



## 1. Datos Generales de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura:</b>	Integración de Sistemas Mecatrónicos
<b>Clave de la asignatura:</b>	MCC-2307
<b>SATCA<sup>1</sup>:</b>	2 - 2 - 4
<b>Carrera:</b>	Ingeniería Electrónica

## 2. Presentación

### Caracterización de la asignatura

La industria ha evolucionado significativamente en los últimos años, requiriendo la integración de sistemas en donde los dispositivos puedan comunicarse y compartir información a través de una red industrial. Una red industrial conecta a través de cables de comunicación a Controladores Lógicos Programables, Sensores, Variadores de Frecuencia para motores de inducción trifásicos, Robots industriales, entre otros dispositivos; en una red industrial se pueden monitorear desde una interfaz de usuario, las condiciones de operación y fallas que se puedan presentar.

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Electrónico los conceptos habilidades y destrezas en la integración y configuración de los diferentes elementos que se conectan a una red industrial, así como el control de variables.

Las principales aportaciones que esta asignatura brinda al perfil profesional son:

- Diseñar, analizar y construir equipos y/o sistemas electrónicos para la solución de problemas en el entorno profesional, aplicando normas técnicas y estándares nacionales e internacionales. Crear, innovar y transferir tecnología aplicando métodos y procedimientos en proyectos de ingeniería electrónica, tomando en cuenta el desarrollo sustentable del entorno.
- Resolver problemas en el sector productivo mediante la automatización, instrumentación y control.
- Desarrollar aplicaciones en un lenguaje de programación de alto nivel para la solución de problemas relacionados con las diferentes disciplinas en el área.
- Diseñar e implementar interfaces gráficas de usuario para facilitar la interacción entre el ser humano, los equipos y sistemas electrónicos.

### Intención didáctica

Este programa de estudios organiza el temario de la asignatura en cuatro unidades, iniciando con la Programación avanzada de Controladores Lógicos Programables, en donde el alumno Implementará controladores clásicos utilizando un PLC de altas prestaciones para la adquisición y procesamiento de señales analógicas. Se utilizará como material de apoyo los manuales de operación de los PLCs utilizados para tal propósito.

En la segunda unidad se realizará la comunicación entre una Interfaz Hombre Máquina (HMI), un Controlador Lógico Programable (PLC), Variadores de Frecuencia (VFD) y motores de inducción trifásicos. El alumno desarrollará interfaces hombre máquina para el monitoreo y control de diversos parámetros de los VFDs. Se utilizará como material de apoyo el manual de operación de la terminal de operación gráfica, manual de instrucciones de operación tanto del PLC, HMI y del VFD.

En la tercera unidad se cubre el tema de protocolos de comunicación industrial que permitan realizar una comunicación entre un PLC-PLC y PLC-ROBOT. Se utilizarán dos protocolos: CCLink



y Ethernet IP. El material de apoyo serán los manuales correspondientes a cada protocolo.

Finalmente en la última unidad, Integración de sistemas automatizados, se abordará un caso de estudio en donde el alumno integrará un sistema utilizando PLC, HMI, VFD, Robots, sensores y actuadores tanto analógicos como digitales.

### 3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

<b>Lugar y fecha de elaboración o revisión</b>	<b>Participantes</b>	<b>Observaciones</b>
Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato. Enero de 2017.	Academia de Ingeniería Electrónica. Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato.	Reunión para la revisión curricular de la carrera de Ingeniería electrónica y definición de los programas de estudio (Módulo de especialidad) de la carrera de Ingeniería Electrónica.
Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato. Enero de 2019	Academia de Ingeniería Electrónica. Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato.	Reunión para la revisión curricular de la carrera de Ingeniería electrónica, se acuerda mantener el contenido de la materia.
Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato. Enero de 2020	Academia de Ingeniería Electrónica. Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato.	Reunión para la revisión curricular de la carrera de Ingeniería electrónica y modificación del contenido del programa de estudio para su actualización y pertinencia con las demandas de la industria.
Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato. Enero de 2023.	Academia de Ingeniería Electrónica. Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato.	Reunión para la revisión curricular de la carrera de Ingeniería electrónica y modificación del contenido del programa de estudio para su actualización y pertinencia con las demandas de la industria.

