

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Instrumentación y Control
Clave de la asignatura:	MEF – 1015
SATCA¹:	3–2–5
Carrera:	Ingeniería Mecánica

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

Esta asignatura 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.

Esta asignatura dará soporte a otras directamente vinculadas con el desempeño profesional. De manera particular, en esta asignatura se aplica en el estudio de los temas que involucran las asignaturas de Máquinas de fluidos compresibles, Máquinas de Fluidos Incompresibles, Refrigeración y Aire Acondicionado, Diseño Mecánico, entre otras.

Intención didáctica

Se organiza el temario, en cinco temas, agrupando los contenidos conceptuales de la asignatura en los primeros tres temas; 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 un cuarto tema que se destina a la aplicación de los conceptos abordados en las unidades anteriores.

En el primer tema, 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 el segundo tema se estudian los sensores tanto binarios como analógicos más comunes, indicando sus características técnicas y cómo se deben 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 abordan reiteradamente los conceptos fundamentales hasta conseguir su 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 el tercer tema, se propone el uso práctico 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

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

actualidad, analizando las ventajas y desventajas que cada uno de estos controles tiene, indicando cuándo se deberán emplear cada uno de ellos. Para que estos controlen adecuadamente el proceso, es indispensable la calibración adecuada, es por esto que se anexan temas para la adecuada calibración de los instrumentos de medición que deben ser aplicados en cada proceso.

En el cuarto tema, se sugiere una actividad en equipo 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 el quinto tema, se analizan los elementos finales de control, como lo son los diversos tipos de válvulas, para completar lazos de control para la instrumentación. Es también importante el tipo de actuador y la variable que lo controla ya que ejerce 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, que 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 con la finalidad de que aprendan a planificar.

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 contruados, 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 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. Participantes en el diseño y seguimiento curricular 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 las Carreras de Ingeniería en Materiales, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial.</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 las Carreras de Ingeniería en Materiales, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial.</p>
<p>Instituto Tecnológico de la Laguna, del 26 al 29 de noviembre de 2012.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Alvarado, Boca del Río, Cajeme, Cd. Serdán, Cd. Victoria, Chihuahua, Culiacán, La Laguna, Pachuca, Querétaro, Tláhuac II y Veracruz.</p>	<p>Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Mecatrónica.</p>
<p>Instituto Tecnológico de Toluca, del 10 al 13 de febrero de 2014.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Boca del Río,</p>	<p>Reunión de Seguimiento Curricular de los Programas Educativos de Ingenierías,</p>

	Celaya, Mérida, Orizaba, Puerto Vallarta y Veracruz.	Licenciaturas y Asignaturas Comunes del SNIT.
Tecnológico Nacional de México, del 25 al 26 de agosto de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Boca del Río, Celaya, Cerro Azul, Cd. Juárez, Cd. Madero, Chihuahua, Coacalco, Coatzacoalcos, Durango, Ecatepec, La Laguna, Lerdo, Matamoros, Mérida, Mexicali, Motúl, Nuevo Laredo, Orizaba, Pachuca, Poza Rica, Progreso, Reynosa, Saltillo, Santiago Papasquiaro, Tantoyuca, Tlalnepantla, Toluca, Veracruz, Villahermosa, Zacatecas y Zacatepec. Representantes de Petróleos Mexicanos (PEMEX).	Reunión de trabajo para la actualización de los planes de estudio del sector energético, con la participación de PEMEX.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
Selecciona y emplea los diferentes instrumentos de medición en sistemas de monitoreo y control de variables físicas para su identificación y aplicación en procesos industriales.

5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> • Aplica los principios de la hidrostática para medir las variables en un proceso industrial. • Aplica las ecuaciones fundamentales de la hidrodinámica a procesos de flujo de fluidos. • Aplica los principios de la teoría electromagnética para el manejo adecuado de instrumentos. • Aplica las normas internacionales sobre automatización y control (ISO y DIN) en la instrumentación de procesos. • Analiza circuitos eléctricos de manera adecuada para la detección de variables eléctricas del sistema. • Reconoce los principios de la dinámica para desarrollar los modelos de sistemas eléctricos y mecánicos.
--

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1.	Objetivos de la instrumentación	1.1 Terminología de la Instrumentación 1.1.1 Campo. 1.1.2 Rango. 1.1.3 Exactitud. 1.1.4 Precisión. 1.1.5 Repetitividad. 1.1.6 Histéresis.



