

Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional
San Francisco



INGENIERÍA QUÍMICA

**CONTROL AUTOMÁTICO DE
PROCESOS**

**PLANIFICACIÓN CICLO LECTIVO
2015**

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| ÍNDICE | 2 |
| PROFESIONAL DOCENTE A CARGO | 3 |
| UBICACIÓN | 4 |
| OBJETIVOS | 5 |
| ORGANIZACIÓN DE CONTENIDOS | 6 |
| PROGRAMA ANALÍTICO | 11 |
| CRITERIOS DE EVALUACIÓN | 13 |
| EVALUACIÓN: | 13 |
| AUTOEVALUACIÓN: | 13 |
| PLAN DE TRABAJO | 14 |
| METODOLOGÍA | 16 |
| BIBLIOGRAFÍA | 17 |
| ARTICULACIÓN | 19 |
| ARTICULACIÓN CON EL ÁREA: | 19 |
| TEMAS RELACIONADOS CON MATERIAS DEL ÁREA: | 20 |
| ARTICULACIÓN CON EL NIVEL: | 21 |
| TEMAS RELACIONADOS CON MATERIAS DEL NIVEL: | 22 |
| ARTICULACIÓN CON LAS CORRELATIVAS: | 23 |
| TEMAS RELACIONADOS CON LAS CORRELATIVAS: | 24 |
| ORIENTACIÓN | 25 |
| DEL ÁREA: | 25 |
| DE LA ASIGNATURA: | 25 |

PROFESIONAL DOCENTE A CARGO

| Docente | Categoría | Título Profesional |
|-----------------------|------------------|--------------------|
| EDUARDO WAGNER | ADJUNTO INTERINO | INGENIERO QUÍMICO |

UBICACIÓN

Dentro del contexto curricular prescripto se ubica en:

Carrera: INGENIERÍA QUÍMICA

Plan: 1995

Orientación: ALIMENTOS

Área: Ingeniería Química

Nivel: V

Carga Horaria Semanal: 4 horas

Régimen: CUATRIMESTRAL

Distribución horaria

| Formación | | | | | | | Total de horas | |
|-----------|----------|-------------|------------------------|---------------------------------------|-------------------|----------------------------------|----------------|--|
| Teórica | | | Práctica | | | | | |
| Teoría | Práctica | Laboratorio | Formación experimental | Resolución de problemas de Ingeniería | Proyecto y diseño | Práctica profesional supervisada | | |
| 25 | 30 | 30 | - | 27 | 16 | - | 128 | |

OBJETIVOS

Incorporar los principios teóricos y prácticos, los criterios de selección y los de diseño para introducirse en el control automático de procesos en plantas industriales.

ORGANIZACIÓN DE CONTENIDOS

Eje Temático Nº 1: INTRODUCCIÓN A SISTEMAS DE CONTROL

- Contenidos Conceptuales:
 - Definiciones de Sistemas de Control Automático.
 - Ejemplos de Sistemas de Control.
- Contenidos Procedimentales:
 - Resolución de Ecuaciones Diferenciales con Transformada de Laplace.
 - Resolución de sistemas de bloques.
 - Aplicación de fórmula de ganancia de diagrama de flujo de señales.
 - Interpretación de modelos de estado.
 - Aplicación de Matlab y Simulink.
- Contenidos Actitudinales
 - Valoración del intercambio de ideas como fuente de aprendizaje.

Eje Temático Nº 2: MODELADO DE SISTEMAS DINÁMICOS

- Contenidos Conceptuales:
 - Respuesta temporal Sistemas frente a distintas perturbaciones.
 - Linealización de Modelos Matemáticos no lineales.
 - Función respuesta impulsiva.
 - Sistemas de Primer Orden.
 - Sistemas de Segundo Orden.
 - Sistemas de Orden Superior.
 - Relación entre la respuesta temporal y diagrama cero polar.
- Contenidos Procedimentales:
 - Construcción de modelos de sistemas físicos, mecánicos, eléctricos y químicos.
 - Linealización de modelos.
 - Identificación de sistemas dinámicos.
 - Análisis de respuestas temporales.
 - Caracterización de las respuestas según ceros y polos.
- Contenidos Actitudinales:
 - Respeto por el pensamiento ajeno.