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



#### 4. Logro formativo a desarrollar en la asignatura

##### Saberes, habilidades y destrezas de la asignatura

Capacidad de abstracción, análisis y síntesis; habilidades para buscar, procesar y analizar información; Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas; conocimientos sobre el área de estudio y la profesión; capacidad de trabajo en equipo, habilidades interpersonales; compromiso con la calidad y ética.

- Implementa un controlador clásico utilizando Controlador Lógico Programable.
- Controla motores de inducción trifásicos mediante la integración de HMI-PLC-VFD a través de protocolos de comunicación Mitsubishi y MODBUS.
- Implementa protocolos de comunicación industrial para realizar la comunicación PLC-PLC y PLC-Robot.
- Automatiza una línea de producción utilizando redes de comunicación industrial.

#### 5. Saberes, habilidades y destrezas previas

- Conocimientos de los fundamentos de máquinas eléctricas.
- Habilidad en el entendimiento de circuitos lógicos secuenciales.
- Habilidad en el entendimiento de máquinas de estado y autómatas programables.
- Comprensión de la estructura a bloques de un sistema automático y habilidad.
- Habilidad en la programación de PLC y HMI.



## 6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Implementación de controladores clásicos utilizando PLCs.	1.1 Características de los módulos de entradas y salidas analógicas de los PLCs. <ul style="list-style-type: none"> <li>1.1.1 Características eléctricas;</li> <li>1.1.2 Registros y marcas especiales</li> </ul> 1.2 Función de Control PID. <ul style="list-style-type: none"> <li>1.2.1 Expresión de operación básica del control PID.</li> <li>1.2.2 Parámetros asociados a la función.</li> <li>1.2.3 Sintonización del controlador.</li> </ul> 1.3 Implementación de un controlador PID. <ul style="list-style-type: none"> <li>1.3.1 Control de temperatura.</li> <li>1.3.2 Control de nivel.</li> <li>1.3.3 Control de velocidad.</li> </ul>
2	Integración de HMI - PLC – VFD	2.1 Configuración de VFDs. <ul style="list-style-type: none"> <li>2.1.1 Modos de operación del VFD.</li> <li>2.1.2 Ajuste de parámetros.</li> </ul> 2.2 Comunicación de VFD con PLC mediante el protocolo Mitsubishi. <ul style="list-style-type: none"> <li>2.2.1 Conexión de dispositivos.</li> <li>2.2.2 Configuración de parámetros.</li> <li>2.2.3 Monitoreo y control de parámetros con HMI.</li> <li>2.2.4 Control de múltiples estaciones.</li> </ul> 2.3 Comunicación de VFD con PLC mediante el protocolo MODBUS. <ul style="list-style-type: none"> <li>3.2.1 Conexión de dispositivos.</li> <li>3.2.2 Configuración de parámetros.</li> <li>3.2.3 Monitoreo y control de parámetros con HMI.</li> <li>3.2.4 Control de múltiples estaciones.</li> </ul> 2.4. Comunicación de VFD con HMI mediante el protocolo RS422. <ul style="list-style-type: none"> <li>3.2.1 Conexión de dispositivos.</li> <li>3.2.2 Configuración de parámetros.</li> <li>3.2.3 Monitoreo y control de parámetros con HMI.</li> <li>3.2.4 Control de múltiples estaciones.</li> </ul>



3	Integración de PLC-PLC y PLC-ROBOT utilizando protocolos de comunicación industrial.	3.1 Comunicación CLink. 3.1.1 Características de la comunicación; 3.1.2 Requisitos de hardware. 3.1.3 Asignación de memoria. 3.1.4 Registros e instrucciones especiales. 3.2 Comunicación Ethernet IP 3.2.1 Características de la comunicación; 3.2.2 Requisitos de hardware. 3.2.3 Asignación de memoria. 3.2.4 Registros e instrucciones especiales.
4	Automatización de procesos.	4.1 Automatización de una celda de producción. 4.1.1 Control de elementos electro-neumáticos. 4.1.2 Control de bandas transportadoras. 4.1.3 Control de Robot industrial con PLC. 4.1.4 Monitoreo y control del sistema con HMI.



