



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

**APRUEBA CURSO DE POSGRADO
DEL DOCTORADO EN INGENIERÍA,
MENCIÓN INDUSTRIAL Y MENCIÓN SISTEMAS DE INFORMACIÓN**

Buenos Aires, 4 de septiembre de 2024

VISTO la Resolución N° 583/24 del Decano, ad-Referéndum del Consejo Directivo de la Facultad Regional Santa Fe, a través de la cual se solicita la aprobación y autorización de implementación del Curso de Posgrado "Modelado Formal de Sistemas Ciber-Físicos Industriales", para la carrera de Doctorado en Ingeniería, mención Industrial y mención Sistemas de Información, y

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resoluciones N° 1524/09 y 1670/12, el Consejo Superior autorizó a la Facultad Regional Santa Fe a dictar la carrera de Doctorado en Ingeniería, mención Industrial y mención Sistemas de Información, respectivamente.

Que el curso propuesto pretende brindar conocimientos para que los/as participantes puedan desarrollar competencias y habilidades en el área de modelado formal y análisis de sistemas ciber-físicos, con aplicación en la industria, permitiéndoles abordar las distintas fases del ciclo de vida del ICPS: diseño, desarrollo, puesta en marcha, suministro, operación y mantenimiento del sistema digitalizado.

Que la Facultad Regional Santa Fe cuenta con un plantel de docentes de elevado nivel académico y profesional, además de una prolongada y amplia experiencia en el dictado de cursos y seminarios vinculados al propuesto.

Que la Comisión de Posgrado de la Universidad ha analizado los antecedentes que acompañan la solicitud y avala la presentación, y la Comisión de Ciencia, Tecnología y Posgrado



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

recomienda su aprobación.

Que el dictado de la medida se efectúa en uso de las atribuciones otorgadas por el Estatuto Universitario.

Por ello,

EL CONSEJO SUPERIOR DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

ORDENA:

ARTÍCULO 1°.- Aprobar el currículo del Curso de Posgrado "Modelado Formal de Sistemas Ciber-Físicos Industriales", para la carrera de Doctorado en Ingeniería, mención Industrial y mención Sistemas de Información, que figura en el Anexo I y es parte integrante de la presente Ordenanza.

ARTICULO 2°.- Autorizar el dictado del mencionado curso en la Facultad Regional Santa Fe, con el cuerpo docente que figura en el Anexo II y es parte integrante de la presente Ordenanza, en el marco de lo establecido por la Ordenanza N° 1924 y las Resoluciones C.S. N° 1524/09 y 1670/12.

ARTÍCULO 3°.- Establecer que la propuesta mencionada en el Artículo precedente quedará supeditada al cronograma de dictado de las correspondientes actividades académicas de la Facultad Regional.

ARTÍCULO 4°.- Regístrese. Comuníquese y archívese.

ORDENANZA N° 2077

UTN
p.f.d.
l.p.
m.m.m.



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

ORDENANZA N° 2077

ANEXO I

CURSO DE POSGRADO

“MODELADO FORMAL DE SISTEMAS CIBER-FÍSICOS INDUSTRIALES”

DOCTORADO EN INGENIERÍA,

MENCIÓN INDUSTRIAL Y MENCIÓN SISTEMAS DE INFORMACIÓN

1. FUNDAMENTACIÓN Y JUSTIFICACIÓN

Los sistemas ciber-físicos (CPS) son sistemas reactivos en los que los procesos computacionales (cibernéticos) interactúan estrechamente con el mundo físico a través de sensores y actuadores en un bucle de retroalimentación. La utilización de los CPS en entornos industriales ha dado lugar a los sistemas ciber-físicos industriales (ICPS). Los ICPS permiten una cooperación a gran escala en la industria y entre las distintas partes de la cadena de valor. En este contexto, la precisión de los procesos computacionales debe interactuar con la incertidumbre y el ruido del entorno físico. Se debe abordar la falta de sincronía perfecta en el tiempo y el espacio. Se deben tolerar o contener las fallas de los componentes tanto en el dominio cibernético como en el físico. Se deben hacer cumplir los requisitos de seguridad y privacidad. Se debe abordar la dinámica del sistema en múltiples escalas de tiempo. Se debe controlar la escala y la creciente complejidad. Estas necesidades requieren de una buena comprensión de técnicas y métodos de modelado formal para el diseño y la verificación de tales sistemas. En particular, el curso se centra en el modelado, diseño, especificación y verificación de sistemas reactivos con aplicaciones en la industria, pero no incluye el modelado de la interacción con el mundo físico. Este curso presenta a los estudiantes redes de Petri y el formalismo DEVS para lograr tal propósito. Las redes de Petri se han utilizado tradicionalmente



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

para modelar y analizar el comportamiento de sistemas reactivos, cuyo estado evoluciona en función de la interacción con eventos externos. El formalismo DEVS proporciona una descripción formal de los sistemas modulares de eventos discretos, abstrayendo y unificando muchos de los conceptos necesarios para caracterizar los sistemas de eventos discretos, se empleará tal formalismo para el modelado y simulación de ICPS.

