http://www.monografias.com/trabajos12/mecflui/mecflui.shtml

Mecánica de fluidos

torres_ Iván

1.
2. **Objetivo**
3. **Introducción**
4. **Propiedades de los fluidos**
5. **Estática de fluidos**
6. **Dinámica de fluidos**
7. **Análisis puntual del comportamiento dinámico de los fluidos**
8. **Aplicaciones y ramas de la mecánica de fluidos**
9.
10. **Bibliografía.**

(OPINION PERSONAL DEL TEMA)

La monografía que aquí se realizo para el estudio de la mecánica de fluidos es una recopilación de investigaciones científicas realizadas por diversos autores, pero que en este caso particular se le da un enfoque personal para que pueda ser comprendido por la comunidad estudiantil para el cual se realizo este trabajo.

El tema de esta realización es acorde a los contenidos que se encuentran contemplados dentro de la retícula escolar de la carrera de ingeniería mecánica, por lo cual el enfoque que se le da a la obra se relaciona los tecnicismos utilizados por cualquier alumno de dicha carrera; por lo que resultara de fácil comprensión en cada uno de sus temas.

Además de la forma en que se conforma esta monografía permite la realización de cualquier tipo de cálculos respecto a la misma; así como de bibliografía suficiente para obtener la mayor información posible de cada tema de esta obra.

Este trabajo ha sido revisado minuciosamente para obtener la mayor recopilación y condensación exacta de cada uno de los temas que aquí se abordan; así como también la opinión de los autores de las investigaciones consultadas expresadas en cada introducción y conclusión de cada capitulo, además de pequeñas intervenciones a través del texto.

Finalmente se busca que esta investigación cumpla los requerimientos de un buen trabajó de investigación y sirva de referencia a de más alumnos; así como de una útil herramienta de investigación científica para la comunidad estudiantil.

OBJETIVO

Actos tan cotidianos como tomar una ducha, respirar o beber agua, requierennecesariamente la circulación de fluidos. El estudio de la mecánica de fluidos puede ayudarnos tanto para comprender la complejidad del medio natural, como para mejorar el mundo que hemos creado. Si bien la mecánica de fluidos esta siempre presente en nuestra vida cotidiana, lo que nos falta conocer es como se expresa esta información en términos cuantitativos, o la manera en que se diseñan sistemas con base en este conocimiento, mismos que se utilizaran para otros fines.

El proyecto analizara principios de hidrostática, luego estudiara el flujo no viscoso (lo cual explicara gran parte de la mecánica de fluidos) y los flujos Viscosos laminares y turbulentos. Después se pasara a examinar varios aspectos del flujo de fluidos no viscosos en varias dimensiones y por ultimo se estudiaran los misterios del flujo compresible.

El conocer y entender los principios básicos de la mecánica de fluidos es esencial en el análisis y diseño de cualquier y sistema en el cual el fluido es el elemento de trabajo. Hoy en día el diseño de virtualmente todos los medios de transporte requiere la aplicación de la mecánica de fluidos. Entre estos se incluyen tanto los aviones como maquinas terrestres, barcos, submarinos y típicamente automóviles. El diseño de de sistemas de propulsión para vuelos especiales y cohetes esta basado en los principios de la mecánica de fluidos.

También es bastante común realizar estudios en modelo reducido para determinar las fuerzas aerodinámicas y estudiar el flujo alrededor de edificios, puentes y otras estructuras complejas. El diseño de turbo maquinarias como bombas, hélices y turbinas de todo tipo requieren claramente de conocimientos de mecánica de fluidos. La lubricación es también un área de aplicaciones importantes. Los sistemas de calefacción y de ventilación, tanto de viviendas e industrias como de construcciones subterráneas, túneles y otros, así como el diseño de sistemas de cañerías son ejemplos en los cuales las técnicas de diseño están basadas en la mecánica de fluidos. Incluso el sistema de circulación del cuerpo humano es un sistema fluido; de ahí que se de el diseño de corazones artificiales, maquinas de diálisis, ayudas respiratorias y otros aparatos de este tipo estén basados en los principios de la mecánica de fluidos. Esto ha dado origen a la aerodinámica y la hidráulica dos ramas importantes de la mecánica de fluidos.

INTRODUCCIÓN

Mecánica de fluidos, es la parte de la física que se ocupa de la acción de los fluidos en reposo o en movimiento, así como de las aplicaciones y mecanismos de ingeniería que utilizan 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 puede subdividirse en dos campos principales: la estática de fluidos, o hidrostática, que se ocupa de los fluidos en reposo, y la dinámica de fluidos, que trata de los fluidos en movimiento. El término de hidrodinámica se aplica al flujo de líquidos o al flujo de los gases a baja velocidad, en el que puede considerarse que el gas es esencialmente incompresible. La aerodinámica, o dinámica de gases, se ocupa del comportamiento de los gases cuando los cambios de velocidad y presión son lo suficientemente grandes para que sea necesario incluir los efectos de la compresibilidad.

Entre las aplicaciones de la mecánica de fluidos están la propulsión a chorro, las turbinas, los compresores y las bombas. La hidráulica estudia la utilización en ingeniería de la presión del agua o del aceite.

PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS

1.1 ANTECENDENTES HISTORICOS

La mecánica de fluidos podría aparecer solamente como un nombre nuevo para una ciencia antigua en origen y realizaciones, pero es más que eso, corresponde a un enfoque especial para estudiar el comportamiento de los líquidos y los gases.

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 al 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 ala 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.

1.2 CONCEPTOS BASICOS

1.2.1 DEFINICION 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 de 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 si. 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 clasificaron sobre le 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 esta sometido a un esfuerzo de corte o tangencial". De esta definición se desprende que un fluido en reposo no soporta ningún esfuerzo de corte.

