



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES**

**“ZARAGOZA”**

**CRITICA DEL PROGRAMA DE LA ASIGNATURA**

**“FLUJO DE FLUIDOS”**

**T E S I N A**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO QUÍMICO**

**PRESENTA:**

**HUMBERTO MEDINA SÁNCHEZ.**

**DIRECTOR: I.Q. DOMINGA ORTÍZ BAUTISTA.**

**SEMINARIO DE TITULACIÓN PARA EGRESADOS 2013.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## Í N D I C E

INTRODUCCIÓN.....	4
<i>Objetivo General</i> .....	5
<i>Objetivo Particular</i> .....	5
1.- <i>Congruencia de los objetivos de la asignatura con el perfil profesional</i> .....	5
<i>Aportes del egresado a la Carrera de Ingeniería Química</i> .....	6
<i>Comentario de Propuestas 1.1:</i> .....	6
1.2. <i>Introducción a flujo de fluidos</i> .....	6
1.3. <i>Cinemática y Dinámica de los fluidos</i> .....	7
2.- <i>Congruencia de los objetivos de la asignatura con los objetivos del módulo</i> .....	7
2.1. <i>Objetivos del módulo</i> .....	8
2.2. <i>Comentario:</i> .....	8
3.- <i>Congruencia de los contenidos de la asignatura con los objetivos de la Asignatura</i> .....	9
4.- <i>Congruencia vertical, de los contenidos de la asignatura con las asignaturas anteriores y posteriores</i> .....	12
4.1. <i>Tabla de Congruencias</i> .....	12
<i>Comentario 4.2:</i> .....	15
4.3. <i>Diagrama que presenta la relación Vertical de Flujo de Fluidos con las demás Asignaturas de la carrera de Ingeniería Química</i> .....	16
5.- <i>Congruencia Horizontal, de los contenidos de la asignatura con otras asignaturas del mismo Módulo</i> .....	17
5.1. <i>Objetivos Generales del Semestre</i> .....	17
5.2. <i>Separación Mecánica y Mezclado</i> .....	17
5.2.1. <i>Objetivo General:</i> .....	17
5.2.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	18
5.2.3. <i>Temas y subtemas</i> .....	18
5.3. <i>Diseño de Equipo</i> .....	19
5.3.1. <i>Objetivo general:</i> .....	19
5.3.2. <i>Objetivos Específicos:</i> .....	19

5.3.3. Temas y subtemas. ....	20
5.4. Laboratorio y Taller de Proyectos Quinto Semestre (LTP).....	22
5.4.1. Objetivo general:.....	22
5.4.2. Objetivos específicos: .....	22
5.4.3. Temas y subtemas. ....	22
Capitulo 6.- Distribución de las cargas horarias para desarrollar cada tema del programa. ....	24
Comentario 6.1: .....	24
7.- Análisis de las estrategias didácticas. ....	25
8.- Análisis de los instrumentos de evaluación.....	25
9.- Análisis del perfil Profesiográfico. ....	26
10.- Anexo de Materias que se llevaron durante el “Seminario de Titulación para Egresados de la Carrera de Ingeniería Química”. ....	26
11.- Conclusiones del Trabajo en General.....	27
10.- Bibliografía. ....	28

## CRÍTICA DEL PROGRAMA DE LA ASIGNATURA “FLUJO DE FLUIDOS” QUINTO SEMESTRE CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA.

### INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta, de una manera general los temas involucrados en la asignatura de Flujo de Fluidos que se imparte actualmente en el quinto semestre de la carrera de Ingeniería Química, con una crítica constructiva y generar o mejorar en este sentido, establecer una base firme para fortalecer el plan de estudios para una autentica tecnología, con una firme convicción, en efecto, que solo con una presentación unificada y sintetizada se pueden alcanzar la eficiencia y eficacia necesarias para enfrentarse exitosamente a la explosión de información que inunda actualmente el mundo de la ciencia y de la tecnología.

Por esta razón se está dando una generalidad a esta crítica constructiva, del programa de la materia de quinto semestre, la presentación de distintos temas, sin dejar de lado los aspectos experimentales y de aplicación tan importantes en Flujo de Fluidos, y la relación con los Fenómenos de Transporte, la cantidad de *Momentum*, mediante el estudio del transporte de la cantidad de movimiento (flujo viscoso) el transporte de la energía (conducción del calor, convección y radiación) y transporte de la materia (difusión). La materia de Fenómenos de transporte, como se menciona, está muy ligada a la de Flujo de Fluidos, el dominio de los Fenómenos de Transporte comprende tres temas estrechamente relacionados: Dinámica de fluidos. Transmisión de calor y transferencia de materia.

La Dinámica de fluidos se refiere al transporte de cantidad de movimiento, la transmisión de calor trata sobre el transporte de energía y la transferencia de materia estudia el transporte de materia de varias especies químicas. El flujo de fluidos es un fenómeno común en la vida diaria, el estudio de su mecanismo es esencialmente impulsado por entender la Física involucrada, así como su control en diversas aplicaciones de la Ingeniería, por eso es tan importante el analizar los diferentes puntos y temas tratados de la materia de estudio aportar mejoras al plan de estudios existente en la carrera de Ingeniería Química.

### **Objetivo General.**

Relacionar los conceptos fundamentales de la Mecánica de Fluidos para su aplicación a sistemas en equilibrio estático y dinámico, aplicando los conocimientos básicos en un problema de transporte de fluidos, seleccionando y especificando el equipo adecuado y los instrumentos de medición requeridos para un problema específico.

### **Objetivo Particular.**

Dado que la Mecánica de Fluidos es un problema común en la Industria Química, resulta de vital importancia el poder conocer los principales elementos que conforman su estudio, aplicando los conocimientos y habilidades adquiridas en cursos precedentes para la resolución de un problema específico mediante la selección de equipo adecuado, para el transporte de fluidos y la determinación de instrumentos de medición.

### **1.-Congruencia de los objetivos de la asignatura con el perfil profesional.**

Objetivos Específicos de la asignatura “Flujo de Fluidos”.

Unidad I.- Introducir las definiciones y conceptos básicos de la mecánica de fluidos, así como los conceptos más importantes para su aplicación a sistemas del campo de flujo.

Unidad II.- Distinguir y calcular los diferentes tipos de presión involucrados en un sistema de flujo de fluidos en equilibrio estático, así como sus instrumentos de medición más comunes aplicando la ley general de la Hidrostática y Aerostática.

Unidad III.- Definir las ecuaciones generales que gobiernan el campo de la mecánica de fluidos, así como su aplicación al movimiento de los fluidos.

Unidad IV.- Calcular los diferentes sistemas de tuberías aplicando las ecuaciones de continuidad, Bernoulli, Energía Mecánica, Darcy, etc aplicándolas en flujos incompresibles.

Unidad V.- Calcular los medidores de flujo más comunes utilizados en la industria química, aplicando la ecuación general de medidores para su diseño y especificación.

Unidad VI.- Calcular las principales bombas para el transporte de fluidos usados en la industria química para su selección de acuerdo con el tipo de fluido.

Unidad VII.- Calcular y especificar Tuberías, Ductos y compresores para gases y vapores aplicando la ecuación de energía mecánica para su respectiva selección.

