



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA ACADÉMICA**  
**DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR**



**PROGRAMA SINTÉTICO**

<b>UNIDAD ACADÉMICA:</b> ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO (ESCOM), UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE INGENIERÍA, CAMPUS ZACATECAS (UPIIZ)	
<b>PROGRAMA ACADÉMICO:</b> Ingeniería en Sistemas Computacionales	
<b>UNIDAD DE APRENDIZAJE:</b> Embedded systems	<b>SEMESTRE:</b> VI <b>PLAN DE ESTUDIOS:</b> 2020

<b>PROPÓSITO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE</b>				
Implementa aplicaciones de sistemas embebidos con base en sus periféricos y el sistema operativo Linux.				
<b>CONTENIDOS:</b>	I. Fundamentos de sistemas embebidos II. Sistemas operativos basados en Linux para sistemas embebidos III. Programación de periféricos en sistemas embebidos basados en Linux IV. Sistema de arranque en sistemas operativos basados en Linux V. Personalización del sistema operativo basado en Linux			
<b>ORIENTACIÓN DIDÁCTICA:</b>	<b>Métodos de enseñanza</b>		<b>Estrategias de aprendizaje</b>	
	a) Inductivo	x	a) Estudio de Casos	
	b) Deductivo	x	b) Aprendizaje Basado en Problemas	
	c) Analógico		c) Aprendizaje Orientado a Proyectos	x
<b>EVALUACIÓN Y ACREDITACIÓN:</b>	d) Heurístico	x		
	Diagnóstica	x	Saberes Previamente Adquiridos	x
	Solución de casos		Organizadores gráficos	
	Problemas resueltos		Problemarios	
	Reporte de proyectos	x	Exposiciones	
	Reportes de indagación		<b>Otras evidencias a evaluar:</b> Código y reporte de programas, de aplicaciones y de la configuración del sistema Imágenes generadas y ejecución de aplicaciones	
	Reportes de prácticas	x		
Evaluación escrita				
<b>BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:</b>	<b>Autor(es)</b>	<b>Año</b>	<b>Título del documento</b>	<b>Editorial / ISBN</b>
	Gonzalez, A.	2018	Embedded Linux Development Using Yocto Project	Packt publishing/ 978178839921
	Lacamera, D.	2018	Embedded Systems Architecture	Packt publishing/ 1788832507
	Marquez, F.	2004	Unix Programación Avanzada	Ra-Ma/ 8478976035
	Upton, E.	2016	Raspberry Pi User Guide	Wiley/ 1119264367
	Vasquez, F.	2021	Mastering Embedded Linux Programming	Packt publishing/ 1789530385



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA ACADÉMICA**  
**DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR**  
**PROGRAMA DE ESTUDIOS**



**UNIDAD DE APRENDIZAJE:** Embedded systems

**HOJA 2 DE 8**

<b>UNIDAD ACADÉMICA:</b> ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO (ESCOM), UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE INGENIERÍA, CAMPUS ZACATECAS (UPIIZ)		
<b>PROGRAMA ACADÉMICO:</b> Ingeniería en Sistemas Computacionales		
<b>SEMESTRE:</b> VI <b>PLAN DE ESTUDIOS:</b> 2020	<b>ÁREA DE FORMACIÓN:</b> Profesional	<b>MODALIDAD:</b> Escolarizada
<b>TIPO DE UNIDAD DE APRENDIZAJE:</b> Teórica- Práctica/ Optativa		
<b>VIGENTE A PARTIR DE:</b> Agosto 2022	<b>CRÉDITOS:</b>	
	<b>TEPIC:</b> 7.5	<b>SATCA:</b> 6.3
<b>INTENCIÓN EDUCATIVA</b>		
<p>La unidad de aprendizaje contribuye al perfil de egreso de la Ingeniería en Sistemas Computacionales desarrollando habilidades para diseñar e implementar sistemas embebidos mediante programación de periféricos de un sistema embebido basado en linux usando diferentes interfaces desde el espacio de usuario del sistema operativo, así como implementar aplicaciones de sistemas embebidos usando el sistema de arranque del sistema operativo para su ejecución durante el encendido del sistema, y crear versiones personalizadas del sistema operativo para la optimización en la ejecución de los procesos necesarios para la aplicación. Asimismo, desarrolla habilidades transversales como comunicación efectiva, trabajo en equipo, creatividad, responsabilidad social, asertividad, ingenio, capacidad de organización y planificación.</p> <p>Esta unidad de aprendizaje se relaciona de manera antecedente con Sistemas en chip, Arquitectura de computadoras, Diseño de sistemas digitales, Fundamentos de diseño digital, Matemáticas discretas, Teoría de la computación, Sistemas operativos y Redes de computadoras; y consecuentemente con Internet of things.</p>		
<b>PROPÓSITO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE</b>		
Implementa aplicaciones de sistemas embebidos con base en sus periféricos y el sistema operativo Linux.		