Para ver el gráfico seleccione la opción "Descargar" del menú superior

Fig. 1-Comportamiento de un fluido sometido a una fuerza de corte o tangencial.

1.2.2 SISTEMA 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, apartar 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 apartar 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, SI el cual corresponde ala extensión y el mejoramiento del tradicional sistema MKS.

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 = ma	MLT	1 dina=10-5N 1N	1kgf=9,81lbf=4,448N
Energia	W=F dr	ML2T-2	1 erg 1Joule	1 kgfxm 1 ft-lbf
Trabajo			1 cal	1 cal
Calor				

Potencia	P=dW/dt8	ML2T-3	1 erg/seg 1Watt	1kgf.m/s 1lbf.ft/sec
Viscosidad	μ=ŋ(dv/dt)-1	ML-1T-1	1poise 1kg/m.s	1kgf.s/m2 1lbf.sec/ft2
Presion	p = dF/dA	ML-1t-2	1baria 1Pa=1N/m2	1 kgf/m2 1lbf/ft2
Temperatura	-	Þ	1 kelvin 1 kelvin	1 kelvine 1°Rankine

1.3 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.

1.3.1 Masa especifica, peso específico y densidad.

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->0

El peso específico corresponde a la fuerza con que la tierra atrae a una unidad de volumen. Se designa por ß. La masa y el peso específico están relacionados por:

ß = gP

Donde g representa la intensidad del campo gravitacional.

Se denomina densidad a la relación que exista entre la masa específica de una sustancia cualquiera y una sustancia de referencia. Para los líquidos se utiliza la masa especifica del agua a 4°C como referencia, que corresponde a 1g/cm3 y para los gases se utiliza al aire con masa especifica a 20°C 1 1,013 bar de presión es 1,204 kg/m3.

1.3.2 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.

Supóngase que se tiene un fluido entre dos placas paralelas separada a una distancia pequeña entre ellas, una de las cuales se mueve con respecto de la otra. Esto es lo que ocurre aproximadamente en un descanso lubricado. Para que la palca superior se mantenga en movimiento con respecto ala inferior, con una diferencia de velocidades V, es necesario aplicar una fuerza F, que por unidad se traduce en un esfuerzo de corte, ŋ = F / A, siendo A el área de la palca en contacto con el fluido. Se puede constatar además que el fluido en contacto con la placa inferior, que esta en reposo, se mantiene adherido a ella y por lo tanto no se mueve. Por otra parte, el fluido en contacto con la placa superior se mueve ala misma velocidad que ella. Si el espesor del fluido entre ambas placas es pequeño, se puede suponer que la variación de velocidades en su interior es lineal, de modo que se mantiene la proporción:

dv / dy = V/y

1.3.3 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 especifica depende tanto de la presión como de la temperatura de acuerdo a al ecuación de estado.

1.3.4 Presión de vapor.

Los fluidos en fase liquida 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 materias que bajo las condicione normales de presión y temperatura en que se encuentran en la naturaleza están en esa fase.

Cuando un liquido se le disminuye la presión a la que esta 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 grafico de presión y temperatura.

Para ver el gráfico seleccione la opción "Descargar" del menú superior

Fig. 04. Presión de vapor y temperatura de ebullición para el caso del agua.

1.3.5 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.

Según Bonifacio Fernández L. Las propiedades de los fluidos se dividen en extensivas y mecánicas; de las cuales se derivan otras tomando en cuenta diversos factores.

1.3.6 Valores típicos de las propiedades de fluidos más usuales.

Propiedad	Designación	Unidades	Valores	
			Agua	Aire
Masa especifica	P	kg/m3	1.000	1,2
Viscosidad	ß	g/ms	1,0	0,02
Calor especifico	Cp	J/kg°K	4.200	1.008
Presión de vapor (20°)	Pv	bar	0,023	-
Tensión Superficial	ŏ	mN/m	72,8	-

Según **el autor Bonifacio Larrañaga Fernández** las propiedades de los fluidos son:

Peso especifico. Tensión

Viscosidad Compresibilidad

Presión

1.4 PRINCIPIO DE ARQUIMIDES

El principio de **Arquímedes** afirma que todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta una fuerza hacia arriba igual al peso del volumen de fluido desplazado por dicho cuerpo. Esto explica por qué flota un barco muy cargado; el peso del agua desplazada por el barco equivale a la fuerza hacia arriba que mantiene el barco a flote.

El punto sobre el que puede considerarse que actúan todas las fuerzas que producen el efecto de flotación se llama centro de flotación, y corresponde al centro de gravedad del fluido desplazado. El centro de flotación de un cuerpo que flota está situado exactamente encima de su centro de gravedad. Cuanto mayor sea la distancia entre ambos, mayor es la estabilidad del cuerpo.

El principio de Arquímedes permite determinar la densidad de un objeto cuya forma es tan irregular que su volumen no puede medirse directamente. Si el objeto se pesa primero en el aire y luego en el agua, la diferencia de peso será igual al peso del volumen de agua desplazado, y este volumen es igual al volumen del objeto, si éste está totalmente sumergido. Así puede determinarse fácilmente la densidad del objeto (masa dividida por volumen) Si se requiere una precisión muy elevada, también hay que tener en cuenta el peso del aire desplazado para obtener el volumen y la densidad correctos.

Para **el autor John Muller,** Arquímedes fuel mas grande investigador de mecánica de fluidos de todos los tiempos; ya que el fue quien descubrió las propiedades de los fluidos sometidos a diversas circunstancias. Además el desarrollo como nadie mas, le mayor numero de postulados fundamentales acerca del tema.