- Valoración del intercambio de ideas como fuente de aprendizaje.
- Sentido crítico y reflexivo sobre lo producido.
- Valoración del lenguaje claro y preciso.
- Puntualidad y responsabilidad en la presentación de tareas y trabajos.

Eje Temático Nº 3: COMPONENTES BÁSICOS DE SISTEMAS DE CONTROL INDUSTRIALES

- Contenidos Conceptuales:
 - Sensores y transmisores.
 - Válvula de control.
 - Símbolos.
 - Diagramas P+ I.
 - Controladores. Introducción.
 - Acciones básicas de control.
 - Modelado de sistemas de
 - Efectos de las acciones de control en el comportamiento dinámico del sistema.
 - Análisis del error en estado estacionario
 - Tipo de sistemas. Análisis de las respuestas de los sistemas realimentados utilizando MATLAB y SIMULINK. Introducción a la optimización de sistemas. Sistemas de Lazo Cerrado y de Lazo Abierto.
 - Ajustes de las acciones de control.
- Contenidos Procedimentales:
 - Interpretación de diagramas P+I
 - Reconocimiento de instrumentos de lazo.
 - Identificación de acciones de control.
 - Calibración de acciones de control
 - Aplicación de criterios de ajuste de controladores.
 - Caracterización de acciones de control en lazo cerrado.
- Contenidos Actitudinales:
 - Respeto por el pensamiento ajeno.
 - Valoración del intercambio de ideas como fuente de aprendizaje.
 - Sentido crítico y reflexivo sobre lo producido.
 - Valoración del lenguaje claro y preciso.
 - Puntualidad y responsabilidad en la presentación de tareas y trabajos.

Eje Temático Nº 4: DISEÑO CLÁSICO DE SISTEMAS DE CONTROL POR RETROALIMENTACIÓN

- Contenidos Conceptuales:

TÉCNICA DEL LUGAR DE RAÍZ

- Diagrama del Lugar de Raíces
- Reglas para la construcción del Lugar de Raíz.
- Análisis del Lugar de Raíz del Sistema de Control.
- Régimen Transitorio.
- Estabilidad absoluta y relativa.
- Lugar de Raíz usando MATLAB.
- Criterio de Estabilidad de Routh.

TÉCNICA DE LA RESPUESTA EN FRECUENCIA

- Introducción.
- Diagramas Polares.
- Diagramas Bode.
- Criterio de estabilidad de Nyquist.
- Análisis de estabilidad.
- Estabilidad relativa.
- Márgenes de estabilidad.

- Contenidos Procedimentales:

TÉCNICA DEL LUGAR DE RAÍZ

- Construcción del diagrama.
- Interpretación del diagrama.
- Aplicación de criterio de Routh.
- Análisis de estabilidad.
- Análisis de la respuesta temporal.

TÉCNICA DE LA RESPUESTA EN FRECUENCIA

- Interpretación de diagramas polares.
- Interpretación de diagramas de Bode.
- Aplicación de criterio de estabilidad de Nyquist.
- Aplicación de márgenes de estabilidad al diseño de sistemas de control.

- Contenidos Actitudinales:

- Respeto por el pensamiento ajeno.
- Valoración del intercambio de ideas como fuente de aprendizaje.
- Sentido crítico y reflexivo sobre lo producido.
- Valoración del lenguaje claro y preciso.
- Puntualidad y responsabilidad en la presentación de tareas y trabajos.

Eje Temático Nº 5: MODELADO DE VARIABLES DE ESTADO

- Contenidos Conceptuales:

- Conceptos básicos para el análisis en el espacio de estado.
 - Matriz Transferencia.
 - Controlabilidad y observabilidad.
 - Formas Canónicas.
 - Criterios de estabilidad de Liapunov.
- Contenidos Procedimentales:
- Interpretación de modelos en el espacio de estado.
 - Aplicación e interpretación de Controlabilidad de sistemas.
 - Aplicación e interpretación de observabilidad de sistemas.
 - Identificación de formas canónicas.
 - Aplicación de criterios de estabilidad de Liapunov.
- Contenidos Actitudinales:
- Respeto por el pensamiento ajeno.
 - Valoración del intercambio de ideas como fuente de aprendizaje.
 - Sentido crítico y reflexivo sobre lo producido.
 - Valoración del lenguaje claro y preciso.
 - Puntualidad y responsabilidad en la presentación de tareas y trabajos.