<b>TIEMPOS ASIGNADOS</b>
<b>HORAS TEORÍA/SEMANA:</b> 3.0
<b>HORAS PRÁCTICA/SEMANA:</b> 1.5
<b>HORAS TEORÍA/SEMESTRE:</b> 54.0
<b>HORAS PRÁCTICA/SEMESTRE:</b> 27.0
<b>HORAS APRENDIZAJE AUTÓNOMO:</b> 24.0
<b>HORAS TOTALES/ SEMESTRE:</b> 81.0

<b>UNIDAD DE APRENDIZAJE REDISEÑADA POR:</b> Academia de Sistemas Digitales
<b>REVISADA POR:</b>  M. en C. Iván Giovanni Mosso García <b>Subdirector Académico ESCOM</b>
<b>APROBADA POR:</b> Consejo Técnico Consultivo Escolar  M. en C. Andrés Ortigoza Campos <b>Presidente ESCOM</b> <b>06/07/2022</b>
  Dr. Fernando Flores Mejía <b>Presidente UPIIZ</b> <b>27/06/2022</b>

<b>APROBADO POR:</b> Comisión de Programas Académicos del Consejo General Consultivo del IPN.
<b>11/07/2022</b>

<b>AUTORIZADO Y VALIDADO POR:</b>   Mtro. Mauricio Igor Jasso Zaranda <b>Director de Educación Superior</b>
---



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA ACADÉMICA**  
**DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR**



**UNIDAD DE APRENDIZAJE:**

Embedded systems

**HOJA 3 DE 8**

UNIDAD TEMÁTICA I Fundamentos de sistemas embebidos	CONTENIDO	HORAS CON DOCENTE		HRS AA
		T	P	
<b>UNIDAD DE COMPETENCIA</b> Analiza los fundamentos de los sistemas embebidos con base en su arquitectura y tecnologías.	1.1 Conceptualización del sistema embebido	0.5		1.0
	1.2 Arquitectura y componentes de un sistema embebido	0.5		
	1.3 Clasificación de sistemas embebidos	0.5		
	1.4 Tecnologías para sistemas embebidos	0.5		
	1.5 Sistemas operativos para sistemas embebidos	0.5		
	1.6 Aplicaciones de los sistemas embebidos	0.5		
	Subtotal	3.0	0.0	1.0

UNIDAD TEMÁTICA II Sistemas operativos basados en Linux para sistemas embebidos	CONTENIDO	HORAS CON DOCENTE		HRS AA
		T	P	
<b>UNIDAD DE COMPETENCIA</b> Programa procesos, hilos y señales en espacio de usuario del sistema operativo de un sistema embebido con base en archivos Make y el uso de Git.	2.1 Sistema para el control de versiones distribuidas mediante Git	2.0	2.0	1.0
	2.2 Archivos Make (Makefiles)	2.0	1.0	1.0
	2.2.1 Características de GNU Make			
	2.2.2 Reglas para la creación de archivos Make			
	2.2.3 Objetivos falsos y variables en archivos Make			
	2.2.4 Reglas de patrón y variables automáticas			
	2.2.5 Uso de caracteres Wildcard y funciones para análisis y sustitución de cadenas			
	2.3 Procesos y sus mecanismos de comunicación	5.0	2.0	2.0
	2.3.1 Estructura de un proceso			
	2.3.2 Estados de un proceso			
2.3.3 Creación de un proceso (fork)				
2.3.4 Terminación de un proceso (exit y wait)				
2.3.5 Tuberías (pipes)				
2.3.6 Memoria compartida				
2.4 Hilos y sus mecanismos de sincronización	4.0	2.0	2.0	
2.4.1 Creación de un hilo (pthread_create)				
2.4.2 Terminación de un hilo (pthread_exit y pthread_join)				
2.4.3 Secciones críticas y exclusión mutua				
2.4.4 Bloqueo por exclusión mutua (pthread_mutex)				
2.4.5 Semáforos				
2.5 Señales	2.0	1.0	1.0	
2.5.1 Concepto y tipos de señales en linux				
2.5.2 Envío y manejo de señales (kill)				
2.5.3 Temporizadores				
Subtotal	15.0	8.0	7.0	