CONCLUSIONES

Para **el autor Fay A. James** un fluido es una sustancia que escurre o se deforma continuamente, cuando esta sometido a un esfuerzo de corte tangencial en reposo solo soporta esfuerzos normales.

La mecánica de los fluidos estudia el comportamiento de estos como un medio continuó, sin considerar lo que ocurre a nivel de sus moléculas. Se definen como propiedades intensivas a las que no dependen de la cantidad de materia comprometida, y extensivas a las que dependen.

Para cuantificar el comportamiento de los fluidos se utiliza n ciertas magnitudes de referencia para las dimensiones básicas. Para ello se utiliza él Sistema Internacional de Medidas, el cual se basa en el sistema MKS. Las unidades básicas son: el metro, el segundo, el kilogramo y el grado kelvin. La unidad de fuerza es el newton.

Los fluidos tienen dos propiedades mecánicas: masa específica y peso específico. La propiedad más importante para los fluidos es la viscosidad, adema tiene otras propiedades como: la compresibilidad, calor específico y tensión superficial.

CONCLUSION PERSONAL.

El primer capitulo abordo los temas de sistema de unidades, propiedades de los fluidos y valores comunes; todos estos temas son la introducción principal para adentrarnos dentro de la mecánica de fluidos como estudio científico y académico, ya que se comienza con definición de que es lo que vamos a investigar, como se dimensiona, que características tiene y además que es lo que nos puede resultar al hacer cualquier experimento

ESTATICA DE FLUIDOS

2.1 INTRODUCCION

Según el investigador **John Miller:** "La estática de los fluidos estudia las condiciones de equilibrio bajo las cuales un fluido esta en reposo", sabiendo que para ello se requiere que todos los elementos que lo forman se muevan ala misma velocidad, es decir que no se desplacen los unos a los otros y por lo tanto no halla escurrimiento. El fluido esta entonces detenido o se mueve como si fuera un cuerpo rígido sin deformarse. La ausencia de escurrimiento, y por lo tanto de deformación angular, lleva implícita la ausencia de corte.

Bajo estas condiciones, sobre las superficies que están en contacto con el fluido solo se desarrollan esfuerzos normales. Debido a al ausencia de esfuerzos tangenciales la viscosidad no tiene importancia, de modo que los principios de la hidrostática son aplicable a cualquier tipo de fluido viscoso o real, ideal o perfecto.

2.2 ESTÁTICA DE FLUIDOS O HIDROSTÁTICA
Una característica fundamental de cualquier fluido en reposo es que la fuerza ejercida sobre cualquier partícula del fluido es la misma en todas direcciones. Si las fuerzas fueran desiguales, la partícula se desplazaría en la dirección de la fuerza resultante. De ello se deduce que la fuerza por unidad de superficie —la presión— que el fluido ejerce contra las paredes del recipiente que lo contiene, sea cual sea su forma, es perpendicular a la pared en cada punto. Si la presión no fuera perpendicular, la fuerza tendría una componente tangencial no equilibrada y el fluido se movería a lo largo de la pared.

Este concepto fue formulado por primera vez en una forma un poco más amplia por el matemático y filósofo francés **Blaise Pascal** en 1647, y se conoce como principio de Pascal. Dicho principio, que tiene aplicaciones muy importantes en hidráulica, afirma que la presión aplicada sobre un fluido contenido en un recipiente se transmite por igual en todas direcciones y a todas las partes del recipiente, siempre que se puedan despreciar las diferencias de presión debidas al peso del fluido y a la profundidad.Cuando la gravedad es la única fuerza que actúa sobre un líquido contenido en un recipiente abierto, la presión en cualquier punto del líquido es directamente proporcional al peso de la columna vertical de dicho líquido situada sobre ese punto. La presión es a su vez proporcional a la profundidad del punto con respecto a la superficie, y es independiente del tamaño o forma del recipiente. Así, la presión en el fondo de una tubería vertical llena de agua de 1 cm. de diámetro y 15 m de altura es la misma que en el fondo de un lago de 15 m de profundidad. De igual forma, si una tubería de 30 m de longitud se llena de agua y se inclina de modo que la parte superior esté sólo a 15 m en vertical por encima del fondo, el agua ejercerá la misma presión sobre el fondo que en los casos anteriores, aunque la distancia a lo largo de la tubería sea mucho mayor que la altura de la tubería vertical. Veamos otro ejemplo: la masa de una columna de agua dulce de 30 cm. de altura y una sección transversal de 6,5 cm.2 es de 195 g, y la fuerza ejercida en el fondo será el peso correspondiente a esa masa. Una columna de la misma altura pero con un diámetro 12 veces superior tendrá un volumen 144 veces mayor, y pesará 144 veces más, pero la presión, que es la fuerza por unidad de superficie, seguirá siendo la misma, puesto que la superficie también será 144 veces mayor. La presión en el fondo de una columna de mercurio de la misma altura será 13,6 veces superior, ya que el mercurio tiene una densidad 13,6 veces superior a la del agua.

El segundo principio importante de la estática de fluidos fue descubierto por el matemático y filósofo griego Arquímedes. El principio de Arquímedes afirma que todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta una fuerza hacia arriba igual al peso del volumen de fluido desplazado por dicho cuerpo. Esto explica por qué flota un barco muy cargado; el peso del agua desplazada por el barco equivale a la fuerza hacia arriba que mantiene el barco a flote.