Eje Temático Nº 6: CONTROL INDUSTRIAL BASADO EN COMPUTADORAS

- Contenidos Conceptuales:
- Sistemas Digitales de Control Lazo Simple.
 - Sistemas de Control Distribuido.
 - Control SCADA.
- Contenidos Procedimentales:
- Identificación de elementos de control en sistemas digitales.
 - Identificación de elementos de control en sistemas de control distribuido.
 - Identificación de elementos en sistemas de control supervisorio remoto.
- Contenidos Actitudinales:
- Respeto por el pensamiento ajeno.
 - Valoración del intercambio de ideas como fuente de aprendizaje.

- Sentido crítico y reflexivo sobre lo producido.
- Valoración del lenguaje claro y preciso.
- Puntualidad y responsabilidad en la presentación de tareas y trabajos.

PROGRAMA ANALÍTICO

Eje Temático Nº 1: INTRODUCCIÓN A SISTEMAS DE CONTROL

Definiciones de Sistemas de Control Automático. Ejemplos de Sistemas de Control.

HERRAMIENTAS DE CONTROL AUTOMÁTICO:

Resolución de Ecuaciones Diferenciales Lineales. Diagramas de Bloques. Función de Transferencia. Diagrama de Flujo de Señales. Variables de Estado. Introducción a MATLAB Y SIMULINK.

Eje Temático Nº 2: MODELADO DE SISTEMAS DINÁMICOS

Dinámica de Sistemas

Respuesta temporal Sistemas frente a distintas perturbaciones. Linealización de Modelos Matemáticos no lineales. Función respuesta impulsiva. Sistemas de Primer Orden. Sistemas de Segundo Orden. Sistemas de Orden Superior. Relación entre la respuesta temporal y diagrama cero polar.

Eje Temático Nº 3: COMPONENTES BÁSICOS DE SISTEMAS DE CONTROL INDUSTRIALES

Sensores y transmisores. Válvula de control. Símbolos. Diagramas P+ I. Controladores. Introducción. Acciones básicas de control. Modelado de sistemas de control. Efectos de las acciones de control en el comportamiento dinámico del sistema. Análisis del error en estado estacionario. Tipo de sistemas. Análisis de las respuestas de los sistemas realimentados utilizando MATLAB Y SIMILINK. Introducción a la optimización de sistemas. Sistemas de Lazo Cerrado y de Lazo Abierto. Ajustes de las acciones de control.

Eje Temático Nº 4: DISEÑO CLÁSICO DE SISTEMAS DE CONTROL POR RETROALIMENTACIÓN

Unidad Nº 1: TÉCNICA DEL LUGAR DE RAÍZ

Diagrama del Lugar de Raíces. Reglas para la construcción del Lugar de Raíz. Análisis del Lugar de Raíz del Sistema de Control. Régime Transitorio. Estabilidad absoluta y relativa. Lugar de Raíz usando MATLAB. Criterio de Estabilidad de Routh.

Unidad Nº 2: TÉCNICA DE LA RESPUESTA EN FRECUENCIA

Introducción. Diagramas Polares. Diagramas Bode. Criterio de estabilidad de Nyquist. Análisis de estabilidad. Estabilidad relativa. Márgenes de estabilidad.

Eje Temático Nº 5: MODELADO DE VARIABLES DE ESTADO

Conceptos básicos para el análisis en el espacio de estado. Matriz Transferencia. Controlabilidad y observabilidad. Formas Canónicas. Criterios de estabilidad de Liapunov.

Eje Temático Nº 6: CONTROL INDUSTRIAL BASADO EN COMPUTADORAS
Sistemas Digitales de Control Lazo Simple. Sistemas de Control Distribuido. Control SCADA.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Evaluación:

Se evaluarán las Guías de práctica, la carpeta de trabajos, cuestionarios y evaluaciones parciales integradoras.

