

## 1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura :	<b>Instrumentación y Control</b>
Carrera :	<b>Ingeniería Mecánica</b>
Clave de la asignatura :	<b>MEF-1015</b>
SATCA <sup>1</sup>	<b>3-2-5</b>

## 2.- PRESENTACIÓN

### **Caracterización de la asignatura.**

Esta asignatura que es vital para todo ingeniero, aporta al perfil del Ingeniero Mecánico la capacidad de aplicar la instrumentación en los procesos de producción industrial para hacer las mediciones correspondientes de las diferentes variables físicas que intervienen. Lo sensibilizan y le da conocimientos para hacer un uso eficiente de la energía utilizando control en los procesos, utilizando los transmisores, controladores y elementos finales de control.

Para integrarlo se ha hecho un análisis del campo de la instrumentación y el control de procesos, identificando las herramientas que tienen una mayor aplicación en el quehacer profesional del ingeniero Mecánico.

Puesto que esta materia dará soporte a otras, más directamente vinculadas con desempeños profesionales; se inserta en el sexto semestre de la trayectoria escolar; antes de cursar aquéllas a las que da soporte y posterior de temas previos a esta. De manera particular, lo trabajado en esta asignatura se aplica en el estudio de los temas que involucran las áreas de maquinas de fluidos compresibles e incompresibles, refrigeración, diseño, entre otras.

### **Intención didáctica.**

Se organiza el temario, en cinco unidades, agrupando los contenidos conceptuales de la asignatura en la primeras tres unidades; como son los conceptos fundamentales utilizados en la instrumentación, el conocimiento de los diferentes sensores y/o transmisores empleados en el monitoreo de las variables físicas que intervienen en los procesos industriales, se incluye una cuarta unidad que se destina a la aplicación de los conceptos abordados en las unidades anteriores.

En la primera unidad se analiza primeramente los conceptos básicos en el campo de la instrumentación, las variables principales, elementos, instrumentos de medición, la forma en que se determinan los errores de medición y finalmente la simbología empleada para la interpretación correcta de los instrumentos empleados en este campo.

En la segunda unidad se estudiarán los sensores tanto binarios como analógicos que se utilizan comúnmente, indicando sus características técnicas, y como se deben de seleccionar, para las diversas variables físicas existentes en los sistemas industriales, de esta manera se podrá conocer el nivel que tiene dicha variable en el proceso.

Se abordarán reiteradamente los conceptos fundamentales hasta conseguir su

---

<sup>1</sup> Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

comprensión. Se propone abordar los sensores desde un punto de vista conceptual, partiendo de la identificación de cada uno de dichos sensores en el entorno industrial. En los temas de transmisores es indispensable el establecer los diversos tipos de protocolos de comunicación en la instrumentación y analizar los transmisores básicos y complejos existentes.

Para la tercera unidad se propone la utilización práctica de los conceptos de manera que se puedan efectuar los diversos sistemas de control, desde el básico ON-OFF hasta los complejos controles existentes en la actualidad, analizando las ventajas y desventajas que cada uno de estos controles tiene indicando cuando se deberá de emplear cada uno de ellos. Para que estos controlen adecuadamente el proceso, es indispensable la realización de una calibración adecuada, es por esto que se anexan temas para una adecuada calibración de los instrumentos de medición que deberán de ser aplicados en cada proceso.

Se sugiere una actividad en equipo, en la cuarta unidad, que permita aplicar los conceptos estudiados en las unidades anteriores en la realización de un control real. Esto permite dar un realce a la materia mostrándola como útil por sí misma en el desempeño profesional, independientemente de la utilidad que representa en el tratamiento de temas en materias posteriores. Es de suma importancia la aplicación de software para verificar la correcta funcionalidad del sistema de control antes de implementarlo en forma real.

En la quinta unidad se analizan los elementos finales de control, como lo son los diversos tipos de válvulas, para completar lazos de control para la instrumentación, es importante para esta unidad, conocer los diversos tipos de válvulas que se emplean y la aplicación de la mismas, como elementos finales de control. Es también importante el tipo de actuador y la variable que lo controla ya que es el que hace la sobre la válvula la acción final y mantiene al proceso en control.