El punto sobre el que puede considerarse que actúan todas las fuerzas que producen el efecto de flotación se llama centro de flotación, y corresponde al centro de gravedad del fluido desplazado. El centro de flotación de un cuerpo que flota está situado exactamente encima de su centro de gravedad. Cuanto mayor sea la distancia entre ambos, mayor es la estabilidad del cuerpo.

El principio de **Arquímedes** permite determinar la densidad de un objeto cuya forma es tan irregular que su volumen no puede medirse directamente. Si el objeto se pesa primero en el aire y luego en el agua, la diferencia de peso será igual al peso del volumen de agua desplazado, y este volumen es igual al volumen del objeto, si éste está totalmente sumergido. Así puede determinarse fácilmente la densidad del objeto (masa dividida por volumen) Si se requiere una precisión muy elevada, también hay que tener en cuenta el peso del aire desplazado para obtener el volumen y la densidad correctos.

CONCLUSIONES.

El autor John Muller deduce que: la estática de fluidos postula dos principios fundamentales mediante los cuales describe las características de los fluidos sometidos a diversos fenómenos como la presión atmosférica o la sumersión en líquido y los efectos colaterales que se producen al realizarlos.

CONCLUSION PERSONAL.

En el segundo capitulo se identifico ya un fenómeno propio de la mecánica de fluidos como es la estática o hidrostática de fluidos en la cual intervienen una presión atmosférica o ya sea bien un liquido.

En los dos casos se va dar un fenómeno de movimiento el cual se denomina movimiento dinámico o hidrostático. También se mencionaron los precursores de estas investigaciones donde figuran nombres como el de Arquímedes y Blaise Pascal principalmente.

DINAMICA DE FLUIDOS

3.1 INTRODUCCION

Para **el autor Gareth Williams** la dinámica de fluidos se centra principalmente a determinar la fricción que ofrece el mismo dependiendo del grado de viscosidad del mismo. Los fluidos ideales cuya viscosidad es nula o despreciable, en su comportamiento no se observa esfuerzos de corte y por lo tanto no existen fuerzas de fricción con las paredes de los sólidos.

En este capitulo se mencionaran las obras de Euler y Torricelli , quienes fueron los que contribuyeron al desarrollo de la dinámica de fluidos moderna.

3.2 DINÁMICA DE FLUIDOS O HIDRODINÁMICA
Esta rama de la mecánica de fluidos se ocupa de las leyes de los fluidos en movimiento; estas leyes son enormemente complejas, y aunque la hidrodinámica tiene una importancia práctica mayor que la hidrostática, sólo podemos tratar aquí algunos conceptos básicos.

El interés por la dinámica de fluidos se remonta a las aplicaciones más antiguas de los fluidos en ingeniería. Arquímedes realizó una de las primeras contribuciones con la invención, que se le atribuye tradicionalmente, del tornillo sin fin. La acción impulsora del tornillo de Arquímedes es similar a la de la pieza semejante a un sacacorchos que tienen las picadoras de carne manuales. Los romanos desarrollaron otras máquinas y mecanismos hidráulicos; no sólo empleaban el tornillo de Arquímedes para bombear agua en agricultura y minería, sino que también construyeron extensos sistemas de acueductos, algunos de los cuales todavía funcionan. En el siglo I a.C., el arquitecto e ingeniero romano Vitrubio inventó la rueda hidráulica horizontal, con lo que revolucionó la técnica de moler grano.

A pesar de estas tempranas aplicaciones de la dinámica de fluidos, apenas se comprendía la teoría básica, por lo que su desarrollo se vio frenado. Después de Arquímedes pasaron más de 1.800 años antes de que se produjera el siguiente avance científico significativo, debido al matemático y físico italiano Evangelista Torricelli, que inventó el barómetro en 1643 y formuló el teorema de Torricelli, que relaciona la velocidad de salida de un líquido a través de un orificio de un recipiente, con la altura del líquido situado por encima de dicho agujero. El siguiente gran avance en el desarrollo de la mecánica de fluidos tuvo que esperar a la formulación de las leyes del movimiento por el matemático y físico inglés Isaac Newton. Estas leyes fueron aplicadas por primera vez a los fluidos por el matemático suizo Leonhard Euler, quien dedujo las ecuaciones básicas para un fluido sin rozamiento (no viscoso).

Euler fue el primero en reconocer que las leyes dinámicas para los fluidos sólo pueden expresarse de forma relativamente sencilla si se supone que el fluido es incompresible e ideal, es decir, si se pueden despreciar los efectos del rozamiento y la viscosidad. Sin embargo, como esto nunca es así en el caso de los fluidos reales en movimiento, para **Gareth Williams** los resultados de dicho análisis sólo pueden servir como estimación para flujos en los que los efectos de la viscosidad son pequeños.

3.2.1 Flujos incompresibles y sin rozamiento

Estos flujos cumplen el llamado teorema de Bernoulli, enunciado por el matemático y científico suizo Daniel Bernoulli. El teorema afirma que la energía mecánica total de un flujo incompresible y no viscoso (sin rozamiento) es constante a lo largo de una línea de corriente. Las líneas de corriente son líneas de flujo imaginarias que siempre son paralelas a la dirección del flujo en cada punto, y en el caso de flujo uniforme coinciden con la trayectoria de las partículas individuales de fluido. El teorema de Bernoulli implica una relación entre los efectos de la presión, la velocidad y la gravedad, e indica que la velocidad aumenta cuando la presión disminuye. Para el **autor John Muller**: "Este principio es importante para la medida de flujos, y también puede emplearse para predecir la fuerza de sustentación de un ala en vuelo.