2. OBJETIVOS

Los/as estudiantes deben poder desarrollar competencias y habilidades en el área de modelado formal y análisis de sistemas ciber-físicos, con aplicación en la industria, permitiéndoles abordar las distintas fases del ciclo de vida del ICPS: diseño, desarrollo, puesta en marcha, suministro, operación y mantenimiento del sistema digitalizado.

En particular, se espera que los/as estudiantes puedan:

- Aplicar redes de Petri para el modelado y análisis de ICPS.
- Emplear el formalismo DEVS para el modelado y simulación de ICPS.
- Comprender aplicaciones prácticas de las redes de Petri y DEVS en el área de ICPS.
- Identificar la utilidad de estos formalismos para su aplicación a problemas reales en la industria.

3. CONTENIDOS MÍNIMOS

Unidad 1. Modelado Formal de Sistemas Ciber-Físicos industriales

Características de los sistemas físico-cibernéticos industriales: sistemas reactivos, concurrencia, sistema de control, tiempo real. Requerimientos de seguridad (“safety”) y vitalidad (“liveness”).

Clasificación de herramientas de modelado

Unidad 2. Modelado y Análisis con Redes de Petri

Modelado con redes de Petri. Análisis con redes de Petri. Extensiones de las redes de Petri. Ejecución secuencial y distribuida de redes de Petri. Definición de escenarios. Composición de



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

redes.

Propiedades del sistema (safety). Empleo de trampas para la prueba de desigualdades.

Invariantes de lugares. Grafo de cobertura. Alcanzabilidad de un marcado específico (liveness).

Redes de sistemas bien formados.

Unidad 3. Modelado y Simulación empleando el Formalismo DEVS

Framework para el Modelado y Simulación (M&S).

Introducción a la Especificación de Sistemas de Eventos Discretos (DEVS – Discrete Event System Specification): Especificación de sistemas empleando DEVS Clásicos. Especificación de sistemas con DEVS Paralelos. Acoplamiento de modelos DEVS. Simulación de Modelos DEVS: Simuladores para el formalismo DEVS. Aplicación de DEVS a los ICPS.

4. DURACIÓN

El curso tendrá una duración de SESENTA (60) horas.

5. METODOLOGÍA

Los/as estudiantes aprenden a utilizar métodos formales durante todo el ciclo de vida de un ICPS. Los principios de modelado, especificación y análisis se ilustran mediante la construcción de soluciones a problemas de diseño representativos de la industria. En el curso se cubren teoría de redes de Petri, y el formalismo DEVS. Se muestra cómo se utilizan estos métodos y herramientas en el modelado, análisis cualitativo y cuantitativo, validación e implementación de prototipos de ICPS. Durante el curso realizarán trabajos prácticos, donde los/as estudiantes construirán soluciones a distintos problemas de la industria empleando los formalismos previamente enunciados.

Al diseñar soluciones basadas en modelos, se enfatizará en dos principios:

1. Diseño estructurado: se pueden componer componentes simples para realizar tareas más



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

complejas y, a la inversa, un problema de diseño se puede descomponer en subtarear más simples.

2. Diseño basado en requerimientos: los requerimientos de "safety" y "liveness" se especifican de manera precisa, siendo luego utilizados en la depuración del diseño y en la exploración entre alternativas de diseño.

6. EVALUACIÓN Y APROBACIÓN

La evaluación se realizará por medio de dos trabajos prácticos y un examen escrito final integrador. Los trabajos prácticos y el examen son de carácter individual.

La calificación se expresará en escala numérica de cero (0) a diez (10) sin decimales. Para la aprobación se requerirá la norma mínima de siete (7).



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

ORDENANZA N° 2077

ANEXO II

CURSO DE POSGRADO
“MODELADO FORMAL DE SISTEMAS CIBER-FÍSICOS INDUSTRIALES”
DOCTORADO EN INGENIERÍA,
MENCIÓN INDUSTRIAL Y MENCIÓN SISTEMAS DE INFORMACIÓN
FACULTAD REGIONAL SANTA FE

Cuerpo Docente

- Dr. Silvio GONNET (DNI 22.889.975)
- Dra. María Julia BLAS (DNI 32.959.395)
