

# Programa de Control Predictivo Aplicado a Procesos Industriales



Código:

## Identificación y características de la Actividad Curricular

Carrera/s:	Ingeniería Electrónica		
Plan de Estudios:	2014	Carácter:	Electiva
Bloque/Campo:	Tecnologías Aplicadas	Área:	Control
Régimen de cursado:	Cuatrimestral		
Cuatrimestre:	9º [ECA]		
Carga horaria:	64 hs / 4 hs semanales	Formato Curricular:	ECE
Escuela:	Ingeniería Electrónica	Departamento:	Control
Docente responsable:	Dr. Diego Feroldi		

## Programa Sintético

- Unidad 1: Introducción al Control Predictivo basado en Modelo (MPC)
- Unidad 2: Formulación básica de un controlador MPC
- Unidad 3: Diseño y ajuste de controladores MPC
- Unidad 4: Estabilidad en controladores MPC
- Unidad 5: Otras formulaciones
- Unidad 6: Diseño e implementación de MPC con herramienta industrial SIEMENS PCS 7
- Unidad 7: Otros tipos de MPC

## Asignaturas Relacionadas

Previas: Teoría de Control

Simultáneas Recomendadas:

Posteriores:

Vigencia desde 2018

.....  
Firma Profesor

.....  
Fecha

.....  
Firma Aprob. Escuela

.....  
Fecha

Aval del Consejo Asesor en Reunión del 28/02/2018

## Características Generales

La asignatura Control Predictivo Aplicado a Procesos Industriales es una asignatura electiva ubicada en el IX° semestre del plan de estudios de la carrera Ingeniería Electrónica. En el desarrollo de la asignatura, se aborda el Control Predictivo basado en Modelos (MPC, del acrónimo en inglés Model Predictive Control) aplicado a procesos industriales. Durante el desarrollo de la misma se tratan los fundamentos teóricos del mencionado método de control y se ejemplifica a través de casos de estudios de procesos industriales mediante simulación computacional empleando la herramienta de software matemático MATLAB. La asignatura ofrece también un acercamiento al uso e implementación de MPC mediante un sistema de control de procesos ampliamente utilizado en la industria como es el SIEMENS PCS 7. Se complementa el dictado de la asignatura con la realización de trabajos prácticos, basados en la simulación de procesos industriales (químicos y energéticos) con el objetivo de acercar a los alumnos a los problemas concretos de la práctica profesional.

## Objetivos

Que el estudiante que haya aprobado la asignatura sea capaz de:

1. Interpretar, diseñar y programar controladores para sistemas lineales y no lineales mediante estructuras de Control Predictivo basado en Modelos (MPC, del acrónimo en inglés Model Predictive Control) mediante adecuadas herramientas informáticas.
2. Analizar de manera autónoma los nuevos resultados del conocimiento sobre los temas incluidos en la asignatura.
3. Adquirir las habilidades metodológicas para usar los conocimientos adquiridos en la asignatura de manera independiente.

## Contenido Temático

### **UNIDAD 1: Introducción al control predictivo basado en modelo**

Motivación. Ideas básicas. Historia y terminología. Revisión de programas comerciales. Rol del control predictivo basado en modelo. Concepto de horizonte deslizante. Concepto de horizonte de control y horizonte de predicción. Puntos de coincidencia. Solución usando mínimos cuadrados. Cálculo de los movimientos óptimos de control. Compensación por errores de modelado. Realineamiento de la planta basado en datos. Ejemplos.

### **UNIDAD 2: Formulación básica de un control predictivo basado en modelo (MPC)**

Modelos lineales en espacio de estado. Formulación básica. Características generales del control predictivo con restricciones. Secuencia de acciones. Funciones de costo cuadráticas. Modelo lineales para plantas no lineales. Restricciones lineales. Esquema planta/controlador. Predicción basada en modelo. Uso de observadores: observador de estados. Modelos independientes y modelos re-alineados. Ejemplos.