El enfoque sugerido para la materia requiere que las actividades prácticas promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: identificación, manejo y control de variables y datos relevantes; planteamiento de hipótesis; trabajo en equipo; asimismo, propicien procesos intelectuales como inducción-deducción y análisis-síntesis con la intención de generar una actividad intelectual compleja; por esta razón varias de las actividades prácticas se han descrito como actividades previas al tratamiento teórico de los temas, de manera que no sean una mera corroboración de lo visto previamente en clase, sino una oportunidad para conceptualizar a partir de lo observado. En las actividades prácticas sugeridas, es conveniente que el profesor busque sólo guiar a sus alumnos para que ellos hagan la elección de las variables a controlar y registrar. Para que aprendan a planificar, que no planifique el profesor todo por ellos, sino involucrarlos en el proceso de planeación.

La lista de actividades de aprendizaje no es exhaustiva, se sugieren sobre todo las necesarias para hacer más significativo y efectivo el aprendizaje. Algunas de las actividades sugeridas pueden hacerse como actividad extra clase y comenzar el tratamiento en clase a partir de la discusión de los resultados de las observaciones. Se busca partir de experiencias concretas, cotidianas, para que el estudiante se acostumbre a reconocer los fenómenos físicos en su alrededor y no sólo se hable de ellos en el aula. Es importante ofrecer escenarios distintos, ya sean construidos, artificiales, virtuales o naturales

En las actividades de aprendizaje sugeridas, generalmente se propone la formalización de los conceptos a partir de experiencias concretas; se busca que el alumno tenga el primer

contacto con el concepto en forma concreta y sea a través de la observación, la reflexión y la discusión que se dé la formalización; la resolución de problemas se hará después de este proceso. Esta resolución de problemas no se especifica en la descripción de actividades, por ser más familiar en el desarrollo de cualquier curso. Pero se sugiere que se diseñen problemas con datos faltantes o sobrantes de manera que el alumno se ejercite en la identificación de datos relevantes y elaboración de supuestos.

En el transcurso de las actividades programadas es muy importante que el estudiante aprenda a valorar las actividades que lleva a cabo y entienda que está construyendo su hacer futuro y en consecuencia actúe de una manera profesional; de igual manera, aprecie la importancia del conocimiento y los hábitos de trabajo; desarrolle la precisión y la curiosidad, la puntualidad, el entusiasmo y el interés, la tenacidad, la flexibilidad y la autonomía.

Es necesario que el profesor ponga atención y cuidado en estos aspectos en el desarrollo de las actividades de aprendizaje de esta asignatura.

### 3.- COMPETENCIAS A DESARROLLAR

<p><b>Competencias específicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Seleccionar y emplear los diferentes instrumentos de medición en sistemas de monitoreo y control de variables físicas de procesos industriales.</li></ul>	<p><b>Competencias genéricas:</b></p> <p><u>Competencias instrumentales</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Capacidad de análisis y síntesis</li><li>• Capacidad de organizar y planificar</li><li>• Conocimientos básicos de la carrera</li><li>• Comunicación oral y escrita</li><li>• Habilidades básicas de manejo de la computadora</li><li>• Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas</li><li>• Solución de problemas</li><li>• Toma de decisiones.</li></ul> <p><u>Competencias interpersonales</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Capacidad crítica y autocrítica</li><li>• Trabajo en equipo</li><li>• Habilidades interpersonales.</li></ul> <p><u>Competencias sistémicas</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica</li><li>• Habilidades de investigación</li><li>• Capacidad de aprender</li><li>• Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad)</li><li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma</li><li>• Búsqueda del logro.</li></ul>	
---	--	--