Unidad VIII.- Analizar las principales correlaciones que aplican al flujo a dos fases, para el diseño del diámetro de tuberías.

## **1.1.- Aportes en el ámbito laboral del egresado a la Carrera de Ingeniería Química.**

A lo largo de la vida profesional del Ingeniero Químico y sobre todo con el conocimiento adquirido en el ámbito laboral, como egresado, quiero mencionar lo importante que es el adquirir los conocimientos en simuladores como Pro II, Hysys, Aspen etc, ya que en la actualidad se requiere que el Ingeniero maneje este tipo de herramientas al 100% y que no se dan o imparten a lo largo de la carrera, por eso es importante que se den cursos completos en la Facultad por personal capacitado que conozca bien del tema y capacitar a los alumnos en estas herramientas tan importantes, es primordial conocer a fondo los fluidos a manejar, ya que de esto depende la simulación de los procesos y el tener los conocimientos firmes en mecánica de fluidos para poder llevar a cabo las simulaciones de los procesos, y entender que está sucediendo en cada etapa.

### **1.1.1.- Análisis de objetivos:**

Analizando cada uno de los objetivos a estudiar en cada unidad, es muy importante tener en cuenta la formación sólida tanto en Fenómenos de Transporte, Análisis Vectorial y planteamiento Matemático, desde Métodos Numéricos hasta derivadas parciales etc. Por esta razón es muy importante aplicar todas estas herramientas fundamentales, el conocimiento en la resolución de problemas de Flujo de Fluidos y asimilar el aprendizaje adquirido en la Práctica y en la Teoría.

De los objetivos analizados anteriormente en la materia de flujo de fluidos enfocados al perfil del Ingeniero Químico egresado de FES Zaragoza y que se apegan al plan de estudios vigente, se menciona la contribución de la asignatura al perfil de egreso en integrar los conocimientos y aplicarlos para resolver problemas reales, en donde los contenidos de la materia se enfocan al diseño y cálculo de dispositivos y equipos de proceso, en donde se transportan fluidos y el egresado participa en la planeación y diseño de estos dispositivos, en plantas de proceso, optimizando los recursos disponibles para lograr un modelo de desarrollo sustentable y que a su vez se dividen en los temas principales de la materia que son:

#### **Introducción a flujo de fluidos**

Donde el Ingeniero adquiere la información básica acerca de la estática de los fluidos, sus propiedades, y la respectiva medición de la presión y el nivel.

## **Cinemática y Dinámica de los fluidos**

Donde se abarca temas muy importantes, desde flujo laminar hasta la teoría de la capa límite.

El flujo Incompresible, medición y control, equipo de manejo de los fluidos, como bombas, ventiladores, sopladores, compresores y el flujo a dos fases. Toda esta información es muy importante para el Ingeniero Químico egresado de la FES Zaragoza ya que contribuye a la formación, en una de las asignaturas importantes de la carrera, como es el Flujo de Fluidos, ya que todos estos temas y subtemas, complementan la parte importante de lo que encontrara en la experiencia laboral, al término de la formación académica.

El extenso temario de la materia de Flujo de Fluidos comprende de 8 unidades con sus respectivos temas y subtemas, y la impartición de las clases resulta tener bastante información tanto teórica como problemas de aplicación, lo que propongo para poder agilizar el aprendizaje es que el Docente se apoye con sesiones en la cual incluya material en computadora, proyector y vaya explicando tanto la teoría como los problemas paso a paso y al final proporcionar esta información por medio de correos electrónicos o memorias USB para que el alumno no pierda tanto tiempo escribiendo y tenga más atención a la explicación del profesor, además de solicitar, el uso por parte de los alumnos de lap top e Internet.

### **2.- Congruencia de los objetivos de la asignatura con los objetivos del módulo**

#### **2.1.- Objetivos de la Asignatura.**

**Unidad I.-** Introducir las definiciones y conceptos básicos de la mecánica de fluidos, así como los conceptos más importantes para su aplicación a sistemas del campo de flujo.

**Unidad II.-** Distinguir y calcular los diferentes tipos de presión involucrados en un sistema de flujo de fluidos en equilibrio estático, así como sus instrumentos de medición más comunes aplicando la ley general de la Hidrostática y Aerostática.

**Unidad III.-** Definir las ecuaciones generales que gobiernan el campo de la mecánica de fluidos, así como su aplicación al movimiento de los fluidos.

**Unidad IV.-** Calcular los diferentes sistemas de tuberías aplicando las ecuaciones de continuidad, Bernoulli, Energía Mecánica, Darcy, etc aplicándolas en flujos incompresibles.

**Unidad V.-** Calcular los medidores de flujo más comunes utilizados en la industria química, aplicando la ecuación general de medidores para su diseño y especificación.

**Unidad VI.-** Calcular las principales bombas para el transporte de fluidos usados en la industria química para su selección de acuerdo con el tipo de fluido.

**Unidad VII.-** Calcular y especificar Tuberías (Flujo compresible e incompresible), Ductos y compresores para gases y vapores aplicando la ecuación de energía mecánica para su respectiva selección.

**Unidad VIII.-** Analizar las principales correlaciones que aplican al flujo a dos fases, para el diseño del diámetro de tuberías.

### **2.2.- Objetivos del módulo**

Este módulo está orientado a familiarizar al alumno en la selección y diseño del equipo y los sistemas relacionados con el manejo de materiales en una planta de proceso, así como en algunos aspectos prácticos para su operación y mantenimiento.

Los objetivos a alcanzar en este módulo son:

- Diseño Termodinámico de recipientes y columnas y cálculo de estructuras y cimentaciones.
- Selección de materiales de construcción.
- Diseño y selección de equipo de transporte de sólidos.
- Diseño de redes de tuberías.
- Diseño y selección de accesorios y equipo para el transporte de fluidos.
- Diseño y selección de equipo de separación mecánica de fases.
- Diseño y selección de equipo de agitación y mezclado.
- Operación y mantenimiento de equipo y sistemas de manejo de materiales.

### **2.3.- Análisis de la congruencia de objetivos del módulo:**

Realizando una analogía y comparación entre cada uno de los objetivos específicos y los del módulo que corresponden al manejo de materiales, la asignatura de flujo de fluidos es la que lleva un mayor peso a las otras materias, ya que está enfocada a la parte fundamental del transporte de fluidos, el equipo para transportarlos, la selección de redes de tuberías en las cuales se transportaran dichos flujos compresibles o incompresibles, pero sobre todo cada uno de los 8 objetivos mencionados anteriormente, se adecua correctamente a los propósitos fundamentales que el módulo busca, el poder llevar a cabo cálculos matemáticos para el diseño, tanto de bombas, compresores y tuberías, así como para detectar los problemas que se presenten en dichas redes y equipo sobre todo la manera de cómo solucionarlos.

### **3.- Congruencia de los contenidos de la asignatura con los objetivos de la Asignatura.**

#### **Unidad I. Introducción**

1. La mecánica de los fluidos y la hidráulica.
2. Definición de Fluido. Clasificación de los fluidos, incompresibles y compresibles, newtonianos y no newtonianos.