CONCLUSIONES

En el caso de la dinámica de fluidos, **el autor R.L Street.** menciona que: "las únicas fuerzas de superficie son las provocadas por la presión, que sumadas a las demás fuerzas, o de gravedad, son las responsables del movimiento del fluido". Bajo estas condicione Newton represento su segunda ley, aplicada a un elemento fluido, o ecuación de cantidad de movimiento, la que se conoce como ecuación de Euler.

CONCLUSION PERSONAL.

La dinámica o hidrodinámica de fluidos ya comprenden cálculos matemáticos mediante formulas complejas, las cuales corresponderán a movimientos de flujos sin comprimir. De aquí se deriva una ramificación de la dinámica y así mismo de la mecánica de fluidos: el flujo incompresible y sin rozamiento, el cual es experimentado por la segunda ley de Newton; pero además ya participan mayor numero de investigadores acerca del tema (Bernouilli, Evangelista, Torricelli, Pascal, etc).

Al final se deduce que la gravedad junto con otras fuerzas influye para que haya movimiento de un flujo.

ANALISIS PUNTUAL

DEL COMPORTAMIENTO DINAMICO DE LOS FLUIDOS

4.1 INTRODUCCION

En opinión del autor Fernández Larrañaga: "El análisis puntual esta orientado a establecer un modelo matemático del comportamiento del fluido, lo que permita conocer a detalle lo que ocurre en cada punto, para ello se establece ecuaciones básicas. Con base en ello se podrá conocer la distribución espacial y temporal de las variables que definen el comportamiento del fluido, como son la presión, velocidad, masa específica entre otras".

El análisis requiere mayor esfuerzo pero entrega más información sobre el comportamiento del fluido.

4.2 EL TEOREMA DE BERNOULLI

Una de las leyes fundamentales que rigen el movimiento de los fluidos es el teorema de Bernoulli, que relaciona un aumento en la velocidad de flujo con una disminución de la presión y viceversa. El teorema de Bernoulli explica, por ejemplo, la fuerza de sustentación que actúa sobre el ala de un avión en vuelo. Un ala —o plano aerodinámico— está diseñada de forma que el aire fluya más rápidamente sobre la superficie superior que sobre la inferior, lo que provoca una disminución de presión en la superficie de arriba con respecto a la de abajo. Esta diferencia de presiones proporciona la fuerza de sustentación que mantiene el avión en vuelo. Los coches de carrera son muy bajos con el fin de que el aire se desplace a gran velocidad por el estrecho espacio entre la carrocería y el suelo. Esto reduce la presión debajo del vehículo y lo aprieta con fuerza hacia abajo, lo que mejora el agarre. Estos coches también llevan en su parte trasera un plano aerodinámico con forma de ala invertida para aumentar la fuerza contra el suelo. La vela de un balandro en movimiento también constituye un plano aerodinámico. Otro aspecto importante de la aerodinámica es la resistencia al avance que experimentan los objetos sólidos que se mueven a través del aire. Por ejemplo, las fuerzas de resistencia que ejerce el aire que fluye sobre un avión deben ser superadas por el empuje del reactor o de las hélices. La resistencia al avance puede reducirse significativamente empleando formas aerodinámicas. Según el autor James A. Fay: "Cuando el objeto no es totalmente aerodinámico, la resistencia aumenta de forma aproximadamente proporcional al cuadrado de su velocidad con respecto al aire". Por ejemplo, la potencia necesaria para propulsar un coche que avanza de forma uniforme a velocidades medias o altas se emplea fundamentalmente en superar la resistencia del aire.

4.3 FLUJOS VISCOSOS: MOVIMIENTO LAMINAR Y TURBULENTO

Los primeros experimentos cuidadosamente documentados del rozamiento en flujos de baja velocidad a través de tuberías

fueron realizados independientemente en 1839 por el fisiólogo francés Jean Louis Marie Poiseuille, que estaba interesado por las características del flujo de la sangre, y en 1840 por el ingeniero hidráulico alemán Gotthilf Heinrich Ludwig Hagen. El primer intento de incluir los efectos de la viscosidad en las ecuaciones matemáticas se debió al ingeniero francés Claude Louis Marie Navier en 1827 e, independientemente, al matemático británico George Gabriel Stokes, quien en 1845 perfeccionó las ecuaciones básicas para los fluidos viscosos incompresibles. Actualmente se las conoce como ecuaciones de Navier-Stokes, y son tan complejas que sólo se pueden aplicar a flujos sencillos. Uno de ellos es el de un fluido real que circula a través de una tubería recta. El teorema de Bernoulli no se puede aplicar aquí, porque parte de la energía mecánica total se disipa como consecuencia del rozamiento viscoso, lo que provoca una caída de presión a lo largo de la tubería. Las ecuaciones sugieren que, dados una tubería y un fluido determinados, esta caída de presión debería ser proporcional a la velocidad de flujo. Los experimentos realizados por primera vez a mediados del siglo XIX demostraron que esto sólo era cierto para velocidades bajas; para velocidades mayores, la caída de presión era más bien proporcional al cuadrado de la velocidad. Este problema no se resolvió hasta 1883, cuando el ingeniero británico Osborne Reynolds demostró la existencia de dos tipos de flujo viscoso en tuberías. A velocidades bajas, las partículas del fluido siguen las líneas de corriente (flujo laminar), y los resultados experimentales coinciden con las predicciones analíticas. A velocidades más elevadas, surgen fluctuaciones en la velocidad del flujo, o remolinos (flujo turbulento), en una forma que ni siquiera en la actualidad se puede predecir completamente. Reynolds también determinó que la transición del flujo laminar al turbulento era función de un único parámetro, que desde entonces se conoce como número de Reynolds. Si el número de Reynolds —que carece de dimensiones y es el producto de la velocidad, la densidad del fluido y el diámetro de la tubería dividido entre la viscosidad del fluido— es menor de 2.100, el flujo a través de la tubería es siempre laminar; cuando los valores son más elevados suele ser turbulento. El concepto de número de Reynolds es esencial para gran parte de la moderna mecánica de fluidos.