		<ul style="list-style-type: none"> 1.1.7 Supresión del Cero. 1.1.8 Resolución. 1.2 Variables <ul style="list-style-type: none"> 1.2.1 Variable de control. 1.2.2 Variable controlada. 1.2.3 Variable incontrolada (wild). 1.3 Elementos <ul style="list-style-type: none"> 1.3.1 Elementos primarios. 1.3.2 Elementos secundarios. 1.3.3 Elementos terciarios o de control final. 1.4 Instrumentos de medición y errores <ul style="list-style-type: none"> 1.4.1 Clasificación de Instrumentos de Medición. 1.4.2 Errores de paralaje. 1.4.3 Errores de escala (exactitud). 1.4.4 Errores de proceso (montaje). 1.4.5 Errores de calibración. 1.5 Simbología <ul style="list-style-type: none"> 1.5.1 Simbología ISA. 1.5.2 Letras de identificación. 1.5.3 Simbología de señalización. 1.5.4 Códigos colores.
<p>2.</p>	<p>Sensores</p>	<ul style="list-style-type: none"> 2.1. Sensores y/o transmisores de posición binarios <ul style="list-style-type: none"> 2.1.1. Final de carrera. 2.1.2. Mecánicos. 2.1.3. Eléctricos. 2.1.4. Fotoeléctricos. 2.1.5. Ultrasónicos. 2.1.6. Inductivos y capacitivos. 2.2. Sensores y/o transmisores analógicos 2.3. Sensores de posición proporcionales. 2.4. Sensores de velocidad y aceleración 2.5. Sensores de fuerza, par y deformación. 2.6. Sistemas de medición de coordenadas y sistemas de visión.
<p>3.</p>	<p>Introducción a la teoría de control</p>	<ul style="list-style-type: none"> 3.1. Aplicaciones de los sistemas de control 3.2. Sistemas en lazo abierto y lazo cerrado 3.3. Modos de control. <ul style="list-style-type: none"> 3.3.1. On – Off (abierto – cerrado). 3.3.2. On – Off con banda de histéresis. 3.3.3. Proporcional. 3.3.4. Proporcional + integral. 3.3.5. Proporcional+derivativo. 3.3.6. Proporcional + integral +derivativo. 3.4. Sintonización de controladores.

		3.5. Calibración en campo (ajuste) 3.6. Calibración en taller.
4.	Aplicaciones de control	4.1. Controladores de Temperatura 4.2. Controladores de Presión 4.3. Controladores Flujo 4.4. Controladores de Nivel. 4.5. Implementación en Simulink
5.	Elementos finales de control	5.1. Generalidades 5.2. Tipos 5.2.1. Válvulas lineales y rotativos 5.2.2. Válvulas de apertura rápida. 5.2.3. Válvulas isoporcentuales. 5.2.4. Válvulas de solenoide. 5.3. Actuadores (servomotores) 5.3.1. Mecánicos. 5.3.2. Neumáticos 5.3.3. Hidráulicos. 5.3.4. Eléctricos

7. Actividades de aprendizaje de los temas

I. Objetivos de la instrumentación

Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplica los conceptos básicos de la instrumentación y el panorama general de la misma en la medición de algún experimento. • Analiza la simbología de instrumentación basada en normas para el empleo adecuado en planos de instrumentación. • Interpreta planos de instrumentación para su identificación en aplicaciones reales. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis de material bibliográfico para el debate de ideas argumentadas ante el grupo. • Comunica en forma oral los conceptos formados en el análisis de material bibliográfico para informar su interpretación de conceptos. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica para desarrollar calibraciones y experimentos de medición. 	<ul style="list-style-type: none"> • 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. • 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. • 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. • Realizar calibraciones de instrumentos de medición para visualizar los errores de: cero, de multiplicación y de angularidad. • 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. • 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.

II. Sensores	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Identifica las características técnicas de los diferentes tipos de sensores utilizados en los sistemas industriales para reconocer su uso en los sistemas industriales. Selecciona y aplica los diferentes sensores utilizados en los sistemas industriales considerando las características tanto del sistema como de los sensores. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de análisis y síntesis de material bibliográfico para el debate de ideas argumentadas ante el grupo. Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica para realizar pruebas que le permitan identificar características técnicas de sensores y transmisores. Capacidad de aprender a manipular los sensores y transmisores para su adecuada instalación. 	<ul style="list-style-type: none"> Hacer una investigación bibliográfica y/o de campo sobre los sensores binarios y debatir en plenaria sobre sus características técnicas y de instalación. Realizar pruebas y registrar los valores que proporcionen algunos de los sensores binarios, para demostrar sus características técnicas así como manipular su instalación (conexión). Hacer una investigación bibliográfica sobre los sensores y/o transmisores analógicos y debatir sobre sus características técnicas y de instalación. 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).
III. Introducción a la teoría de control	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Aplica los conceptos básicos de la teoría de control para usar los diversos sistemas de control (ON-OFF, proporcional, PID, PD, PI). <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de análisis y síntesis de material bibliográfico para el debate de ideas argumentadas ante el grupo. Comunica en forma oral los conceptos formados en el análisis de material bibliográfico para informar su interpretación de conceptos. Capacidad de aplicar los conocimientos del tema para la elección y sintonización de controladores. Capacidad de aprender a calibrar diversos instrumentos de medición para emplearlos en la instrumentación. 	<ul style="list-style-type: none"> Discutir diversas aplicaciones de los sistemas de control en forma grupal y concluir con la definición de los mismos. Investigar la diferencia entre un sistema de lazo abierto y lazo cerrado mediante la ejemplificación de sistemas que funcionen de esa forma. Reflexionar sobre los modos de control ON-OFF, y ON-OFF con banda de histéresis. Realizar un sistema de control donde se aplique el modo proporcional, proporcional + integral, proporcional + derivativo y proporcional + integral + derivativo. Efectuar la sintonización de un controlador en diversos modos. Realizar una calibración de diversos instrumentos de medición empleados en la instrumentación