Para la evaluación de guías, carpeta y cuestionario se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- ❖ Presentación
- ❖ Nivel de información y elaboración de la misma
- ❖ Capacidad de trabajo en equipo
- ❖ Profesionalismo (actitud ingenieril)

Para las evaluaciones escritas parciales integradoras se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- ❖ Presentación
- ❖ Nivel de información y elaboración de la misma
- ❖ Profesionalismo (actitud ingenieril)

Las calificaciones serán de 0 a 100 puntos, debiendo cumplimentar el alumno los siguientes ítems:

Para regularizar:

- Asistencia a clase según reglamentación vigente.
- Aprobación de cuestionarios y guías.
- Aprobación de carpetas de trabajos.

Para promocionar:

- Todos los anteriores
- Aprobar cada parcial integrador con nota no inferior a 70 puntos.

Autoevaluación:

Será realizada utilizando el instrumento elaborado desde Secretaría Académica y aprobado por Consejo Académico.

PLAN DE TRABAJO

| Eje temático Nº 1: INTRODUCCIÓN A SISTEMAS DE CONTROL | | | | | |
|--|---|---|--------------------------|---------------------------|--------------------|
| Semana | Contenidos | Metodología | Evaluación | Nivel de Profundidad | Bibliografía |
| 1 – 5 | <ul style="list-style-type: none"> . Introducción a Sistemas realimentados. . Ejemplos de sistemas de Control. . Definiciones de Sistemas de Control. Resolución de Ecuaciones Diferenciales. . Diagrama de Bloques. . Diagrama de Flujo de Señales. . Función de transferencia. Variables de estado. Introducción a Matlab- Simulink. | Clase Ejercitación Laboratorio de informática | Guías. Parcial Nro. 1 | Conceptual informativo | 1 – 2 – 3 – 9 – 10 |

| Eje temático Nº 2: MODELADO DE SISTEMAS DINÁMICOS | | | | | |
|--|--|---|--------------------------|----------------------|------------------------|
| Semana | Contenidos | Metodología | Evaluación | Nivel de Profundidad | Bibliografía |
| 6 – 8 | <ul style="list-style-type: none"> .Respuesta temporal de sistemas frente a distintas perturbaciones. .Modelos matemáticos. Linealización. . Dinámica de sistemas de 1er. Orden térmicos, químicos, eléctricos. Análisis e identificación.. Dinámica de sistemas de 2do. orden y de orden superior. | Clase Ejercitación Laboratorio de informática | Guías. Parcial Nro.2. | Conceptual | 1 – 2 – 4 – 5 – 6 – 10 |

| Eje temático Nº 3: COMPONENTES BÁSICOS DE SISTEMAS DE CONTROL INDUSTRIALES | | | | | |
|---|--|---|---|----------------------|--------------------|
| Semana | Contenidos | Metodología | Evaluación | Nivel de Profundidad | Bibliografía |
| 9 – 10 – 11 | <ul style="list-style-type: none"> Acciones básicas de control. Respuesta temporal de sistemas realimentados. Efectos de las acciones de control. Tipo de sistemas de control. Introducción a optimización. Ajuste de las acciones de control. Elementos industriales: sensores, transmisores, válvulas de control, controladores. Símbolos. Diagramas P+I. | Clase Ejercitación Laboratorio de informática | Guías. Cuestionario. Parcial Nro.3. | Conceptual | 1 – 4 – 5 – 3 – 15 |

| Eje temático Nº 4: DISEÑO CLÁSICO DE SISTEMAS DE CONTROL POR RETROALIMENTACIÓN | | | | | |
|---|---|---|---|----------------------|--------------------------|
| Semana | Contenidos | Metodología | Evaluación | Nivel de Profundidad | Bibliografía |
| 12 – 13 – 14 | <p>Diagrama de Lugar de Raíz. Reglas para la construcción. Análisis del Lugar de Raíz. Régimen transitorio. Estabilidad absoluta y relativa. Criterio de estabilidad de Routh. Lugar de Raíz usando Matlab.</p> <p>Respuesta en frecuencia. Introducción. Diagramas polares. Diagrama Bode. Criterio de estabilidad de Nyquist. Análisis de estabilidad. Estabilidad relativa. Márgenes de estabilidad-</p> | Clase Ejercitación Laboratorio de informática | Guías. Cuestionario. Parcial Nro.3. | Conceptual | 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 12 – |