### **UNIDAD 3: Diseño y ajuste de controladores MPC**

Cómputo de la solución para distintos casos: sin restricciones, con restricciones y con restricciones flexibles. Uso de la herramienta MPC en Matlab. Objetivos del ajuste. Pesos. Horizontes. Modelo de perturbación y observadores dinámicos. Trayectorias de referencia. Efectos del control de pesos. Casos especiales. Ejemplos.

#### **UNIDAD 4: Estabilidad en controladores MPC**

Optimalidad y estabilidad. Función de las garantías de estabilidad. Ejemplo de inestabilidad. Estrategia de prueba. Estabilidad con horizonte infinito. Restricciones terminales. Ejemplos.

#### **UNIDAD 5: Otras formulaciones**

Estructura "feedforward". Funciones de costo no cuadráticas. Control predictivo funcional (PFC). Control predictivo de matriz dinámica (DMC). Formulación GPC (control predictivo generalizado). GPC simplificado. MPC por zonas. Ejemplos.

#### **UNIDAD 6: Diseño e implementación de MPC con herramienta industrial Siemens PCS 7**

Introducción a PCS 7. Bloque ModPreCon. Requisitos de implementación. Algoritmo interno. Modos de funcionamiento. Configuración básica. Identificación del modelo del proceso. Diseño con MPC *configurator*. Implementación. Puesta en marcha. Testeo. Ejemplos.

#### **UNIDAD 7: Otros tipos de MPC**

MPC no lineal (NMPC). MPC híbrido. MPC explícito. MPC económico. Ejemplos.

### **Modalidades de enseñanza-aprendizaje**

Clases magistrales de encuadre e ilustración mediante ejemplos de cada tema impartidas por el docente.

Complemento con trabajos prácticos de simulación realizados en laboratorio.

### **Actividades de Formación Práctica**

A lo largo del dictado de la asignatura se realizarán 4 (cuatro) trabajos prácticos:

TP 1: Control Predictivo Basado en Modelos usando la herramienta MATLAB MPC.

TP 2: Control predictivo usando funciones básicas de MATLAB.

TP 3: Control por Matriz Dinámica (DMC).

TP 4: Diseño e implementación de MPC usando la herramienta SIEMENS PCS7.

### **Evaluación**

Alcanzarán la promoción de la materia quienes hayan cumplido los siguientes requisitos:

1. Aprobación de todos los Trabajos Prácticos.
2. Aprobación del 80% del total de problemas asignados en los Parciales de Práctica.
3. Aprobación del 80% de los temas de teoría evaluados en los Parciales de Teoría.
4. Evaluación final mediante coloquio globalizador.

## Distribución de la carga horaria

### Presenciales

<b>Teoría</b>		<b>40 hs</b>
<b>Práctica</b>	<b>Experimental de laboratorio</b>	<b>24 hs</b>
	<b>Experimental de Campo</b>	<b>--- hs</b>
	<b>Resolución de Problemas y Ejercicios</b>	<b>--- hs</b>
	<b>Problemas abiertos de ingeniería</b>	<b>--- hs</b>
	<b>Actividades de Proyecto y Diseño</b>	<b>--- hs</b>
	<b>Práctica Profesional Supervisada</b>	<b>--- hs</b>
	<b>Total</b>	<b>64 hs</b>

### Evaluaciones

	<b>Dedicadas por el alumno fuera de clase</b>	
	<b>Preparación Teórica</b>	<b>40 hs</b>
	<b>Preparación Práctica</b>	<b>20 hs</b>
	<b>Elaboración y redacción de informes, trabajos, presentaciones, etc.</b>	<b>10 hs</b>