Propiedades de los fluidos: Masa, peso, volumen, densidad absoluta, densidad relativa, peso específico, tensión superficial, compresibilidad, viscosidad absoluta, viscosidad cinemática, presión de vapor.

#### **Unidad II. Estática de Fluidos**

1. Presión de un fluido.
2. Presión absoluta, manométrica positiva, manométrica negativa (ó de vacío), presión dinámica, presión de impacto, presión hidrostática.
3. Variación de la presión de un fluido estático para fluidos con densidad constante y para fluidos con densidad variable (hidrostática y aerostática).
4. Escalas de medidas de presión.
5. Medidores de presión.
6. Manometría, métodos de los meniscos.

Aplicación a Manometría. Problemas

#### **Unidad III. Cinemática y Dinámica de los Fluidos**

1. Fluidos en movimiento. Líneas de Corriente. Tubo de corriente. Hipótesis del continuum. Definición de velocidad (velocidad media), aceleración, flujo másico, flujo volumétrico.
2. Tipos de Flujo. Flujo externo e interno. Flujo a régimen permanente, no permanente, laminar, turbulento, adiabático, no adiabático, rotacional, irrotacional.
3. Leyes físicas fundamentales.
4. Representación de Euler y de Lagrange. Sistemas y volúmenes de control.
5. Ecuaciones integrales. Ecuación de continuidad (Conservación de masa). Ejemplos.
6. Ecuación de cantidad de movimiento: segunda ley de Newton.
7. Viscosidad y esfuerzo de corte.
8. Ley de Newton de la viscosidad. Viscosidad: influencia de la presión y temperatura.
9. Fluidos no Newtonianos.
  - 9.1 Definiciones. Fluidos Bingham, Fluidos Seudoplásticos, Fluidos Dilatantes Fluidos Tixotrópicos, Fluidos Reopécticos Ecuaciones Constitutivas y su comportamiento.
  - 9.2 Propiedades Reológicas.
10. El tensor de esfuerzo de corte. Las relaciones de Stokes.
11. Ecuaciones diferenciales.
12. La ecuación de continuidad.

13. La ecuación de movimiento: Navier-Stokes. Aplicaciones.
14. Ley de Stokes.
15. La ecuación de energía mecánica.

Ejemplos y aplicaciones.

#### **Unidad IV. Flujo Incompresible**

1. Conservación de la energía: el primer principio de la termodinámica.
2. El experimento de Reynolds. Número de Reynolds.
3. Flujo laminar. Ecuación Hagen-Poiseuille. Ejemplos.
4. Balance macroscópico de Energía.
5. Ecuación de Bernoulli.
6. Ecuación de Darcy y ecuación de Fanning.
7. Pérdidas por fricción caídas de presión en tuberías y diversos tipos de accesorios.
8. El factor de fricción en tubos. Diagrama de Moody. Rugosidad absoluta y relativa, Longitudes equivalentes, coeficientes de resistencia.
9. Válvulas, Tipos de Válvulas, selección.
10. Aplicación e Ecuación de Bernoulli. Determinación de diámetros, caudales, velocidades, caídas de presión.
  
11. Diseño de tuberías.
12. Tuberías en serie y en paralelo.
13. Tuberías ramificadas Redes de tuberías.

Aplicaciones. Ejemplos

#### **Unidad V. Medidores de Flujo**

1. Tipos de medidores: Placa de orificio, Venturi, tobera o boquilla, tubo pitot, y otros.
2. Factores de selección.
3. Ecuación general de Medidores. Ecuaciones de Medidores basados en caídas de presión.
4. Medidor de área variable: Rotámetro.

Aplicaciones. Ejemplos.

#### **Unidad VI. Bombas**

1. Tipos de Bombas.
2. Factores de Selección.
3. Clasificación General.
4. Desplazamiento Positivo. Reciprocantes y Rotatorias.
5. Dinámicas: Centrífugas.
6. Especiales y otras.
7. Partes de una Bomba. Descripción.
8. Capacidad. Altura desarrollada Potencia consumida.
9. Características hidráulicas. Aplicación de la ecuación de Bernoulli.
10. Curvas características: Caudal vs altura, caudal vs eficiencia, caudal vs potencia.

11. Potencia hidráulica, Potencia al freno.
12. Definición de NPSH, Cavitación.
13. NPSH requerido, NPSH disponible.
14. Diferentes esquemas de succión.
15. Leyes de afinidad.
16. Curva del sistema, punto de operación o caudal óptimo.
17. Operación de bombas en serie y en paralelo.
18. Especificaciones para adquisición.

Aplicaciones. Ejemplos

### **Unidad VII. Flujo Compresible y Compresores**

1. Flujo compresible a Bajas Velocidades y Altas Velocidades.
2. Ecuación de Bernoulli: Balance de energía mecánica.
3. Ecuaciones empíricas de uso práctico: Weymouth, Panhandle, Spitzglass, Babcock, etc.
4. Caídas de Presión en tuberías y ductos fluyendo gases o vapores a altas presiones.
5. Velocidad del sonido.
6. Número de Mach.
7. Aplicaciones. Ejemplos.
8. Toberas convergentes y divergentes. Propiedades de estancamiento, propiedades críticas ( $Ma=1$ ). Ecuaciones para cálculos de propiedades.
9. Tipos de compresores: Desplazamiento positivo y centrífugos.
10. Proceso de compresión, Relación PVT.
11. Compresión isotérmica, Compresión adiabática, compresión politrópica.
12. Compresión por etapa. Relación de compresión.
13. Caso Ideal, caso real, relación PVT.
14. Cálculo de potencia, Cálculo de temperaturas de descarga.

Cálculo de compresores utilizando Diagrama de Molliere.

### **Unidad VIII. Flujo a Dos Fases.**

1. Sistemas líquido –vapor.
2. Patrones de flujo. Mapa de Baker.
3. Correlaciones Lockhart Martinelli.
4. Regímenes de flujo ascendente y descendente.
5. Diseño del diámetro de tuberías para flujo a dos fases.