| Eje temático Nº 5: MODELADO DE VARIABLES DE ESTADO | | | | | |
|---|---|---|---|----------------------|----------------|
| Semana | Contenidos | Metodología | Evaluación | Nivel de Profundidad | Bibliografía |
| 15 | Conceptos básicos para el análisis en el espacio de estado. Matriz transferencia. Controlabilidad y observabilidad. Formas canónicas. Criterios de estabilidad de Liapunov. | Clase Ejercitación Laboratorio de informática | Guías. Cuestionario. Parcial Nro.3. | Conceptual | 1 – 2 – 5 – 12 |

| Eje temático Nº 6: CONTROL INDUSTRIAL BASADO EN COMPUTADORAS | | | | | |
|---|--|---|---|------------------------|---------------------|
| Semana | Contenidos | Metodología | Evaluación | Nivel de Profundidad | Bibliografía |
| 16 | Sistemas Digitales de Control de Lazo Simple. Sistemas de Control Scada. | Clase Ejercitación Laboratorio de informática | Guías. Cuestionario. Parcial Nro.3. | Conceptual informativo | 1 – 2 – 5 – 12 – 13 |

METODOLOGÍA

Para cada eje temático se realiza clase expositiva aplicativa de contenidos fundamentales del mismo. Y además se desarrollan ejemplos teórico-práctico de aplicación. También se resuelven guías de trabajos prácticos con tres tipos de ejercitaciones: para resolver en el aula, para resolver en el hogar y para estudio, durante el desarrollo de los dos primeros ejes temáticos. A partir del Eje Temático Nro. 3 y hasta el Nro. 5 se desarrolla el dictado en Laboratorio de Informática con uso intensivo de las herramientas Matlab y Simulink, con los que se resuelven los ejemplos prácticos guías. Los dos últimos Ejes Temáticos se desarrollan habitualmente solo en aula. Los alumnos deben ir desarrollando carpeta con las actividades prácticas que presentarán al finalizar el dictado de la asignatura para su aprobación. La forma de trabajar es en comisiones de tres o cuatro alumnos. La carpeta debe presentarse en formato a4, estandarizados, con indicación de bibliografía.

Elementos de apoyo a la enseñanza:

- ❖ Pizarra
- ❖ Proyector de transparencias
- ❖ TV y videoreproductor
- ❖ PC con proyector de LCD

Estando previstas las realización de tres evaluaciones parciales integradoras correspondientes a:

- a – Eje Temático 1
- b – Eje Temático 2
- c - Ejes Temáticos del 3 al 6

Dichos parciales tendrán lugar dos semanas posteriores a la finalización del dictado del mencionado eje temático.

BIBLIOGRAFÍA

1. OGATA, K.
“*Ingeniería de control moderna*”
Pearson Education (2003)
2. OGATA, K.
“*Ingeniería de control moderna*”
Prentice Hall (1998)
3. OGATA, K.
“*Problemas de Ingeniería de Control usando Matlab*”
Prentice Hall (1999)
4. SMITH, C. – CORRIPIO, A.
“*Control Automático de Procesos: teoría y práctica*”
Limusa (1996)
5. DORF, R.- BISCHOP, R.-
“*Sistemas de control moderna*”
Pearson Education (2007)
6. KUO, B.
“*Sistemas de control digital*”
Continental (2006)
7. OGATA, K.
“*Sistemas de control en tiempos discreto*”
Prentice Hall (1996)
8. ACEVEDO SANCHEZ, J.
“*Instrumentación y control avanzado de procesos*”
Díaz de Santos (2006)
9. KUO, B.
“*Sistemas de control automático*”
Prentice Hall (1996)
10. DISTEFANO, J.
“*Retroalimentación y sistemas de control*”
McGraw-Hill (1995)
11. D'AZZO, J. – HOUPIS, C.
“*Sistemas realimentados de control: análisis y síntesis*”
Paraninfo (1975)
12. NISE, N.
“*Sistemas de control para ingeniería*”
Grupo Patria Cultural (2006)
13. SZKLANNY, S. – BEHERENDS, C.
“*Sistemas Digitales de Control de Procesos*”
Editorial Control S.R.L. (1994)
14. CREUS SOLE, Antonio
“*Simulación y control de procesos por ordenador*”
Marcombo Boixareu Editores