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA ACADÉMICA**  
**DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR**



UNIDAD DE APRENDIZAJE: Embedded systems

HOJA 4 DE 8

UNIDAD TEMÁTICA III Programación de periféricos en sistemas embebidos basados en Linux	CONTENIDO	HORAS CON DOCENTE		HRS AA
		T	P	
<b>UNIDAD DE COMPETENCIA</b> Programa los periféricos de un sistema embebido con base en interfaces desde el espacio de usuario en un sistema operativo Linux.	3.1 Inicialización del sistema embebido 3.1.1 Instalación del sistema operativo 3.1.2 Configuración de las interfaces de red alámbrica e inalámbrica con dirección estática 3.1.3 Configuración del sistema operativo para acceso mediante SSH, VNC y consola usando UART 3.1.4 Configuración del sistema operativo para acceso remoto mediante SSH tunneling	2.0	2.0	1.0
	3.2 Programación de periféricos en un sistema embebido desde el espacio de usuario 3.2.1 GPIOs 3.2.2 Interfaz UART 3.2.3 Interfaz SPI 3.2.4 Interfaz IIC 3.2.5 Interfaz CSI 3.2.6 Otros periféricos	18.0	6.0	4.0
	3.3 Interfaz de red 3.3.1 Arquitectura cliente/ servidor 3.3.2 Programación de cliente y servidor mediante sockets TCP en un sistema embebido 3.3.3 Programación de cliente y servidor mediante sockets UDP en un sistema embebido	2.0	2.0	2.0
	Subtotal	22.0	10.0	7.0



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA ACADÉMICA**  
**DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR**



UNIDAD DE APRENDIZAJE: Embedded systems

HOJA 5 DE 8

UNIDAD TEMÁTICA IV Sistema de arranque en sistemas operativos basados en Linux	CONTENIDO	HORAS CON DOCENTE		HRS AA
		T	P	
<b>UNIDAD DE COMPETENCIA</b> Configura el sistema de arranque del sistema embebido de acuerdo con los scripts para sistema D y sistema V.	4.1 Fundamentos 4.1.1 Etapas del sistema de arranque para la arquitectura del sistema embebido 4.1.2 Proceso Init y sus funciones principales 4.1.3 Procesos demonio 4.1.4 Niveles de ejecución en el sistema operativo	2.0	1.0	1.0
	4.2 Sistema de arranque D 4.2.1 Arquitectura del sistema de arranque D 4.2.2 Características del sistema de arranque D 4.2.3 Scripts del sistema de arranque D 4.2.4 Administración de procesos demonio mediante el sistema de arranque D	2.0	2.0	2.0
	4.3 Sistema de arranque V 4.3.1 Arquitectura del sistema de arranque V 4.3.2 Características del sistema de arranque V 4.3.3 Scripts del sistema de arranque V 4.3.4 Creación de enlaces simbólicos en los niveles de ejecución para iniciar y detener demonios 4.3.5 Administración de procesos demonio mediante el sistema de arranque V	3.0	2.0	2.0
Subtotal		7.0	5.0	5.0

UNIDAD TEMÁTICA V Personalización del sistema operativo basado en Linux	CONTENIDO	HORAS CON DOCENTE		HRS AA
		T	P	
<b>UNIDAD DE COMPETENCIA</b> Crea imágenes personalizadas del sistema operativo Linux de acuerdo con la herramienta seleccionada.	5.1 Herramientas para la creación de una versión personalizada de linux (Yocto, Buildroot)	0.5		
	5.2 Arquitectura de la herramienta elegida	0.5		
	5.3 Construcción de la imagen personalizada 5.3.1 Instalación de paquetes y repositorios necesarios para la construcción de la imagen personalizada. 5.3.2 Inicialización del ambiente de construcción 5.3.3 Configuración de opciones en los archivos locales de la herramienta 5.3.4 Habilidad de periféricos y características de la arquitectura	3.0	2.0	2.0
	5.4 Recetas 5.4.1 Recetas para aplicaciones personalizadas 5.4.2 Recetas para paquetes 5.4.3 Recetas para especificar el sistema D	3.0	2.0	2.0
Subtotal		7.0	4.0	4.0