#### 4.- HISTORIA DEL PROGRAMA

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
<p>Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec del 9 al 13 de noviembre de 2009.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de:                      Aguascalientes, Superior de Alvarado, Boca del Río, Campeche, Celaya, Ciudad Guzmán, Ciudad Juárez, Superior de Ciudad Serdán, Ciudad Victoria, Superior de Coahuila de Zaragoza, Culiacán, Durango, Estudios Superiores de Ecatepec, Hermosillo, La Laguna, Mérida, Superior de Monclova, Orizaba, Pachuca, Saltillo, San Luis Potosí, Superior de Tepexi de Rodríguez y Tuxtla Gutiérrez.</p>	<p>Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Mecánica.</p>
<p>Desarrollo de Programas en Competencias Profesionales por los Institutos Tecnológicos del 16 de noviembre de 2009 al 26 de mayo de 2010.</p>	<p>Academias de Ingeniería Mecánica de los Institutos Tecnológicos de:                      Ciudad Juárez, Mérida, Superior de Coahuila de Zaragoza, Hermosillo, Aguascalientes y Estudios Superiores de Ecatepec.</p>	<p>Elaboración del programa de estudio propuesto en la Reunión Nacional de Diseño Curricular de la Carrera de Ingeniería Mecánica.</p>
<p>Instituto Tecnológico de Zacatecas del 12 al 16 de abril de 2010.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de:                      Aguascalientes, Superior de Alvarado, Boca del Río, Campeche, Celaya, Ciudad Guzmán, Ciudad Juárez, Superior de Ciudad Serdán, Ciudad Victoria, Superior de Coahuila de Zaragoza, Culiacán, Durango Estudios Superiores de Ecatepec, Hermosillo, La Laguna, La Piedad, Mérida, Superior de Monclova, Orizaba, Pachuca, Saltillo, San Luis Potosí, Superior de Tepexi de Rodríguez y Tuxtla Gutiérrez.</p>	<p>Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Mecánica.</p>

## 5.- OBJETIVO GENERAL DEL CURSO

Seleccionar y aplicar los diferentes instrumentos de medición en sistemas de monitoreo y control de variables físicas de procesos industriales.

## 6.- COMPETENCIAS PREVIAS

- Conocer y aplicar los principios de la Hidrostática.
- Conocer y aplicar las Ecuaciones Fundamentales de la Hidrodinámica, a procesos de flujo de fluidos.
- Conocer y aplicar los principios de la Teoría Electromagnética.
- Conocer y aplicar las normas internacionales sobre automatización y control (ISO y DIN).
- Conocer los principios de vibraciones mecánicas.
- Conocer los principios del análisis de circuitos eléctricos.
- Realizar modelos de sistemas eléctricos y mecánicos.

## 7.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1.	Objetivos de la instrumentación	<ul style="list-style-type: none"><li>1.1. Terminología de la Instrumentación<ul style="list-style-type: none"><li>1.1.1. Campo</li><li>1.1.2. Rango</li><li>1.1.3. Exactitud</li><li>1.1.4. Precisión</li><li>1.1.5. Repetibilidad</li><li>1.1.6. Histéresis.</li><li>1.1.7. Supresión del Cero</li><li>1.1.8. Resolución</li></ul></li><li>1.2. Variables<ul style="list-style-type: none"><li>1.2.1. Variable de control.</li><li>1.2.2. Variable controlada.</li><li>1.2.3. Variable incontrolada (wild).</li></ul></li><li>1.3. Elementos<ul style="list-style-type: none"><li>1.3.1. Elementos primarios.</li><li>1.3.2. Elementos secundarios.</li><li>1.3.3. Elementos terciarios o de control final.</li></ul></li><li>1.4. Instrumentos de medición y errores<ul style="list-style-type: none"><li>1.4.1. Clasificación de Instrumentos de Medición.</li><li>1.4.2. Errores de paralaje.</li><li>1.4.3. Errores de escala (exactitud).</li><li>1.4.4. Errores de proceso (montaje).</li><li>1.4.5. Errores de calibración.</li></ul></li><li>1.5. Simbología<ul style="list-style-type: none"><li>1.5.1. Simbología ISA.</li><li>1.5.2. Letras de identificación.</li><li>1.5.3. Simbología de señalización.</li><li>1.5.4. Códigos colores.</li></ul></li></ul>
2.	Sensores	<ul style="list-style-type: none"><li>2.1. Sensores y/o transmisores de posición binarios</li></ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>2.1.1. Final de carrera.</li> <li>2.1.2. Mecánicos.</li> <li>2.1.3. Eléctricos.</li> <li>2.1.4. Fotoeléctricos.</li> <li>2.1.5. Ultrasónicos.</li> <li>2.1.6. Inductivos y capacitivos.</li> <li>2.1.7. Sensores y/o transmisores analógicos</li> <li>2.1.8. Sensores de posición proporcionales.</li> <li>2.1.9. Sensores de velocidad y aceleración</li> <li>2.1.10. Sensores de fuerza, par y deformación.</li> <li>2.1.11. Sistemas de medición de coordenadas y sistemas de visión.</li> </ul>
3.	Introducción a la teoría de control	<ul style="list-style-type: none"> <li>3.1. Aplicaciones de los sistemas de control</li> <li>3.2. Sistemas en lazo abierto y lazo cerrado</li> <li>3.3. Modos de control.</li> <li>3.4. On – Off (abierto – cerrado).</li> <li>3.5. On – Off con banda de histéresis.</li> <li>3.6. Proporcional.</li> <li>3.7. Proporcional + integral.</li> <li>3.8. Proporcional+derivativo.</li> <li>3.9. Proporcional + integral +derivativo.</li> <li>3.10. Sintonización de controladores.</li> <li>3.11. Calibración en campo (ajuste).</li> <li>3.12. Calibración en taller.</li> </ul>
4.	Aplicaciones de control	<ul style="list-style-type: none"> <li>4.1. Controladores de Temperatura</li> <li>4.2. Controladores de Presión</li> <li>4.3. Controladores Flujo</li> <li>4.4. Controladores de Nivel.</li> <li>4.5. Implementación en Simulink</li> </ul>
5.	Elementos finales de control	<ul style="list-style-type: none"> <li>5.1. Generalidades</li> <li>5.2. Tipos <ul style="list-style-type: none"> <li>5.2.1. Válvulas lineales y rotativos</li> <li>5.2.2. Válvulas de apertura rápida.</li> <li>5.2.3. Válvulas isoporcentuales.</li> <li>5.2.4. Válvulas de solenoide.</li> </ul> </li> <li>5.3. Actuadores (servomotores) <ul style="list-style-type: none"> <li>5.3.1. Mecánicos.</li> <li>5.3.2. Neumáticos</li> <li>5.3.3. Hidráulicos.</li> <li>5.3.4. Eléctricos.</li> </ul> </li> </ul>