Según James A. Fay: "Los flujos turbulentos no se pueden evaluar exclusivamente a partir de las predicciones calculadas, y su análisis depende de una combinación de datos experimentales y modelos matemáticos"; gran parte de la investigación moderna en mecánica de fluidos está dedicada a una mejor formulación de la turbulencia. Puede observarse la transición del flujo laminar al turbulento y la complejidad del flujo turbulento cuando el humo de un cigarrillo asciende en aire muy tranquilo. Al principio, sube con un movimiento laminar a lo largo de líneas de corriente, pero al cabo de cierta distancia se hace inestable y se forma un sistema de remolinos entrelazados.

Para ver el gráfico seleccione la opción "Descargar" del menú superior

Flujo principal Remolinos Flujo turbulento.

.3.1 FLUJOS DE LA CAPA LÍMITE

Antes de 1860, aproximadamente, el interés de la ingeniería por la mecánica de fluidos se limitaba casi exclusivamente al flujo del agua. El desarrollo de la industria química durante la última parte del siglo XIX dirigió la atención a otros líquidos y a los gases. El interés por la aerodinámica comenzó con los estudios del ingeniero aeronáutico alemán Otto Lilienthal en la última década del siglo XIX, y produjo avances importantes tras el primer vuelo con motor logrado por los inventores estadounidenses Orville y Wilbur Wright en 1903.

La complejidad de los flujos viscosos, y en particular de los flujos turbulentos, restringió en gran medida los avances en la dinámica de fluidos hasta que el ingeniero alemán Ludwig Prandtl observó en 1904 que muchos flujos pueden separarse en dos regiones principales. La región próxima a la superficie está formada por una delgada capa límite donde se concentran los efectos viscosos y en la que puede simplificarse mucho el modelo matemático. Fuera de esta capa límite, se pueden despreciar los efectos de la viscosidad, y pueden emplearse las ecuaciones matemáticas más sencillas para flujos no viscosos. Para el **autor J.K Vernard**: "La teoría de la capa límite ha hecho posible gran parte del desarrollo de las alas de los aviones modernos y del diseño de turbinas de gas y compresores". El modelo de la capa límite no sólo permitió una formulación mucho más simplificada de las ecuaciones de Navier-Stokes en la región próxima a la superficie del cuerpo, sino que llevó a nuevos avances en la teoría del flujo de fluidos no viscosos, que pueden aplicarse fuera de la capa límite. Gran parte del desarrollo moderno de la mecánica de fluidos, posibilitado por el concepto de capa límite, se ha debido a investigadores como el ingeniero aeronáutico estadounidense de origen húngaro Theodore von Kármán, el matemático alemán Richard von Mises y el físico y meteorólogo británico Geoffrey Ingram Taylor.

4.3.2 FLUJOS COMPRESIBLES
El interés por los flujos compresibles comenzó con el desarrollo de las turbinas de vapor por el inventor británico Charles Algernon Parsons y el ingeniero sueco Carl Gustaf Patrik de Laval durante la década de 1880. En esos mecanismos se descubrió por primera vez el flujo rápido de vapor a través de tubos, y la necesidad de un diseño eficiente de turbinas llevó a una mejora del análisis de los flujos compresibles. Pero los avances modernos tuvieron que esperar al estímulo que supuso el desarrollo de la turbina de combustión y la propulsión a chorro en la década de 1930. El interés por los flujos de alta velocidad sobre superficies surgió de forma temprana en los estudios de balística, donde se necesitaba comprender el movimiento de los proyectiles. Los avances más importantes comenzaron hacia el final del siglo XIX, con Prandtl y sus discípulos, entre otros, y crecieron con la introducción de los aviones de alta velocidad y los cohetes en la II Guerra Mundial.

El autor Gareth Williams lo fundamental de flujos compresibles lo deduce:
Uno de los principios básicos del flujo compresible es que la densidad de un gas cambia cuando el gas se ve sometido a grandes cambios de velocidad y presión. Al mismo tiempo, su temperatura también cambia, lo que lleva a problemas de análisis más complejos. El comportamiento de flujo de un gas compresible depende de si la velocidad de flujo es mayor o menor que la velocidad del sonido. El sonido es la propagación de una pequeña perturbación, u onda de presión, dentro de un fluido. Para un gas, la velocidad del sonido es proporcional a la raíz cuadrada de su temperatura absoluta. La velocidad del sonido en el aire a 20 °C (293 kelvins en la escala absoluta), es de unos 344 metros por segundo. Si la velocidad de flujo es menor que la velocidad del sonido (flujo subsónico), las ondas de presión pueden transmitirse a través de todo el fluido y así adaptar el flujo que se dirige hacia un objeto. Por tanto, el flujo subsónico que se dirige hacia el ala de un avión se ajustará con cierta distancia de antelación para fluir suavemente sobre la superficie. En el flujo supersónico, las ondas de presión no pueden viajar corriente arriba para adaptar el flujo. Por ello, el aire que se dirige hacia el ala de un avión en vuelo supersónico no está preparado para la perturbación que va a causar el ala y tiene que cambiar de dirección repentinamente en la proximidad del ala, lo que conlleva una compresión intensa u onda de choque. El ruido asociado con el paso de esta onda de choque sobre los observadores situados

en tierra constituye el estampido sónico de los aviones supersónicos. Frecuentemente se identifican los flujos supersónicos por su número de Mach, que es el cociente entre la velocidad de flujo y la velocidad del sonido. Por tanto, los flujos supersónicos tienen un número de Mach superior a 1.