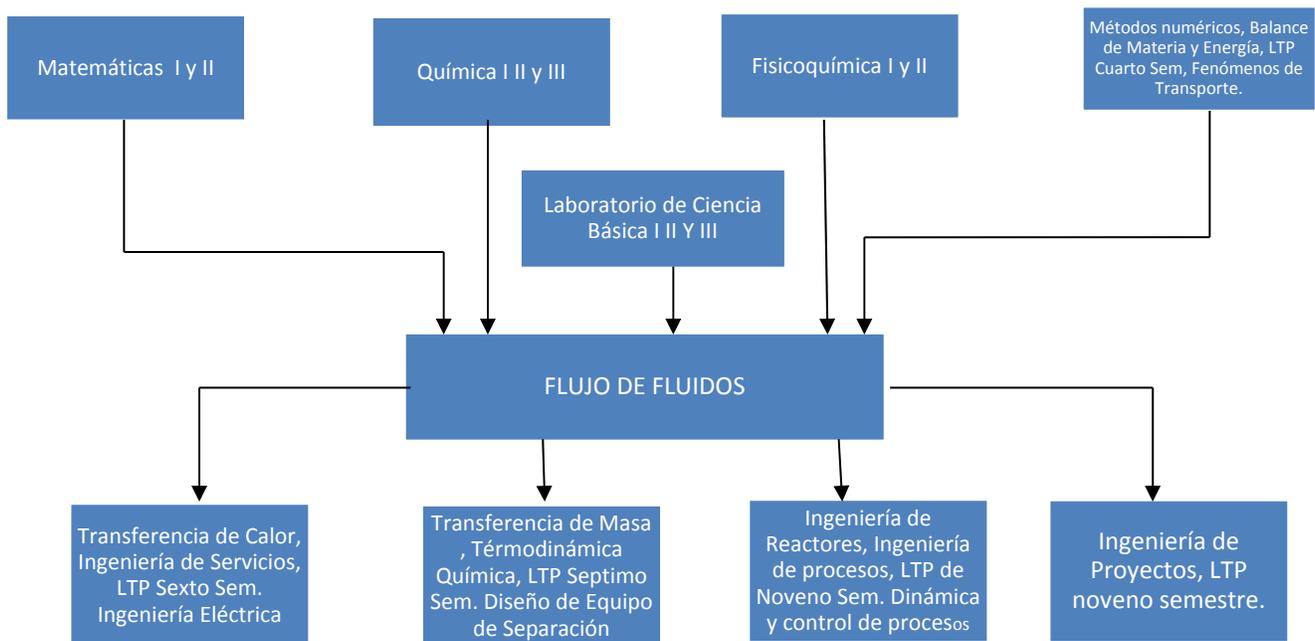
#### **3.1- Análisis de la congruencia de los objetivos del módulo**

Todos estos temas que se estudian durante la materia de flujo de fluidos correspondiente al quinto semestre de la carrera de Ingeniería Química proporciona a los alumnos una formación en metodología científica sólida, unificada y multidisciplinaria. Cada uno de los temas que se estudian permitirá una asimilación efectiva y una integración de los conocimientos teóricos a través de la aplicación inmediata de los mismos en la resolución de problemas reales, similares a los que enfrentarán en su vida profesional, proporcionando una

visión integral de los problemas, así como un entrenamiento práctico en la resolución de los mismos. Por tal motivo están totalmente enfocados a una formación matemática sólida para resolver cualquier problema en situaciones del todo reales que involucren alcanzar los objetivos de la materia de flujo de fluidos.

#### 4.- Congruencia vertical, de los contenidos de la asignatura con las asignaturas anteriores y posteriores

##### 4.1. Figura de Congruencias forma vertical



##### 4.2. Análisis de la temática de la asignatura Flujo de Fluidos

###### Unidad I. Introducción

1. La mecánica de los fluidos y la hidráulica.
2. Definición de Fluido. Clasificación de los fluidos, incompresibles y compresibles, newtonianos y no newtonianos.

Propiedades de los fluidos: Masa, peso, volumen, densidad absoluta, densidad relativa, peso específico, tensión superficial, compresibilidad, viscosidad absoluta, viscosidad cinemática, presión de vapor.

## **Unidad II. Estática de Fluidos**

1. Presión de un fluido.
2. Presión absoluta, manométrica positiva, manométrica negativa (ó de vacío), presión dinámica, presión de impacto, presión hidrostática.
3. Variación de la presión de un fluido estático para fluidos con densidad constante y para fluidos con densidad variable (hidrostática y aerostática).
4. Escalas de medidas de presión.
5. Medidores de presión.
6. Manometría, métodos de los meniscos.

Aplicación a Manometría. Problemas.

## **Unidad III. Cinemática y Dinámica de los Fluidos**

1. Fluidos en movimiento. Líneas de Corriente. Tubo de corriente. Hipótesis del continuo. Definición de velocidad (velocidad media), aceleración, flujo másico, flujo volumétrico.
2. Tipos de Flujo. Flujo externo e interno. Flujo a régimen permanente, no permanente, laminar, turbulento, adiabático, no adiabático, rotacional, irrotacional.
3. Leyes físicas fundamentales.
4. Representación de Euler y de Lagrange. Sistemas y volúmenes de control.
5. Ecuaciones integrales. Ecuación de continuidad (Conservación de masa). Ejemplos.
6. Ecuación de cantidad de movimiento: segunda ley de Newton.
7. Viscosidad y esfuerzo de corte.
8. Ley de Newton de la viscosidad. Viscosidad: influencia de la presión y temperatura.
9. Fluidos no Newtonianos.
  - 9.1 Definiciones. Fluidos Bingham, Fluidos Seudoplásticos, Fluidos Dilatantes Fluidos Tixotrópicos, Fluidos Reopécticos Ecuaciones Constitutivas y su comportamiento.
  - 9.2 Propiedades reológicas.
10. El tensor de esfuerzo de corte. Las relaciones de Stokes.
11. Ecuaciones diferenciales.
12. La ecuación de continuidad.
13. La ecuación de movimiento: Navier-Stokes. Aplicaciones.
14. Ley de Stokes.
15. La ecuación de energía mecánica.  
Ejemplos y aplicaciones.

## **Unidad IV. Flujo Incompresible**

1. Conservación de la energía: el primer principio de la termodinámica.
2. El experimento de Reynolds. Número de Reynolds.
3. Flujo laminar. Ecuación Hagen-Poiseuille. Ejemplos.
4. Balance macroscópico de Energía.
5. Ecuación de Bernoulli.

6. Ecuación de Darcy y ecuación de Fanning.
7. Pérdidas por fricción caídas de presión en tuberías y diversos tipos de accesorios.
8. El factor de fricción en tubos. Diagrama de Moody. Rugosidad absoluta y relativa, Longitudes equivalentes, coeficientes de resistencia.
9. Válvulas, Tipos de Válvulas, selección.
10. Aplicación de la Ecuación de Bernoulli. Determinación de diámetros, caudales, velocidades, caídas de presión.
11. Diseño de tuberías.
12. Tuberías en serie y en paralelo.
13. Tuberías ramificadas Redes de tuberías.
14. Aplicaciones. Ejemplos.

### ***Unidad V. Medidores de Flujo***

1. Tipos de medidores: Placa de orificio, Venturi, tobera o boquilla, tubo pitot, y otros.
2. Factores de selección.
3. Ecuación general de Medidores. Ecuaciones de Medidores basados en caídas de presión.
4. Medidor de área variable: Rotámetro.  
Aplicaciones. Ejemplos.

### ***Unidad VI. Bombas***

1. Tipos de Bombas.
2. Factores de Selección.
3. Clasificación General.
4. Desplazamiento Positivo. Reciprocantes y Rotatorias.
5. Dinámicas: Centrífugas.
6. Especiales y otras.
7. Partes de una Bomba. Descripción.
8. Capacidad. Altura desarrollada Potencia consumida.
9. Características hidráulicas. Aplicación de la ecuación de Bernoulli.
10. Curvas características: Caudal vs altura, caudal vs eficiencia, caudal vs potencia.
11. Potencia hidráulica, Potencia al freno.
12. Definición de NPSH, Cavitación.
13. NPSH requerido, NPSH disponible.
14. Diferentes esquemas de succión.
15. Leyes de afinidad.
16. Curva del sistema, punto de operación o caudal óptimo.
17. Operación de bombas en serie y en paralelo.
18. Especificaciones para adquisición.
19. Aplicaciones. Ejemplos.