## 8.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

El docente debe:

- Elaborar e interpretar, en forma oral, escrita y gráfica: informes, propuestas y análisis de ingeniería relacionadas con la instrumentación y control.
- Utilizar el pensamiento creativo y crítico en el análisis de situaciones, en la formulación y aplicación de instrumentación en procesos.
- Participar en proyectos de innovación, transferencia y adaptación de tecnología en su campo.
- Formular, gestionar o participar en proyectos de desarrollo o de investigación tecnológicos sobre instrumentación y control de procesos.
- Formar parte de grupos interdisciplinarios en proyectos integrales con una actitud que fortalezca el trabajo de equipo, contribuyendo con su capacidad profesional al logro conjunto.
- Observar las normas y especificaciones nacionales e internacionales relacionadas con la instrumentación y control de procesos industriales.
- Proponer sistemas integrales de gestión en disposición del medio ambiente, seguridad e higiene, y calidad para la selección, instalación, operación, control, y mantenimiento de sistemas de instrumentación y control de procesos.
- Participar en proyectos tecnológicos y de investigación con el objetivo de restituir y conservar el medio ambiente que propicien un desarrollo sustentable.
- Interpretar diagramas, croquis y esquemas de instrumentación de procesos industriales.
- Realizar sesiones grupales con apoyo audiovisuales (videos, Filminas, Fotos etc.) donde se muestren físicamente los instrumentos de controles industriales y su evolución desde los instrumentos montados en campo, tableros de control locales, cuartos de control, semigráficos, hasta las computadoras de control de procesos.
- Realizar visitas a diferentes tipos de empresas para recopilar información, desarrollar ejemplos prácticos y conocer físicamente los diversos instrumentos.
- Fomentar talleres de solución de casos prácticos tanto en clase como en laboratorio.
- Organizar dinámicas grupales de discusión de conceptos.
- Promover la investigación entre los estudiantes.
- Realizar un proyecto consistente en la integración de un muestrario de instrumentos con propósitos didácticos.
- Investigar en revistas del IEEE / IFAC relacionados con los contenidos temáticos de la asignatura.
- Realizar Prácticas en laboratorio.
- Realizar visitas a empresas automatizadas.
- Uso de software para simulación de sistemas de control (LABVIEW).
- Desarrollo de un proyecto de fin de curso.