CONCLUSIONES

La aplicación de las ecuaciones de Euler en régimen permanente se simplifica si se integran. Con el objeto de establecer claramente las condiciones bajo las cuales esta ecuación es aplicable, se procedió a su deducción por dos caminos: el uso de coordenadas naturales y cartesianas.

El teorema de Bernoulli explica la relación existente entre el aumento de velocidad en un flujo con una disminución de la presión y viceversa, locuaz proporciona una diferencia de presiones.

El flujo turbulento es un escurrimiento desordenado que se produce el aumentar el numerote Reynolds.

Del flujo compresible se deduce que la densidad de un gas cambia cuando el gas esta sometido a grandes cambios de velocidad y presión.

CONCLUSION PERSONAL.

Para poder acabo cálculos acerca de la mecánica de fluidos es necesario analizar la situación de la cual se quieren realizar dichos cálculos. El análisis consta de leyes, procedimientos y conceptos que se tienen que conocer para realizar una estimación acertada de los cálculos a realizar. En este capitulo se mencionaron de cuatro términos fundamentales par llevar acabo dicho análisis:

El teorema de Bernoulli.

Es la ley fundamental que rige el movimiento de los fluidos, relacionada con la velocidad y la presión del mismo.

Flujos Viscosos.

Por medio de experimentación se deduce las dos características del flujo viscoso: el movimiento laminar, que depende de las corrientes de flujo y el movimiento turbulento que se da por la velocidad del flujo.

Flujos de capa limite

Propiedad de los fluidos descubierta por el alemán Ludwig Prandtl que menciona que los flujos pueden separarse en dos regiones principales.

Flujos compresibles

Principio relacionado a los gases y sus propiedades como densidad, velocidad y presión.

APLICACIONES Y RAMAS DE LA MECANICA DE FLUIDOS

5.1 INTRODUCCION

La mecánica de fluidos se ha dividido en diferentes ramas que cubren diferente aspectos de la ingeniería, la física, las matemáticas, etc. Están destinadas a solucionar problemas de la vida cotidiana así como para desarrollar nueva tecnología y descubrir nuevos campos de la ciencia.

Para Vernard J.K. las aplicaciones de la mecánica de fluidas se pueden en un número infinito, ya que todo depende de los fluidos, directa e indirectamente. Un ejemplo palpable para demostrar tal afirmación es el suponer que la tierra esta conformada de un 75% de agua.

5.2 AERODINAMICA

Rama de la mecánica de fluidos que se ocupa del movimiento del aire y otros fluidos gaseosos, y de las fuerzas que actúan sobre los cuerpos que se mueven en dichos fluidos. Algunos ejemplos del ámbito de la aerodinámica son el movimiento de un avión a través del aire, las fuerzas que el viento ejerce sobre una estructura o el funcionamiento de un molino de viento.

Todos los temas que se mencionaron anteriormente y que se relacionan con la aerodinámica, son las ramas que se derivan de la misma y que se deben de revisar para lograr un estudio amplio y completo de los fenómenos aerodinámicos ; y por lo tanto ,lograr englobar todos estos conceptos y sus aplicaciones ,enfocados hacia la mecánica de fluidos.

El investigador Fernández Larrañaga dice: "La aerodinámica es la principal aplicación de la mecánica de fluidos inducidos hacia el campo de los flujos con rozamiento, con gases específicamente".

5.3 SUPERSÓNICA

La supersónica, una rama importante de la aerodinámica, se ocupa de los fenómenos que tienen lugar cuando la velocidad de un sólido supera la velocidad del sonido en el medio —generalmente aire— en que se desplaza.

La velocidad del sonido en la atmósfera varía según la humedad, la temperatura y la presión. Como la velocidad del sonido es un factor crucial en las ecuaciones aerodinámicas y no es constante, suele emplearse el número de Mach, así llamado en honor del físico y filósofo austriaco Ernst Mach, un pionero en el estudio de la balística. El número de Mach es la velocidad respecto a la atmósfera del proyectil o el avión dividida entre la velocidad del sonido en el mismo medio y con las mismas condiciones. Así, al nivel del mar, en condiciones normales de humedad y temperatura, una velocidad de 1.220 km/h representa un número de Mach de 1. En la estratosfera, debido a las diferencias de densidad, presión y temperatura, esta misma velocidad correspondería a un número de Mach de 1,16. Expresando las velocidades por su número de Mach, en vez de en kilómetros por hora, puede obtenerse una representación más exacta de las condiciones que se dan realmente durante el vuelo.

5.4 ONDAS DE CHOQUE

Los estudios mediante observaciones ópticas de proyectiles de artillería revelan la naturaleza de las perturbaciones atmosféricas encontradas durante el vuelo. A velocidades subsónicas, por debajo de Mach 0,85, la única perturbación atmosférica es una turbulencia en la estela del proyectil. En la zona transónica, entre Mach 0,85 y Mach 1,3, aparecen ondas de choque a medida

que aumenta la velocidad; en el rango más bajo de esa zona de velocidades, las ondas de choque surgen de cualquier protuberancia abrupta en el contorno suave del proyectil. Cuando la velocidad supera Mach 1, las ondas de choque surgen de la parte delantera y la cola y se propagan en forma de cono desde el proyectil. El ángulo del cono es tanto menor cuanto mayor es la velocidad del proyectil. Así, a Mach 1, la onda es esencialmente un plano; a Mach 1,4 (1.712 Km. /h al nivel del mar), el ángulo del cono es de aproximadamente 90°; a Mach 2,48 (unos 3.030 Km. /h), la onda de choque procedente del proyectil tiene un ángulo cónico ligeramente menor de 50°. La investigación en este campo ha permitido el diseño de los modernos aviones de gran velocidad, en los que las alas se inclinan hacia atrás formando ángulos de hasta 60° para evitar la onda de choque procedente de la parte delantera del avión.