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA ACADÉMICA**  
**DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR**



UNIDAD DE APRENDIZAJE: Embedded systems

HOJA: 6 DE 8

ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE	EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES
<p><b>Estrategia de Aprendizaje orientado en proyectos.</b></p> <p>El alumno desarrollará las siguientes actividades:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Elaboración de programas usando procesos, hilos, señales y temporizadores mediante el uso de archivos make y git para el sistema operativo linux.</li> <li>2. Elaboración de aplicaciones usando los diferentes periféricos del sistema embebido mediante el uso de archivos make y git para el sistema operativo linux.</li> <li>3. Configuración del sistema de arranque para la ejecución de las aplicaciones</li> <li>4. Generación de imágenes personalizadas del sistema operativo linux para la ejecución de aplicaciones.</li> <li>5. Realización de proyecto</li> <li>6. Realización de prácticas</li> </ol>	<p>Evaluación diagnóstica</p> <p>Portafolio de evidencias</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Código de programas con procesos, hilos, señales y temporizadores</li> <li>2. Código y reporte de las aplicaciones realizadas</li> <li>3. Código y reporte de la configuración del sistema de arranque.</li> <li>4. Imágenes generadas y ejecución de las aplicaciones</li> <li>5. Reporte de proyecto</li> <li>6. Reporte de prácticas</li> </ol>

RELACIÓN DE PRÁCTICAS			
PRÁCTICA No.	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	UNIDADES TEMÁTICAS	LUGAR DE REALIZACIÓN
1	Repositorios y administración de proyectos con git	II	Laboratorio
2	Programación modular en lenguaje C de algoritmos con archivos make	II	
3	Programación de algoritmos con procesos y mecanismos de comunicación	II	
4	Programación de algoritmos con hilos y mecanismos de sincronización	II	
5	Programación de algoritmos con señales y temporizadores	II	
6	Inicialización y configuración del sistema embebido	III	
7	Programación de GPIOs con scripts de shell y lenguaje C	III	
8	Programación de UART con archivos de dispositivo	III	
9	Programación de SPI con archivos de dispositivo	III	
10	Programación de IIC con archivos de dispositivo	III	
11	Programación de CSI con archivos de dispositivo	III	
12	Programación de la interfaz de red con sockets TCP y UDP	III	
13	Programación del sistema de arranque D con scripts y procesos demonio	IV	
14	Programación del sistema de arranque V con scripts y procesos demonio	IV	
15	Generación de imágenes personalizadas de Linux con la herramienta Yocto o Buildroot	V	
		<b>TOTAL DE HORAS:</b>	27.0





**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA ACADÉMICA**  
**DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR**