Barcelona. España (1987)
15. CREUS SOLE, Antonio
“Instrumentación Industrial”
Marcombo Boixareu Editores
Barcelona. España (1985)

ARTICULACIÓN

Articulación con el Área: ESPECIALIDAD

| Asignatura | Carga Horaria | Porcentaje |
|---------------------------------------|---------------|--------------|
| CONTROL AUTOMÁTICO DE PROCESOS | 128 | 11,11 |
| FENÓMENOS DE TRANSPORTE | 160 | 13,89 |
| OPERACIONES UNITARIAS I | 128 | 11,11 |
| OPERACIONES UNITARIAS II | 160 | 13,89 |
| TECNOLOGÍA DE LA ENERGÍA TÉRMICA | 128 | 11,11 |
| CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS | 64 | 5,56 |
| MECÁNICA ELÉCTRICA INDUSTRIAL | 96 | 8,33 |
| QUÍMICA ANALÍTICA APLICADA | 128 | 11,11 |
| INGENIERÍA DE LAS REACCIONES | 160 | 13,89 |

Temas relacionados con materias del área:

| Fenómenos de Transporte | Tema relacionado |
|--|--|
| Transferencia de energía y cantidad de movimiento. | Modelos matemáticos de sistemas hidráulicos. |

| Tecnología de la Energía Térmica | Tema relacionado |
|---|---|
| Transferencia de energía | Modelos matemáticos de sistemas térmicos. |

| Ingeniería de las reacciones | Tema relacionado |
|-------------------------------------|---|
| Cinética. Reactores. | Modelos matemáticos de sistemas químicos. |

| Operaciones Unitarias I | Tema relacionado |
|--------------------------------|--|
| Circulación de fluidos. | Modelos matemáticos de sistemas hidráulicos. |

Articulación con el Nivel:

| Asignatura | Carga Horaria | Porcentaje |
|---------------------------------------|---------------|--------------|
| Control Automático de Procesos | 128 | 18,18 |
| Industria de Procesos | 128 | 18,18 |
| Ingeniería Ambiental | 128 | 18,18 |
| Gestión de Control de Alimentos | 64 | 9,09 |
| Envases Alimenticios | 160 | 22,73 |
| Proyecto Final | 96 | 13,64 |

Temas relacionados con materias del nivel:

| Industrias de Procesos | Tema relacionado |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| Control de variables de proceso | Diagrama de cañerías e instrumentos. |

Articulación con las correlativas:

| Asignatura | Para cursar | | Para rendir |
|---------------------------------------|---|-------------------------|---|
| | Cursada | Aprobada | Aprobada |
| Control Automático de Procesos | . Matemática Superior Aplicada . Operaciones Unitarias I . Tecnología de la Energía Térmica | Fenómenos de Transporte | . Matemática Superior Aplicada . Operaciones Unitarias I . Tecnología de la Energía Térmica |

Temas relacionados con las correlativas:

| Matemática Superior Aplicada | Tema relacionado |
|---|---|
| Transformada de Laplace. Ecuaciones Diferenciales. | Resolución de Ecuaciones Diferenciales. |

| Operaciones Unitarias I | Tema relacionado |
|--------------------------------|--|
| Circulación de fluidos. | Modelos matemáticos de sistemas hidráulicos. |

| Tecnología de la Energía Térmica | Tema relacionado |
|---|---|
| Transferencia de energía | Modelos matemáticos de sistemas térmicos. |

| Fenómenos de Transporte | Tema relacionado |
|--|--|
| Transferencia de energía y cantidad de movimiento. | Modelos matemáticos de sistemas hidráulicos. |

ORIENTACIÓN

Del Área:

Es la definida por las asignaturas del área.

De la Asignatura:

Incorporación de los principios teóricos y prácticos, los criterios de selección y los de diseño para introducirse en el control automático de procesos de plantas industriales.