## **Unidad VII. Flujo Compresible y Compresores**

1. Flujo compresible a Bajas Velocidades y Altas Velocidades.
2. Ecuación de Bernoulli: Balance de energía mecánica.
3. Ecuaciones empíricas de uso práctico: Weymouth, Panhandle, Spitzglass, Babcock, etc.
4. Caídas de Presión en tuberías y ductos fluyendo gases o vapores a altas presiones.
5. Velocidad del sonido.
6. Número de Mach.
7. Aplicaciones. Ejemplos.
8. Toberas convergentes y divergentes. Propiedades de estancamiento, propiedades críticas ( $Ma=1$ ). Ecuaciones para cálculos de propiedades.
9. Tipos de compresores: Desplazamiento positivo y centrífugos.
10. Proceso de compresión, Relación PVT.
11. Compresión isotérmica, Compresión adiabática, compresión politrópica.
12. Compresión por etapa. Relación de compresión.
13. Caso Ideal, caso real, relación PVT.
14. Cálculo de potencia, Cálculo de temperaturas de descarga.
15. Cálculo de compresores utilizando Diagrama de Molliere.

## **Unidad VIII. Flujo a Dos Fases**

1. Sistemas líquido –vapor.
2. Patrones de flujo. Mapa de Baker.
3. Correlaciones Lockhart Martinelli.
4. Regímenes de flujo ascendente y descendente.  
Diseño del diámetro de tuberías para flujo a dos fases.

### **4.3.- Análisis de la Congruencia Vertical**

De los temas anteriores de la materia de flujo de fluidos, se relacionan con los objetivos de las materias antecedentes y consecuentes, las cuales son:

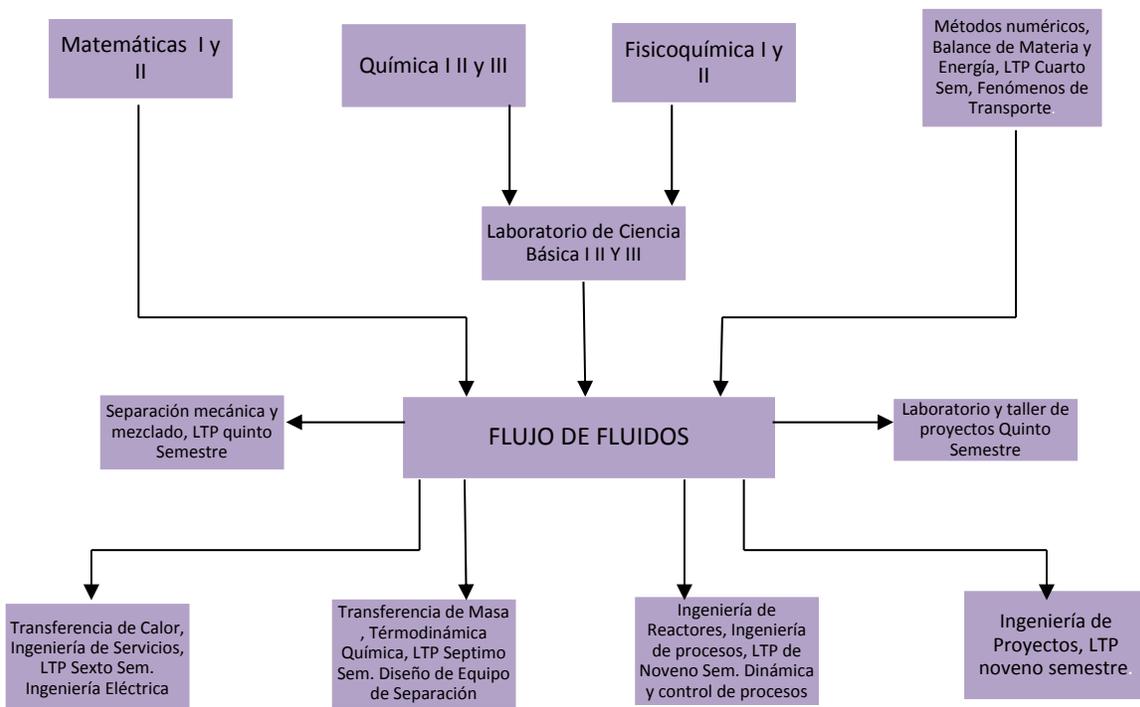
En el Análisis Vectorial con la materia de Fenómenos de Transporte, Matemáticas I, Matemáticas II ya que se manejan cálculos de tuberías, bombas y la aplicación de Ecuaciones Diferenciales, en los Métodos Numéricos calculando por iteraciones dimensiones de tuberías en los problemas de aplicación, ya que se llevan a cabo ciertas operaciones matemáticas que involucran esta materia.

La asignatura se ubica en el módulo “Manejo de Materiales” del 5° semestre de la carrera de Ingeniería Química, en una relación vertical con los conocimientos básicos previos como Matemáticas, Química y Físicoquímicas del Ciclo Básico; así como Balance de Masa y Energía, Química Industrial, Métodos Numéricos y Laboratorio y Taller de Proyectos del módulo de “Análisis de Procesos” del 4° semestre.

Se hace énfasis de que es imprescindible que se requieren los conocimientos de Fisicoquímica, propiedades de sustancias puras, ciclos Termodinámicos, Balances de Masa y Energía, Diseño de Equipo, Operaciones Unitarias, y elaboración de diagramas de proceso. La asignatura de Ingeniería de Servicios junto con las asignaturas de Ingeniería Eléctrica y Transferencia de Calor forman la parte teórica del módulo de manejo de energía.

El contenido de la asignatura de Flujo de Fluidos pretende que el alumno adquiera el conocimiento necesario del cual se hablo anteriormente para que se pueda entender totalmente las materias que siguen en el sexto semestre de la carrera de Ingeniería Química, realmente en los temas analizados existe la lógica que debe existir en el seguimiento del plan de estudios, ya que se relacionan totalmente, tanto las materia previas del cuarto semestre como las del sexto semestre, que en conjunto constituyen los módulos de Análisis de procesos y Manejo de Energía.

**4.3. Figura que presenta la relación vertical de Flujo de Fluidos con las demás materias, y las que pertenecen al mismo semestre**



## **5.- Congruencia Horizontal, de los contenidos de la asignatura con otras asignaturas del mismo Módulo.**

Este módulo está orientado a familiarizar al alumno en la selección y diseño del equipo y los sistemas relacionados con el manejo de materiales en una planta de proceso, así como en algunos aspectos prácticos para su operación y mantenimiento.

### **5.1. Objetivos Generales del Semestre**

Los objetivos que se pretende alcanzar en este módulo son:

- Diseño Termodinámico de recipientes y columnas cálculo de estructuras y cimentaciones.
- Selección de materiales de construcción.
- Diseño y selección de equipo de transporte de sólidos.
- Diseño de redes de tuberías.
- Diseño y selección de accesorios y equipo para el transporte de fluidos.
- Diseño y selección de equipo de separación mecánica de fases.
- Diseño y selección de equipo de agitación y mezclado.
- Operación y mantenimiento de equipo y sistemas de manejo de materiales.