### 7. Actividades de aprendizaje de los temas

Tema 1. Implementación de controladores clásicos utilizando PLCs.	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Implementa un controlador clásico utilizando Controlador Lógico Programable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Investiga las características eléctricas de los módulos de entradas y salidas analógicas de los PLCs;</li> <li>● Identifica los Registros y marcas especiales para el manejo de señales analógicas;</li> <li>● Analiza la Expresión de operación básica del control PID.</li> <li>● Identifica los Parámetros asociados a la función PID.</li> <li>● Investiga los métodos de sintonización de un controlador.</li> <li>● Implementa un controlador PID.</li> </ul>
Tema 2. Integración de HMI-PLC-VFD.	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Controla motores de inducción trifásicos mediante la integración de HMI-PLC-VFD a través de protocolos de comunicación Mitsubishi y MODBUS.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Investiga los modos de operación del VFD.</li> <li>● Configura parámetros de operación del VFD.</li> <li>● Conecta un VFD con un PLC.</li> <li>● Configura parámetros de comunicación en el VFD y el PLC mediante el protocolo Mitsubishi .</li> <li>● Desarrolla una interfaz gráfica de usuario en una HMI para monitorear y controlar el VFD a través del PLC utilizando el protocolo Mitsubishi.</li> <li>● Desarrolla una interfaz gráfica de usuario en una HMI para monitorear y controlar múltiples estaciones a través del PLC utilizando el protocolo Mitsubishi.</li> <li>● Configura parámetros de comunicación en el VFD y el PLC mediante el protocolo MODBUS.</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrolla una interfaz gráfica de usuario en una HMI para monitorear y controlar el VFD a través del PLC utilizando el protocolo MODBUS.</li> <li>• Desarrolla una interfaz gráfica de usuario en una HMI para monitorear y controlar múltiples estaciones a través del PLC utilizando el protocolo MODBUS.</li> <li>• Configura parámetros de comunicación en el VFD y la HMI mediante el protocolo RS422.</li> <li>• Desarrolla una interfaz gráfica de usuario en una HMI para monitorear y controlar el VFD mediante el protocolo RS422.</li> </ul>
<p>Tema 3. Integración de PLC-PLC y PLC-ROBOT utilizando protocolos de comunicación industrial.</p>	
<p>Saberes, habilidades y destrezas</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Implementa protocolos de comunicación industrial para realizar la comunicación PLC-PLC y PLC-Robot</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investiga y elabora un resumen de las características de la comunicación CCLink;</li> <li>• Investiga y reporta los requisitos de hardware para establecer la comunicación CCLink, indicando los módulos necesarios, compatibilidad en versiones, compatibilidad con PLCs y requerimientos del cable de conexión.</li> <li>• Investiga la manera en que se asigna la memoria en la estaciones maestras y esclavas.</li> <li>• Interpreta y reporta las características de las instrucciones, registros especiales y marcas necesarias (os) para establecer una comunicación CCLink.</li> <li>• Realiza una comunicación entre PLCs con el protocolo CCLink.</li> <li>• Investiga y elabora un resumen de las características de la comunicación Ethernet IP;</li> <li>• Investiga y reporta los requisitos de hardware para establecer la comunicación Ethernet IP,</li> </ul>



	<p>indicando los módulos necesarios, compatibilidad en versiones, compatibilidad con PLCs y requerimientos del cable de conexión.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>● Investiga la manera de mapear la memoria en un robot y en el PLC.</li><li>● Interpreta y reporta las características de las instrucciones, registros especiales y marcas necesarias (os) para establecer una comunicación Ethernet IP.</li><li>● Realiza una comunicación entre un PLC y un Robot Fanuc utilizando la comunicación Ethernet IP.</li></ul>
--	---



