
28	29,75	5,245	5,185	18,25	18,205	2,15
29	32,85	5,855	5,785	19,95	19,54	3,85
30	33,3	6,29	6,26	21,35	20,995	4,85
31	33,65	6,935	6,88	22,95	22,69	6,95
32	34,7	7,16	7,11	24,45	24,24	7,595
33	35,5	7,96	7,905	25,95	25,685	9,85
34	37,4	8,395	8,365	27,25	26,85	11,15
35	38	9,03	8,985	28,8	27,775	12,9
36	38,5	9,64	9,6	30,45	29,57	14,6

Fuente: Propia

Compuerta Irregular

Tabla 8. Comparación de cálculos teóricos y experimentales

Altura Y (cm)	X (cm)	F dinamómetro (Kgf)	F calculada (Kgf)	Ycp medido (cm)	Ycp calculado (cm)	Dsup medida(cm)
33	17,85	4,63	4,59	18,05	17,81	1,45
34	18,25	4,83	4,81	19,1	18,93	2,4
35	20,15	5,31	5,29	20,4	19,73	3,5
36	20,45	5,66	5,58	21,55	20,56	5,05
37	21,2	6	5,92	22,6	21,52	5,9
38	21,65	6,38	6,33	23,95	22,73	7,15
39	22,4	7,3	7,23	24,75	25,42	8,45

Fuente: Propia

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones.

1. Se observaron pequeñas diferencias entre los valores experimentales y los valores teóricos, para la fuerza resultante de la presión de agua sobre la compuerta.
2. Existen pequeñas diferencias entre los valores teóricos y los experimentales en el centro de presión (Y_{cp}), esto se debe a los errores cometidos en los ensayos realizados.
3. La construcción del equipo se realizó bajo condiciones normales y a medida que se realizaban los ensayos se fueron solventando los problemas presentados.
4. El equipo se construyó con materiales existentes en la zona a excepción del medidor de fuerza que fue localizado fuera del país.

7.2 Recomendaciones.

1. Dar un mantenimiento periódico al equipo para su correcto funcionamiento.
2. Dar un cuidado especial al dinamómetro a la hora de realizar los ensayos ya que es un equipo costoso es por esto que se recomienda colocar un plástico para evitar el contacto con agua.
3. Chequear que el equipo este en la posición correcta, ya que de no ser así puede dar en el dinamómetro valores errados de fuerza.
4. Aplicar el procedimiento adecuado para los ensayos para que así los valores experimentales coincidan con los valores teóricos.
5. Que este proyecto de tesis sirva para futuros trabajos involucrados en el área, así como la opción de desarrollar cualquier otro equipo de Laboratorio a construir que mejore la condición actual del mismo.

BIBLIOGRAFIA

BRITO, R.: “Diseño, Construcción y Calibración de un Equipo Hidráulico de Compuertas Sumergidas”, **Tesis de Grado, Departamento de Ingeniería Civil, U.D.O, Barcelona – Venezuela (1998).**

ZHUNIO, M.: “Diseño mecánico de un sistema de compuerta hidrodinámica aplicada en una planta de tratamiento de aguas servidas en la Ciudad de Guayaquil”, **Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador (2003).**

SOTELO, A.: “**Hidráulica General**”, Editorial LIMUSA, México, (1981).

TRUEBA, C.: “**Hidráulica**”, Editorial Continental S.A., México, (1981).

MATAIX, C.: “**Mecánica de los fluidos y máquinas hidráulicas**”, Editorial HARLA S.A., México, (1982).

CHOW, V.: “**Hidráulica de canales abiertos**”, Editorial Mc Graw-Hill, Colombia. (1994).

fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/flujoencanales/flujo_compuertas/fluj_o_compuertas.html.[es.wikipedia.org/wiki/Canal \(ingeniería\).es.wikipedia.org/wiki/Caudal](http://es.wikipedia.org/wiki/Canal_(ingenier%C3%ADa).es.wikipedia.org/wiki/Caudal).

www.colacril-co.com

www.laminadeacrilico.com

<http://www.fisica.usach.cl/~lrodrig/fisica1/hidrosto.pdf>

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

TÍTULO	CONSTRUCCIÓN Y CALIBRACIÓN DE UN EQUIPO HIDRÁULICO PARA EL ESTUDIO DE COMPUERTAS SUMERGIDAS EN EL NUEVO LABORATORIO DE HIDRÁULICA DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL, NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
Carvajal Pichardi Annell Teresa	CVLAC: 16.573.504 E MAIL: an_cpichardi_6@hotmail.com
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

Compuerta Irregular
Compuerta Rectangular
Hidrostática
Calibración
Dinamómetro digital
Lamina Acrílica

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÁREA	SUBÁREA
INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	INGENIERÍA CIVIL

RESUMEN (ABSTRACT):

En este trabajo se hizo un estudio de las necesidades y falta de equipos para el nuevo laboratorio de hidráulica del departamento de ingeniería civil. Se planteó el diseño, construcción y calibración de un equipo para prácticas de compuertas planas inclinadas sumergidas. Los cálculos hidráulicos partieron de la capacidad del dinamómetro usado en el equipo; se diseñaron las dimensiones más convenientes. Los cálculos hidráulicos se realizaron en Microsoft Excel y la graficación del esquema y sus partes en el programa Auto-CAD 3D. En el capítulo I se plantea la necesidad de dotación de equipos en el nuevo laboratorio de hidráulica. Continuando con el segundo Capítulo se destaca una teoría indispensable para el entendimiento del tema y la aplicación de estos conocimientos en la práctica. En el capítulo III se mencionan los materiales y equipos existentes para la elaboración del sistema. Seguidamente en el capítulo IV se habla de los factores que permiten establecer dos opciones de diseño para escoger el más ventajoso. La construcción y calibración del equipo se esbozan en el capítulo V. Los resultados y análisis de los ensayos realizados se destacan en el capítulo VI y VII respectivamente, y las conclusiones y recomendaciones en el último capítulo.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
Mounir Bou Ghannam	ROL	CA	AS x	TU	JU
	CVLAC:	11.420.592			
	E_MAIL	mo.bou@hotmail.com			
	E_MAIL				
Mariely Gómez	ROL	CA	AS	TU	JU x
	CVLAC:	15.155.952			
	E_MAIL	Mariely2002@hotmail.com			
	E_MAIL				
Belky Sebastián	ROL	CA	AS	TU	JU x
	CVLAC:	4.363.990			
	E_MAIL	belkysebastiani@hotmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU x
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2010	04	16
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS. Diseño de un equipo hidráulico para el estudio de compuertas sumergidas.doc	Application/msword

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E
F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s
t u v w x y z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

ALCANCE

ESPACIAL: Universidad de Oriente (OPCIONAL)

TEMPORAL: 1 año (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero Civil

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pregrado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Civil

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

DERECHOS

De acuerdo con el artículo 41 del reglamento de trabajo de grado: “Los trabajos de grado son propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo, quien lo participará al consejo universitario”

AUTOR

Annell Teresa Carvajal Pichardi

Mounir Bou Ghannam
TUTOR

Belky Sebastiani
JURADO

Mariely Gómez
JURADO

Yasser Saab

POR LA SUBCOMISION DE TESIS