De los contenidos del programa de la asignatura de Flujo de Fluidos mencionados y escritos anteriormente, se relacionaran con los contenidos de los temas de las materias horizontales que se encuentran en el mismo semestre: Separación Mecánica y Mezclado, Diseño de equipo y LTP.

### **5.2. Separación Mecánica y Mezclado.**

#### **5.2.1. Objetivo General:**

Para separar o combinar eficientemente los componentes de una mezcla es importante determinar los tipos de interacción que se pueden presentar a nivel molecular. Tomando como fundamento los principios de la mecánica de partículas y fenómenos de superficie, el alumno deberá aplicar los conocimientos y habilidades necesarias en los procesos de separación mecánica y mezclado así como el equipo de mayor interés industrial.

### **5.2.2. Objetivos Específicos**

- Utilizar y determinar las propiedades de los cuerpos sólidos, refiriendo su importancia en los procedimientos de las operaciones unitarias básicas de la ingeniería química.
- Identificar y aplicar los elementos básicos para el cálculo de las principales variables involucradas en la reducción del tamaño de partículas, así como el análisis de los principales equipos encontrados en los procesos industriales.
- Identificar y aplicar los elementos básicos para el cálculo de las principales variables involucradas en la dinámica de partículas y procesos de sedimentación, utilizados en la industria.

### **5.2.3. Temas y subtemas.**

#### 1.-Separación de partículas

#### 2.- Molienda y Separación Gravitatoria de Partículas.

- Tipos de separación. Clasificación.
- Propiedades de los cuerpos sólidos.
- Medición de tamaño de partículas. Tamizado. Equipo industrial.
- Reducción de tamaño de partículas. Molienda. Equipo industrial.
- Mecánica de partículas sólidas en un fluido. Dinámica de una partícula.
- Sedimentación. Equipo industrial.

#### 3.- Propiedades Interfaciales y Separación de Fases.

- Propiedades interfaciales de sistemas líquido-gas, líquido-líquido y sólido-líquido.
- Interfase líquido-gas. Tensión superficial.
- Interfase líquido-líquido. Tensión interfacial.
- Interfase sólido-líquido. Ángulo de contacto. Mojado.
- Suspensiones y coloides.
- Flotación de minerales. Agentes de flotación. Equipo industrial.
- Floculación.
- Emulsiones.
- Decantación. Equipo industrial (gravedad, centrífugo).

#### 4.-Separación Centrífuga, Fluidización y Filtración.

- Separación centrífuga. Equipo industrial (ciclones).

- Separación por choque. Equipo industrial.
- Fluidización. Equipo industrial.
- Separación electrostática. Equipo industrial.
- Filtración. Equipo industrial.

## 5.- Agitación y Mezclado.

- Agitación. Clasificación. Equipo industrial.
- Mezclado de líquidos, sólidos, gases y pastas.
- Tipos de mezcladores. Equipo industrial.
- Velocidad de mezclado.
- Diseño de mezcladores.
- Dispersión. Características.

### **5.3. Diseño de Equipo.**

#### **5.3.1. Objetivo general:**

Como parte integral del problema de manejo de materiales, es importante diseñar, las tuberías y recipientes que se emplean para el transporte y almacenamiento de los fluidos, tomando en cuenta los materiales que los componen y los diferentes fenómenos que en ellos pudieran presentarse. A partir de la selección adecuada de los materiales necesarios, el alumno será capaz de diseñar mecánicamente el equipo de proceso considerando las características físicas y químicas de los fluidos, características de la cimentación del mismo así como las pruebas que deban verificarse.

#### **5.3.2. Objetivos Específicos:**

- Explicar el comportamiento mecánico de los materiales, a través del conocimiento de los conceptos como: comportamiento elástico, comportamiento plástico, esfuerzo, deformación, fallas, pruebas mecánicas y curvas esfuerzo- deformación, de los diferentes materiales, con el propósito de obtener los conocimientos que serán necesarios para comprender la teoría que aplica a tanques y tuberías sujetas a presión.
- Seleccionar los materiales de construcción para recipientes y tuberías apropiados, a través del conocimiento de la clasificación, propiedades mecánicas, propiedades

químicas y recomendaciones de los materiales, para su aplicación en el cálculo y construcción de los recipientes y tuberías a presión.

- Calcular el espesor de recipientes a presión interna y externa, mediante las teorías aplicables a cilindros de pared delgada, códigos y normas de diseño de los recipientes a presión y especificación correcta de los materiales de construcción, para su utilización en los diseños óptimos de las plantas de procesos químicos.
  
- Calcular el espesor de tuberías de pared gruesa o delgada sujetas a presión interna, mediante las teorías aplicables a cilindros de pared delgada ó gruesa, códigos y normas de diseño de tuberías y especificación correcta de los materiales de construcción de las mismas, para su utilización en los diseños óptimos de las plantas de procesos químicos.
  
- Calcular el tamaño adecuado de válvulas de seguridad y alivio y especificarlas adecuadamente, mediante la aplicación de los códigos y normas, de tal manera que se utilicen para garantizar la seguridad de los recipientes y tuberías sujetas a presión.

### **5.3.3. Temas y subtemas.**

#### 1. Introducción:

- 1.1. Propiedades mecánicas de los cuerpos.
- 1.2. Propiedades del área de sección.

#### 2. Cálculo de secciones de elementos sujetos a esfuerzos simples:

- 2.1. Tensión pura.
- 2.2. Compresión pura.
- 2.3. Armaduras planas.

#### 3. Vigas:

- 3.1 Clasificación.
- 3.2 Reacciones.
- 3.3 Flexión.
- 3.4 Selección de perfiles.

#### 4. Otros tipos de esfuerzos:

- 4.1 Torsión.
- 4.2 Tanques cilíndricos de pared delgada. Esfuerzos en secciones transversales y longitudinales. Espesor de la Pared.
- 4.3 Tanques esféricos. Uniones.
- 4.4 Diseño de columnas.
- 4.5 Esfuerzos de origen térmico. Dilatación térmica, total y unitaria.

#### 5. Materiales de construcción:

- 5.1 Propiedades mecánicas.
- 5.2 Propiedades químicas. Corrosión.

#### 6. Diseño de recipientes a presión:

- 6.1 Presión de diseño.
- 6.2 Espesor de las paredes. (Presiones internas y externas).
- 6.3 Estabilidad elástica. (Espesores mínimos).
- 6.4 Soportes.

#### 7. Diseño para tensión, compresión, flexión y corte:

- 7.1 Análisis estructural.
- 7.2 Vigas.
- 7.3 Placas.
- 7.4 Columnas.
- 7.5 Flechas.
- 7.6 Tuberías.

#### 8. Transportadores de Materiales:

- 8.1 Fundamentos.
- 8.2 Desplazamientos horizontales, verticales y combinados.
- 8.3 Clasificación de transportadores (banda, rodillos, cadenas, canjilones, neumáticos, etc.).

#### 9. Montaje de Equipo

- 9.1 Cimentación. Características.
- 9.2 Anclaje.
- 9.3 Herramientas e instrumentos de montaje.

## 10. Medidas de seguridad:

- 10.1 Pruebas hidrostáticas.
- 10.2 Válvulas de seguridad y alivio.
- 10.3 Inspección y pruebas.