## 9.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

La evaluación de la asignatura se hará con base en siguiente desempeño:

- Participar en el desarrollo de las prácticas de laboratorio y presentar un reporte que se discutirá en el grupo.
- Manejo de Software para el análisis y diseño de sistemas de instrumentación y control (LABVIEW).
- Presentar examen escrito para la solución de problemas de instrumentación y control básicos.
- Elaborar reportes de visitas industriales.
- Reporte de proyecto final.

## 10.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

### Unidad 1: Objetivos de la instrumentación

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Conocer los conceptos básicos de la instrumentación y el panorama general de la misma y aplicar lo aprendido en la medición de algún experimento.</p> <p>Analizar y comprender la simbología de instrumentación basada en normas.</p> <p>Interpretar planos de instrumentación.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Realizar una investigación bibliográfica de los conceptos básicos de la instrumentación y realizar un debate de los mismos con la finalidad de establecer una definición.</li><li>• Analizar los diferentes tipos de variables que se emplean en la instrumentación mediante una investigación bibliográfica para poder dar a conocer el concepto de los mismos.</li><li>• Analizar los diversos conceptos manejados dentro de un sistema de control industrial, y definir los conceptos más empleados, previa una investigación de campo y/o bibliográfica.</li><li>• Realizar calibraciones de instrumentos de medición para visualizar los errores de: cero, de multiplicación y de angularidad.</li><li>• Diseñar un experimento que involucre el desarrollo de pruebas de medición, donde se muestre: plan de diseño de parámetros, plan de diseño de tolerancias, y plan de diseño de reducción de datos.</li><li>• Elaborar un plano con un software de dibujo, en donde aplique la simbología, normas, códigos de colores y señalizaciones de manera que se pueda realizar una interpretación del mismo.</li></ul>

### Unidad 2: Sensores

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Conocer e identificar las características técnicas de los diferentes tipos de sensores utilizados en los sistemas industriales.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hacer una investigación bibliográfica y/o de campo sobre los sensores binarios y debatir en plenaria sobre sus características</li></ul>

<p>Seleccionar y aplicar los diferentes sensores utilizados en los sistemas industriales.</p>	<p>técnicas y de instalación.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar pruebas y registrar los valores que proporcionen algunos de los sensores binarios, para demostrar sus características técnicas así como manipular su instalación (conexión).</li> <li>• Hacer una investigación bibliográfica sobre los sensores y/o transmisores analógicos y debatir sobre sus características técnicas y de instalación</li> <li>• Realizar pruebas y registrar los valores que proporcionen algunos de los sensores y/o transmisores analógicos, para demostrar sus características técnicas, así como manipular su instalación (conexión).</li> </ul>
---	--

### Unidad 3: Introducción a la teoría de control

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Comprender las características y conceptos básicos de la teoría de control. Emplear los diversos sistemas de control (on-off, proporcional, PID, PD, PI).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discutir diversas aplicaciones de los sistemas de control en forma grupal y concluir con la definición de los mismos.</li> <li>• Investigar la diferencia entre un sistema de lazo abierto y lazo cerrado mediante la ejemplificación de sistemas que funcionen de esa forma.</li> <li>• Reflexionar sobre los modos de control ON – OFF, y ON – OFF con banda de histéresis.</li> <li>• Realizar un sistema de control donde se aplique el modo proporcional, proporcional + integral, proporcional + derivativo y proporcional + integral + derivativo.</li> <li>• Efectuar la sintonización de un controlador en diversos modos.</li> <li>• Realizar una calibración de diversos instrumentos de medición empleados en la instrumentación.</li> </ul>

### Unidad 4: Aplicaciones de control

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Realizar aplicaciones prácticas de diversas variables de control aplicado a problemas reales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar e implementar un esquema de control en donde se pueda efectuar la medición de la temperatura, el nivel, la presión y flujo en procesos separados y como una combinación de dos o más variables.</li> <li>• Registrar dichos valores y aplicar los</li> </ul>

	<p>diversos tipos de control para sintonizarlos y mantenerlos operando en forma adecuada.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar en el proceso diversos sensores que nos permitan simular algunas fallas en el proceso y mantenerlo en los rangos de operación.</li> <li>• Efectuar la simulación en un software del proceso antes de realizarlo en forma práctica de manera que se tenga la menor cantidad de errores en el diseño.</li> </ul>
--	---