Las ondas de choque son el principal campo de estudio del el **autor Jerry D. Wilson** dentro de la mecánica de fluidos, ya que según el autor es donde tiene mayor implicación con la tecnología aeronáutica moderna y toda la tecnología que conlleva el estudio de su realización.

5.5 MAXIMIZACION DE LA EFICIENCIA

Entre otros factores estudiados por la investigación sobre proyectiles de artillería supersónicos figuran la forma ideal de los proyectiles y el comportamiento de un gas que fluye a altas velocidades. La llamada forma de gota, que es la forma aerodinámica ideal para velocidades subsónicas, es muy poco eficaz en la zona supersónica debido a su gran superficie frontal, que comprime el aire y da lugar a ondas de choque de gran amplitud que absorben mucha energía.

Cuando un gas fluye por un tubo estrechado, como la tobera de un cohete, a velocidades subsónicas, la velocidad de flujo aumenta y la presión disminuye en el cuello del estrechamiento. A velocidades supersónicas se produce el fenómeno inverso, y la velocidad de flujo aumenta en un tubo divergente. Así, los gases de escape de un cohete, al acelerarse en la tobera hasta la velocidad del sonido, aumentan aún más su velocidad, y por tanto su empuje, en el ensanchamiento divergente de la tobera, con lo que se multiplica la eficiencia del cohete. Otro factor que los diseñadores de cohetes conocen desde hace tiempo es la influencia directa de la presión atmosférica reinante sobre la eficiencia del vuelo a velocidades supersónicas. Cuanto más próximo esté el medio circundante a un vacío perfecto, más eficiente es el motor del avión o el cohete. El rango de velocidades de un avión supersónico también puede aumentarse reduciendo la superficie, o sección transversal, que presenta al aire. En los aviones que operan a velocidades supersónicas es imprescindible aumentar el peso del aparato aumentando su longitud, hacerlo más esbelto y dotarlo de un frente en forma de aguja. En los años posteriores a la II Guerra Mundial, los centros de investigación en aerodinámica construyeron túneles de viento donde se podían probar maquetas o piezas de aviones en corrientes de aire supersónicas.

5.6 REGLA DE LAS SUPERFICIES

Un importante avance en la aeronáutica, gracias a las investigaciones en túneles de viento, se debió al físico estadounidense **Richard Travis Whitcomb**, que descubrió la regla de las superficies para el diseño de aviones supersónicos. Según este principio, el aumento abrupto en la resistencia al avance que se produce a velocidades transónicas se debe a la distribución de la superficie total de la sección transversal en cada punto del avión. Estrechando el fuselaje en la zona donde está unido a las alas, la reducción en la sección transversal total del fuselaje y las alas disminuye la resistencia al avance del aparato. El diseño de Whitcomb, llamado de talle de avispa, hizo posible un aumento del 25% en el rango de velocidades supersónicas sin necesidad de una mayor potencia en los motores.

En el pasado se utilizaba el término supersónica en un sentido más amplio, e incluía la rama de la física ahora conocida como ultrasónica, que se ocupa de las ondas de sonido de alta frecuencia, generalmente por encima de los 20.000 hercios (Hz).

CONCLUSIONES

Las principales ramas de la mecánica de fluidos son la aerodinámica, supersónica entre otras, además de diversos conceptos como. Las ondas de choque y la maximización de la eficiencia.

Según **Jerry D. Wilson** la mecánica de fluidos es tan extensa como el numero de líquidos y fluidos que conozcamos en nuestro entorno; ya que según el enfoque que se le de al estudio de dicho fluido dependerá también las ramificaciones que se deriven de este tema que se halla escogido.

CONCLUSION PERSONAL.

Las aplicaciones de la mecánica de fluidos son muy diversas, pero como se mostró en este ultimo capitulo se emplean mas en aeronáutica, construcción de navíos, compresores, maquinaria industrial, mecanismos neumáticos e hidráulicos, etc.

Pero en general en cualquier parte donde se tenga un fluido se podrán aplicar los términos y conceptos que para el tema estén desarrollados.

BIBLIOGRAFIA.

INTRODUCCION A LA MECANICA DE FLUIDOS.

2da. Edición.

Fernández Larrañaga Bonifacio.

Alfa omega Grupo Editorial.

México 1999.

MECANICA DE FLUIDOS.

Fay A. James

Editorial CECSA Cuarta Edición

México 1995

ELEMENTOS DE MECANICADE FLUIDOS.

Vernard J.K, Street R.L.
Tercera Edición Versión 51
Editorial CECSA
España 1998
FUNDAMENTOS BASICOS DE MECANICA DE FLUIDOS.
Williams, Gareth
Tercera Edición Editorial Mc Graw Hill Interamericana
México 1996
LA MECANICA DE FLUIDOS, APLICACIONES E IMPLICACIONES.
Wilson D. Jerry
Segunda Edición Editorial Prentice Hall
Chile 1994
LA MECANICA DE FLUIDOS
Muller John
Tercera Edición Editorial CECSA
México 1993
PAGINAS DE INTERNET.
http:\www.encarta.com
www.monografias.com
www.dibujo.com
REVISTAS
Mecánica Popular
Edición México.Numero 14 Año 67
México 1998