UNIDAD DE APRENDIZAJE: Embedded systems

HOJA: 7 DE 8

Bibliografía												
Tipo	Autor(es)	Año	Título del documento	Editorial/ ISBN	Documento							
					Libro	Antología	Otros					
C	Axelson, J.	2007	Serial Port Complete: COM Ports, USB Virtual COM Port and Ports for Embedded Systems	Lakeview Research/ 193144806X	X							
C	Chacon, S.	2014	Pro Git	Apress/ 1484200772	X							
B	González, A.	2018	Embedded Linux Development Using Yocto Project	Packt publishing/ 978178839921	X							
C	Kurt, W.	2001	Programación en Linux al Descubierto	Prentice Hall/ 842053014X	X							
B	Lacamera, D.	2018	Embedded Systems Architecture	Packt publishing/ 1788832507	X							
B	Márquez, F.	2004	Unix Programación Avanzada	Ra-Ma/ 8478976035	X							
C	Rosinski, R.	1996	Unix System V Release 4: An Introduction	McGraw-Hill Osborne Media/ 0078821304	X							
C	Tanenbaum, A.	2016	Modern Operating Systems	Pearson India/ 9789332575776	X							
B	Upton, E.	2016	Raspberry Pi User Guide	Wiley/ 1119264367	X							
B	Vasquez, F.	2021	Mastering Embedded Linux Programming	Packt publishing/ 1789530385	X							
Recursos digitales												
Autor, año, título y Dirección Electrónica					Texto	Simulador	Imagen	Tutorial	Video	Presentación	Diccionario	Otro
Broadcom Europe Ltd. and Raspberry Pi, Ltd. (2022). BCM2711 ARM Peripherals. <a href="https://datasheets.raspberrypi.com/bcm2711/bcm2711-peripherals.pdf">https://datasheets.raspberrypi.com/bcm2711/bcm2711-peripherals.pdf</a>					X							
Freedesktop. (2022). Systemd System and Service Manager. <a href="https://www.freedesktop.org/wiki/Software/systemd/">https://www.freedesktop.org/wiki/Software/systemd/</a>					X							
Linux Foundation® and Yocto Project®. (2022). Yocto Project. <a href="https://www.yoctoproject.org/">https://www.yoctoproject.org/</a>					X							
Free Electrons. (2017). vi basic commands. <a href="https://bootlin.com/doc/legacy/command-line/vi_memento.pdf">https://bootlin.com/doc/legacy/command-line/vi_memento.pdf</a>					X							
Free Electrons. (2017). GNU/Linux most wanted. <a href="https://bootlin.com/doc/legacy/command-line/command_memento.pdf">https://bootlin.com/doc/legacy/command-line/command_memento.pdf</a>					X							
Free Software Foundation. (2020). GNU Make Manual. <a href="https://www.gnu.org/software/make/manual/">https://www.gnu.org/software/make/manual/</a>					X							
NXP Semiconductors. (2014). I2C-Bus Specification and user manual. Rev. 6. <a href="https://www.nxp.com/docs/en/user-guide/UM10204.pdf">https://www.nxp.com/docs/en/user-guide/UM10204.pdf</a>					X							



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA ACADÉMICA**  
**DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR**



UNIDAD DE APRENDIZAJE: Embedded systems

HOJA: 8 DE 8

**PERFIL DOCENTE:** Ingeniería en Sistemas Computacionales, Computación, Comunicaciones y Electrónica o áreas afines, con grado de Maestría o Doctorado en áreas afines.

EXPERIENCIA PROFESIONAL	CONOCIMIENTOS	HABILIDADES DIDÁCTICAS	ACTITUDES
<p>Dos años en docencia a nivel superior</p> <p>Dos años en áreas de la industria y servicios afines a Ingenierías en electrónica, cómputo y comunicaciones (no indispensable)</p> <p>Un año en proyectos de investigación (no indispensable)</p>	<p>Programación usando lenguajes para sistemas embebidos</p> <p>Sistemas operativos basados en Linux</p> <p>Programación de microcontroladores</p> <p>Electrónica digital y diseño de sistemas digitales</p> <p>Redes de computadoras</p> <p>Arquitectura de Computadoras</p> <p>Desarrollo de proyectos de investigación</p> <p>Del Modelo Educativo Institucional</p>	<p>Coordinar grupos de aprendizaje</p> <p>Organizar equipos de aprendizaje</p> <p>Planificación de la enseñanza</p> <p>Manejo de estrategias didácticas centradas en el aprendizaje</p> <p>Manejo de TIC en la enseñanza y para el aprendizaje</p> <p>Comunicación multidireccional</p>	<p>Compromiso con la enseñanza e institucional</p> <p>Congruencia</p> <p>Disponibilidad al cambio</p> <p>Empatía</p> <p>Generosidad</p> <p>Honestidad</p> <p>Proactividad</p> <p>Respeto</p> <p>Responsabilidad</p> <p>Solidaridad</p> <p>Tolerancia</p> <p>Vocación de servicio</p> <p>Liderazgo</p>

**ELABORÓ**

**REVISÓ**

**AUTORIZÓ**

\_\_\_\_\_  
M. en C. Víctor Hugo García Ortega  
**Coordinador**

\_\_\_\_\_  
M. en C. Teodoro Ibarra Pérez  
**Coordinador**

\_\_\_\_\_  
Dr. Gelacio Castillo Cabrera  
**Participante**

\_\_\_\_\_  
M. en C. Andrés Ortigoza Campos  
**Director ESCOM**

\_\_\_\_\_  
M. en C. Fernando Aguilar Sánchez  
**Participante**

\_\_\_\_\_  
M. en C. Iván Giovanni Mosso  
García  
**Subdirector Académico  
ESCOM**

\_\_\_\_\_  
M. en C. José Celestino Elías Hernández  
Secundino  
**Participante**

\_\_\_\_\_  
Dr. Fernando Flores Mejía  
**Director UPIIZ**