## **5.4. Laboratorio y Taller de Proyectos Quinto Semestre (LTP)**

### **5.4.1. Objetivo general:**

Conjuntar y aplicar los conocimientos adquiridos en el módulo “Manejo de Materiales” para seleccionar, dimensionar y diseñar los equipos de separación mecánica y mezclado, flujo de fluidos utilizados en los procesos industriales para atender una situación industrial o problemática social real.

### **5.4.2. Objetivos específicos:**

- Introducir las definiciones y conceptos básicos necesarios para fundamentar el curso, enfatizando acerca del desarrollo de proyectos así como de los objetivos del módulo.
- Revisar algunos procesos industriales que involucren equipos mecánicos de mezclado y/o transporte de fluidos y/o sistemas de separación mecánica.
- Analizar las especificaciones y normas para el diseño de equipos de un proceso previamente seleccionado desde el punto de vista mecánico.
- Dimensionar el equipo para el proceso seleccionado.

### **5.4.3. Temas y subtemas.**

#### 1. Definiciones y conceptos básicos (Etapas de un proyecto y técnicas de programación)

- 1.1. Importancia del desarrollo de un proyecto
- 1.2. Técnicas de programación de proyecto
- 1.3. Conceptos: diseño mecánico
- 1.4. Revisión de las Normas técnicas relacionadas al diseño mecánico.

#### 2. Selección y diseño de los sistemas de manejo de materiales en la industria química de procesos.

- 2.1 Revisar y seleccionar un proceso industrial
- 2.2 Identificación de los equipos requeridos en el proceso industrial
- 2.3 Conocer el funcionamiento de los equipos en algunos casos con apoyo experimental.

### 3. Selección y diseño de sistemas de separación mecánica y mezclado en la industria química de procesos

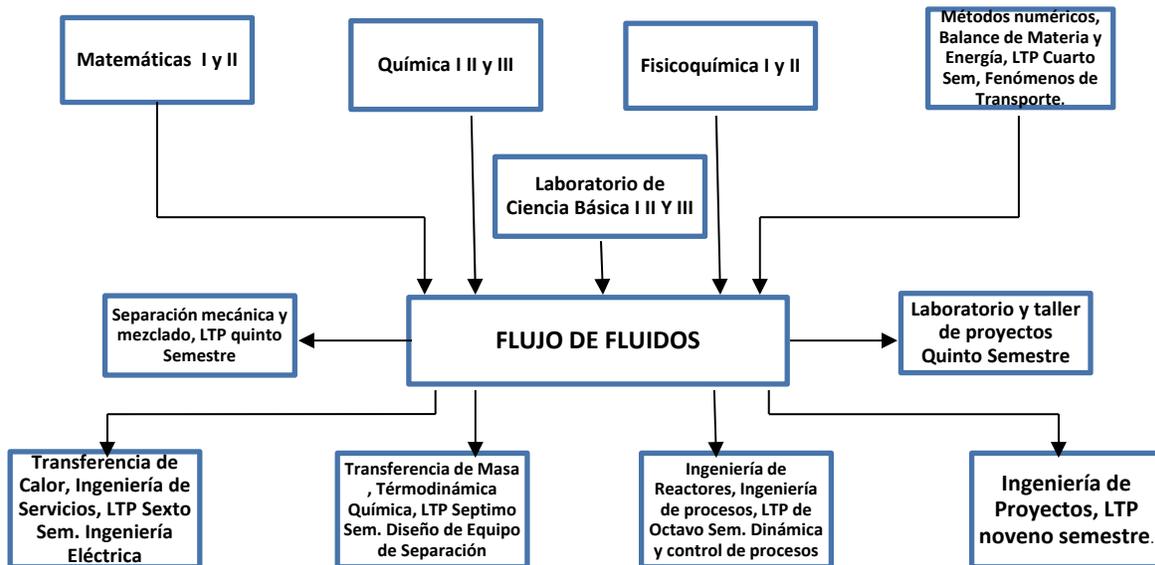
- 3.1 Conocer las propiedades físicas y químicas de los materiales de construcción de los equipos
- 3.2 Criterios de selección de materiales
- 3.3 Métodos de cálculo

### 4. Dimensionamiento de equipo.

- 4.1 Equipos de separación mecánica y/o transporte de fluidos y/o mezclado
- 4.2 Metodologías de cálculo.

Como podemos observar todas estas materias están relacionadas entre sí y los objetivos están vinculados, en cada una, ya que la finalidad como habíamos estudiado es el manejo de materiales, por lo que hay una total relación en el mismo módulo.

**Diagrama que presenta la relación Horizontal de Flujo de Fluidos con las demás Asignaturas de la carrera de Ingeniería Química.**



**Capítulo 6.- Distribución de las cargas horarias para desarrollar cada tema del programa.**

**Tabla 1.**

	Temas de Estudio	Horas Teóricas	Horas Prácticas
1	Introducción	15T	6P
2	Cinemática y Dinámica de los Fluidos	5T	2P
3	Flujo Incompresible	20T	8P
4	Medición y Control	5T	2P
5	Equipo de manejo de fluidos	15T	6P
6	Flujo a Dos Fases	20T	8P
Total de horas:		80T	32P
Suma total de horas:		112	

**Comentario 6.1:**

El campo de acción profesional y laboral de un ingeniero químico es muy amplio, lo que determina que su perfil profesional también lo sea. De manera general se puede decir que el ingeniero químico es el profesional de la ingeniería con los conocimientos necesarios para resolver los problemas que se presentan en el diseño y administración de los procesos químicos industriales. Las principales áreas que cubre el egresado de la carrera de Ingeniería Química de la FES Zaragoza son:

- A) Manejo y control de plantas industriales de proceso
- B) Desarrollo de proyectos para la industria de procesos químicos
- C) Servicios técnicos de asesoría.

Por lo consiguiente en base a esta carga de horas, se dividen en teoría y práctica, con las áreas que se describen anteriormente en la materia de Flujo de Fluidos se le da más importancia al flujo incompresible y a dos fases debido a los temas que se tratan específicamente y a criterio propio, están bien distribuidas para poder aprovechar al máximo el aprendizaje de la materia, de hecho la formación del Ingeniero Químico Zaragozano está enfocada al máximo aprovechamiento en la

industria Mexicana ya que su formación esta para desempeñar varias actividades enfocadas a las necesidades de las empresas de la industria de la transformación, así como de PEMEX.

### *7.- Análisis de las estrategias didácticas.*

Se sugiere para las actividades teóricas, aquéllas que propicien el desarrollo de habilidades intelectuales tales como: investigación bibliográfica y hemerográfica, análisis de casos, solución de problemas, taller, discusión dirigida, debates y otras dinámicas grupales.

Exposición oral

Ejercicios dentro de clase

Lecturas comentadas

Trabajos de equipo (investigación).