IV. Aplicaciones de control	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Desarrolla aplicaciones prácticas de diversas variables de control aplicado a problemas reales. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Aplica los conocimientos en la práctica para efectuar mediciones de temperatura, flujo, presión y nivel en procesos. Desarrolla habilidad de manejo de software de un proceso para generar menor cantidad de errores en el diseño del mismo. 	<ul style="list-style-type: none"> 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. Registrar dichos valores y aplicar los diversos tipos de control para sintonizarlos y mantenerlos operando en forma adecuada. Aplicar en el proceso diversos sensores que nos permitan simular algunas fallas en el proceso y mantenerlo en los rangos de operación. 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.
V. Elementos finales de control	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Aplica los diferentes tipos de elementos finales de control existentes para usarlos en los diversos procesos industriales. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas sobre los diferentes elementos de control para definir apropiadamente los elementos finales de control en la industria. Habilidad de investigación de campo para la identificación de aplicación y forma de control de las diversas válvulas. Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica para desarrollar calibraciones y experimentos de medición. 	<ul style="list-style-type: none"> Investigar los diferentes tipos de elementos de control, con la finalidad de definir adecuadamente los elementos finales de control existentes en la industria. 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. Realizar pruebas con los diversos actuadores de los elementos finales de control, aplicando las diferentes formas de control.

8. Práctica(s)

- 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).
- Implementar un control analógico por regulación para un calentador eléctrico.

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

Proyecto sugerido

MODELADO, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN EN TIEMPO REAL DE UN CONTROL PID DE UN SISTEMA DE NIVEL DE LÍQUIDO

Objetivo:

Modelar, diseñar e implementar un control PID en tiempo real para un sistema de nivel de líquido. Se emplearán las competencias desarrolladas en sistemas electrónicos, circuitos y máquinas eléctricas, programación en software especializado, dibujo mecánico, entre otras.

10. Evaluación por competencias

Instrumentos:

- Reportes de las prácticas de laboratorio.
- Manejo de Software para el análisis y diseño de sistemas de instrumentación y control (LABVIEW).
- Examen escrito para la solución de problemas de instrumentación y control básicos.
- Elaborar reportes de visitas industriales.
- Reporte de proyecto final.

Herramientas:

- Listas de cotejo.
- Rúbricas.
- Matrices de valoración.
- Guías de observación

11. Fuentes de información

1. Balcells, J., y Romeral, J. L. (1998). Autómatas Programables. (1a. ed.) España: Marcombo.
2. Considine, D. M. (1993). Process/Industrial: Instruments & Controls Handbook (4th ed.) USA: Mc Graw Hill.
3. Creus, A. (1998). Instrumentación Industrial (6a. ed.) México: Alfaomega.
4. Doebelin, E. O. (2004). Sistemas de medición e instrumentación (5a. ed.) México: Mc Graw Hill.
5. Ebel, F., y Nestel, S. (1993) Sensores para la Técnica de Procesos y Manipulación. México : Festo Didactic.
6. Hernández G., R. (2010). Introducción a los sistemas de control: conceptos, aplicaciones y simulaciones con Matlab. México: Prentice Hall.
7. Holman, J. P. (2001). Experimental Methods for Engineers (7th ed.) USA: McGraw Hill.
8. Horta S., J. J. (1982) Técnicas de Automatización Industrial (1a. ed.) España: Limusa.
9. Murrill, P. W. (2000) Fundamentals of Process Control Theory (3rd ed.) USA: ISA.
10. Ogata, K. (2003). Ingeniería de Control Moderno (4a ed.) España: Prentice Hall.
11. Pallás A., R. (2003) Sensores y acondicionamiento de señal (4a ed.) España: Marcombo.
12. Richard, F. S., y Donald E., B. (2003). Mediciones Mecánicas (3a. ed.) México: Alfaomega.
13. Soloman, S. (1999). Sensors and Control System in Manufacturing. (1st ed.)_USA: McGraw Hill.
14. Soloman, S. (1998) Sensors Handbook (1st ed.) USA: McGraw Hill.