## Bibliografía básica

- “Model Predictive Control Toolbox 3: Getting Started Guide”, A. Bemporad, M. Morari, N. L. Ricker, The MathWorks, Inc., 2009.  
[http://www.mathworks.cn/help/pdf\\_doc/mpc/mpc\\_gs.pdf](http://www.mathworks.cn/help/pdf_doc/mpc/mpc_gs.pdf) .
- “Model Predictive Control Toolbox: User’s Guide”, A. Bemporad, M. Morari, N. L. Ricker. The MathWorks, Inc., 2009.  
[http://www.mathworks.es/help/releases/R13sp2/pdf\\_doc/mpc/mpc.pdf](http://www.mathworks.es/help/releases/R13sp2/pdf_doc/mpc/mpc.pdf).
- “Model predictive control”, E. Camacho, C. Bordons, Springer Verlag, 2004.
- “Predictive Control with Constraints”, J.M.Maciejowski, Pearson education, 2002.
- “Multivariable Feedback Design”, J.M. Maciejowski, Addison-Wesley, Wokingham,UK, 1989.
- “Predictive Functional Control: Principles and Industrial Applications”, Richalet, J. and O’Donovan, D. (2009). Springer.
- “SIMATIC PCS7 Process Control System: Getting Started”, Siemens, 2004.  
<http://www.pacontrol.com/siemens-manuals/Simatic-Getting-Started-PCS7.pdf>
- “Guidelines for the use of the SIMATIC PCS 7 embedded MPC”, Siemens, 2009.  
<http://w3.siemens.com/mcms/process-control-systems>
- Apuntes de la cátedra.

## Bibliografía complementaria

- “Using MATLAB to analyze and design Control Systems” N. Leonard, W. Levine, Benjamin-Cummings Publishing Co., Inc., 2nd edition, 1995.
- “Model predictive control: past, present and future”, M. Morari, J. Lee, Computers and Chemical Engineering, 23:667-682, 1999.
- “Multivariable Model Predictive Control - Distillation Column as an Application Example”, Siemens, 2009  
[http://cache.automation.siemens.com/dnl/zi/zIzMzM1MwAA\\_37361208\\_Tools/37361208\\_MPC\\_en.pdf](http://cache.automation.siemens.com/dnl/zi/zIzMzM1MwAA_37361208_Tools/37361208_MPC_en.pdf)
- “Distillation Column using the example of the Chemical Industry”, Siemens, 2013.  
[https://cache.automation.siemens.com/dnl/zc/zcyMjMxNQAA\\_48418663\\_Tools/48418663\\_DistillColumn\\_en.pdf](https://cache.automation.siemens.com/dnl/zc/zcyMjMxNQAA_48418663_Tools/48418663_DistillColumn_en.pdf)

### Recursos web y otros recursos

- MathWorks, “Design and simulate model predictive controllers”,  
<https://www.mathworks.com/products/mpc.html>.

### Cronograma de actividades

Semana	Unidad	Tema	Actividad
1	1	Introducción al control predictivo basado en modelo.	Clases teóricas
2	2	Formulación básica de un control predictivo basado en modelo (MPC).	Clases teóricas
3	2	Formulación básica de un control predictivo basado en modelo (MPC).	Clases teóricas
4	3	Diseño y ajuste de controladores MPC.	Clases teóricas
5	3	Diseño y ajuste de controladores MPC.	Clases teóricas
6	1/2/3	TP 1: Control Predictivo Basado en Modelos usando la herramienta MATLAB MPC.	Trabajo práctico en laboratorio
7	4/5	Estabilidad en controladores MPC. Otras formulaciones.	Clases teóricas
8	1/2/3	TP 2: Control predictivo usando funciones básicas de MATLAB.	Trabajo práctico en laboratorio
9	5	Otras formulaciones.	Clases teóricas
10	5	Otras formulaciones.	Clases teóricas
11	5	TP 3: Control por Matriz Dinámica (DMC).	Trabajo práctico en laboratorio
12	6	Diseño e implementación de MPC con herramienta industrial Siemens PCS 7.	Clases teóricas
13	6	TP 4: Diseño e implementación de MPC usando la herramienta SIEMENS PCS7.	Trabajo práctico en laboratorio
14	6/7	TP 4: Diseño e implementación de MPC usando la herramienta SIEMENS PCS7	Trabajo práctico en laboratorio
15	7	Otros tipos de MPC.	Clases teóricas
16	7	Otros tipos de MPC. / Examen parcial	Clases teóricas / Evaluación