<b>Tema 4. Integración de sistemas automatizados.</b>	
<b>Saberes, habilidades y destrezas</b>	<b>Actividades de aprendizaje</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Automatiza una línea de producción utilizando redes de comunicación industrial</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Identifica los elementos eléctricos electro-neumáticos con los que cuenta la celda de producción.</li><li>• Elabora un diagrama de conexión de los elementos eléctricos electro-neumáticos con los que cuenta la celda de producción.</li><li>• Realiza la automatización de la parte de la celda de producción que utiliza elementos electro-neumáticos.</li><li>• Identifica el tipo de VFD con el que cuentan las bandas transportadoras.</li><li>• Programa el VFD para operación en red.</li><li>• Elabora un subprograma para el control del VFD.</li><li>• Establece la comunicación entre un PLC y el Robot que integra a la celda de producción.</li><li>• Desarrolla una interfaz de usuario para Monitorear y controlar la celda de producción desde una HMI.</li></ul>



## **8. Práctica(s)**

Caracterización de las entradas y salidas analógicas de un PLC;

Implementación de un control PI con PLC;

Caracterización de VFDs de diferentes fabricantes en modo local y remoto;

Control de una estación de VFD con PLC utilizando el protocolo Mitsubishi y un panel de control en una HMI;

Control de múltiples estaciones de VFDs con PLC utilizando el protocolo Mitsubishi y un panel de control en una HMI;

Control de una estación de VFD con PLC utilizando el protocolo MODBUS y un panel de control en una HMI;

Control de múltiples estaciones de VFDs con PLC utilizando el protocolo MODBUS y un panel de control en una HMI;

Control de una estación de VFD directamente desde una HMI;

Control de múltiples estaciones de VFDs directamente desde una HMI;

Comunicación CCLink entre PLCs;

Comunicación Ethernet entre PLCs;

Comunicación Ethernet IP entre PLC y Robot;

Automatización de una celda de producción.



## 9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance del(los) logro(s) formativo(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 los saberes, habilidades y destrezas 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", el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

Se desarrollará la automatización de una celda de producción que integre a un robot neumático, banda transportadora y Robot industrial, empleando las competencias desarrolladas en las unidades 1,2 y 3.



## 10. Evaluación de saberes, habilidades y destrezas

Las evidencias de los aprendizajes que contribuyen al desarrollo de competencias son:

**De comportamiento:** Dinámica de grupos y participaciones individuales o grupales.

**De desempeño:** Reportes de investigación, grupales o individuales y problemas desarrollados en forma independiente.

**De producto:** AOP aprendizaje orientado a proyectos, ABP aprendizaje basado en problemas, método de casos, métodos de creatividad, métodos de simulación, resolución de problemas, interacción con software, portafolio de evidencias y rubricas de evaluación.

**De conocimiento:** Pruebas objetivas de lo visto en clase método de casos análisis de

## 11. Referencias

- Groover. Automation, Production Systems and CIM. Prentice Hall.
- Enrique Mandado Pérez. Autómatas programables y sistemas de automatización. Ed. Aprotega.
- Motion Control, NI-Motion™ User Manual.  
User Guide and Specifications NI UMI-7774/7772.
- MELSEC iQ-F FX5 User's Manual (Application).
- MELSEC iQ-F FX5 User's Manual (Positioning Control - CPU module built-in, High-speed pulse input/output module).
- MELSEC-F User's manual CC-Link interface block FX2N-32CCL.
- MELSEC-F User's manual CC-Link FX3U-64CCL.
- MELSEC-F User's manual CC-Link FX3U-16CCL-M
- FANUC robot series R-30Ia/ R-30Ia Mate Controller Ethernet function, operator's manual.
- Motion Control 7344/7334 Hardware User Manual.
- Getting Started with NI Motion Control.  
User Manual NI SMD-7611/7612.