**Unidad 5: Elementos finales de control**

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Identificar y aplicar los diferentes tipos de elementos finales de control existentes en los diversos procesos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar los diferentes tipos de elementos de control, con la finalidad de definir adecuadamente los elementos finales de control existentes en la industria.</li> <li>• Efectuar un trabajo de campo para reconocer las diversas válvulas de control que se tienen, identificando sus partes, modo de operación, ventajas, desventajas, lugar de aplicación y formas de control.</li> <li>• Realizar pruebas con los diversos actuadores de los elementos finales de control, aplicando las diferentes formas de control.</li> </ul>

## 11.- FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Figliola S. Richard y Beasley Donald E.. Mediciones Mecanica 3ª edición. Editorial Alfaomega, 2003.
2. Considine Douglas M. Process /Industrial Instruments & Controls Handbook 4<sup>th</sup> Edition. USA, Ed. Mc Graw Hill, 1993.
3. Creus Antonio. Instrumentación Industrial 6ª Edición\_. México D.F.: Ed. Alfaomega, 1998.
4. Doebelin Ernest O.\_Diseño y Aplicaciones de Sistemas de Medición 5ª Edición. Editorial Mc Graw Hill, 2004.
5. Balcells J. y Romeral José Luis. Autómatas Programables. México D.F. Editorial Marcombo, 1998.
6. Horta José. Técnicas de Automación Industrial: Editorial Limusa.
7. Ebel F. Nestel, S. Sensores para la Técnica de Procesos y Manipulación. Festo Didactic, 1993.
8. Holman Jack, P. Experimental Methods for Engineers 7th Edition.Ed. McGraw Hill, New York, 2001.
9. Soloman Sabrie. Sensores and Control System in Manufacturing.\_Singapore: Ed. McGraw Hill, 1994.
10. Solamon S., Sensors Handbook, Mc Graw Hill, New York, 1998.
11. Pallás Areny Ramón, Sensores y Acondicionamiento de Señal, 3ª Edición, Editorial Alfa Omega, 2001.
12. Control Valve Handbook Four Edition, Fisher Control International LLC 2005.
13. Murrill Paul W., Fundamentals of Process Control Theoty, Second Edition, ISA, 1991.
14. Ogata, K. Ingeniería de Control Moderno: Editorial Prentice Hall., 1993.
15. Hernandez Gaviño Ricardo. Introducción a los sistemas de control. Editorial Pearson.
16. Normas ISA.
17. Sensors ( Búsqueda del índice de todos los artículos disponible en: [www.sensorsmag.com/article\\_index/](http://www.sensorsmag.com/article_index/))
18. The Review of Scientific Instruments.
19. Journal of Physics E: Scientific Instruments.
20. Proc. Of Society for Experimental Mechanics
21. Journal of Instruments Society of America
22. Instruments and Control Systems
23. ASME Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control
24. Transactions of the Institute of Measurements and Control
25. IEEE Transactions in Instruments and Measurement
26. Precision Engineering
27. Measurements Science and Technology

## 12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS

- Dado un instrumento realizar el diagrama de elementos funcionales y determinar las entradas de interferencia y/o modificaciones.
- Realizar la calibración estática y dinámica de un instrumento dado.
- Comprobación del principio de operación, rango, características de instalación para diferentes medidores de presión.
- Determinación del coeficiente de descarga en las placas de orificio.
- Determinar el coeficiente de descarga en rotámetros, analizando los efectos del peso del flotador en la medición del gasto para diferentes flujos.
- Determinar la constante de tiempo de los diferentes medidores de temperatura.

- Determinar la curva de temperatura – voltaje para varios termopares.
- Hacer una tabla comparativa de temperatura medidas con pirómetros y otros tipos de medidores.
- En un sistema comprobar el funcionamiento de un controlador con: Banda proporcional, Banda proporcional mas reposición y Banda proporcional mas reposición mas derivativa.
- Configurar el diseño de los sistemas básicos de instrumentación.
- Utilizar los conocimientos adquiridos para elaborar sistemas de instrumentación con dispositivos (instrumentos indicadores, registradores y controladores).
- Modelado, diseño e implementación en tiempo real de un control PID de un sistema de nivel de líquido.
- Implementar un control analógico por regulación para un calentador eléctrico.