Una manera perfecta que propongo para poder asimilar el aprendizaje de la materia de Flujo de Fluidos, ahora que hay mas divulgación por internet es el acudir a conferencias, eventos que estén relacionados con diseño de tuberías, bombas etc, ya que hay expertos en la materia que pueden nutrir realmente más la parte aplicada a lo real, a lo que se ve en campo y sobre todo analizar los resultados que nos pueden arrojar los cálculos de diseño, tanto en tuberías como en la selección correcta de bombas para ciertos fluidos, ya sea con viscosidades altas o bajas, tipos de fluidos a ocupar, así de esta manera podremos adquirir una experiencia real que nos pueda servir como capacitación que enriquezca nuestro currículum académico.

### *8.- Análisis de los instrumentos de evaluación.*

La evaluación se sustenta en la aprobación progresiva de los contenidos temáticos a partir de la problematización, asimilación, reflexión e interiorización, generando no solo nuevas estructuras mentales, sino nuevas actitudes críticas y creativas, base del aprendizaje significativo.

Se sugiere las siguientes técnicas: resolución de problemas, exposición, exámenes escritos.

Exámenes parciales 60%

Exámenes finales 80%

Trabajos y tareas fuera del aula 50%

Participación en clase. 40%

En el ámbito de la evaluación, son adecuados los instrumentos, además de complementarlos con trabajos extras que sirvan para aumentar la calificación en la materia puntos extras, información teórica que nos va a complementar mas el conocimiento para las evaluaciones del docente dentro del aula.

**9.- Análisis del perfil Profesiográfico.**

Ingeniero Químico o carrera afín para impartir la asignatura, preferentemente con estudios de posgrado, 2 años de experiencia docente y/o cursos equivalentes, que tenga experiencia laboral en la Industria, de preferencia relacionado con el tema de Mecánica de Fluidos y en su caso, amplia experiencia en Bombas.

**10.- Anexo de Materias que se llevaron durante el “Seminario de Titulación para Egresados de la Carrera de Ingeniería Química”.**

<b>SESIONES</b>	<b>MATERIA</b>	<b>PONENTE (S)</b>
1	Matemáticas	Carlos Martínez Gómez
2	Química Inorgánica y Orgánica	Ángel Zamorano Marina Caballero Díaz.
3	Fisicoquímica	Erik Abel de los Santos Mata.
4	Fenómenos de Transporte	Carlos Martínez Gómez
5	Balances de Masa y Energía	Roberto Mendoza Serna
6	Flujo de Fluidos	Dominga Ortiz Bautista
7	Transferencia de Masa	Néstor Noé López Castillo
8	Termodinámica Química	Alejandro Juvenal Guzmán

9	Dinámica y Control de Procesos	Eduardo Vázquez Zamora
10	Ingeniería de Reactores	Francisco Vidal Caballero
11	Ingeniería de Procesos	Francisco Vidal Caballero
12	Laboratorio y Taller de Proyectos	Raúl Ramón Mora Hernández

### 11.- Conclusiones del Trabajo en General

Durante la crítica desarrollada en el presente trabajo, a la materia de Flujo de Fluidos perteneciente al quinto Semestre de la carrera de Ingeniería Química, se concluye:

- El plan de estudio de la Materia es completo y abarca los temas que se deben de estudiar a lo largo del Semestre, se debe de tomar en cuenta la habilidad del alumno y sobre todo, como se mencionó anteriormente las bases Matemáticas que posea ya que se requiere de llevar a cabo cálculos avanzados y es necesario de la comprensión total en los temas dados en clase para su total entendimiento y el éxito sea total en las evaluaciones.
- De los seis temas principales que se imparten durante el semestre en la materia, hago referencia a que la distribución de la carga horaria, tanto en práctica como teoría es adecuada, tomando en cuenta que se hace la propuesta de impartir un laboratorio de Flujo de Fluidos dedicado especialmente, a desarrollar los experimentos propuestos en la bibliografía recomendada y así reforzar mas los conocimientos adquiridos por los alumnos en la materia en general.
- Es importante dominar todos los conocimientos que se aprenden a lo largo de la enseñanza de la materia, ya que es básico, como Ingeniero Químico Egresado de la Fes Zaragoza el saber Mecánica de Fluidos, y sobre todo es una gran parte medular del desarrollo como Profesionista en cualquier ámbito de la Industria, ya sea de la transformación o la Petroquímica.
- Retomando la esencia de la crítica al programa de la asignatura Flujo de Fluidos, en lo particular la opinión que tengo sobre la enseñanza y los conocimientos que adquirí en el aula, son bastante completos ya que me ha permitido entender conceptos en el ámbito laboral de una manera más amplia y concisa, el manejo de tablas y sobre todo la destreza de manejar el equipo involucrado en el tema estudiado.

- Puede concluirse que este proyecto muestra la importancia de la materia de Flujo de Fluidos en la Ingeniería Química, los temas involucrados y las propuestas realizadas al plan de estudio de la asignatura, ya que realmente lo que se abarca en las clases es bastante completo, solo hace falta detallar algunos puntos en ciertos apartados que ya sobre la marcha serán totalmente resueltos.

## 10.- Bibliografía.

La bibliografía recomendada ampliamente para tener todo el conocimiento de la asignatura es la siguiente:

1. Sissom L.E. (1972), *Elements of Transport Phenomena*, McGraw-Hill, Japan, p. 814.
2. Levenspiel Octave, (1996), *Flujo de Fluidos e Intercambio de Calor*, Ed. Reverté, España.
3. Viejo Zubicaray Manuel, (2000), *Bombas (Teoría, Diseño y Aplicaciones)*, 2a ed., Limusa. México.
4. Streeter. L. Victor, (1970), *Mecánica de Fluidos*, .9a ed., McGraw-Hill Interamericana, Colombia.
5. CRANE. (2009), *Flow of Fluids through Valves Fittings and Pipe*. Technical Paper No. 410.
6. Ludwig E.E. (1993), *Applied Process Design for Chemical And Petrochemical Plants*. Vol. I y III. Second edition Gulf Publishing Company, USA.
7. L. Moot Robert. *Mecánica de Fluidos* Sexta edición. Editorial Pearson año 2006.
8. Green Richard W. (1992), *Compresores Selección, Uso y Mantenimiento*, McGraw-Hill Interamericana. México.
9. Shames Irving H.. (1967), *La Mecánica de los Fluidos*, McGraw-Hill. México.

10. M. Fogiel. (2000), *The Fluid Mechanics and Dynamics Problem Solver*. Research & Education Association. USA.
11. Munson; Young; Okiishi, *Fundamentos de Mecánica de Fluidos*, editorial Limusa Wiley Año 2003.
12. Cengel Yunus A; Cimbala John M, *Mecánica de Fluidos Fundamentos y Aplicaciones* segunda edición editorial Mc Graw Hill. Año 2010.
13. Janna William S. *Introduction to Fluid Mechanics* Edit. Pws Publishing Company (1993)
14. Potter Merle C; Wiggert David C, *Mecánica de Fluidos* Tercera edición. Edit. Thomson Año 2002.
15. Brown N. Royce. *Compressors Selection & Sizing*. Gulf Publishing Company USA 1986.
16. Bird R.B. *Fenómenos de Transporte*. Editorial Reverté
17. Perry J.H *Chemical Engineers Handbook* Mc Graw Hill.

La bibliografía es la más básica ya que existen muchos más libros de Flujo de Fluidos tanto en inglés y español y considero que es la más apropiada para estudiar la materia.