



## 1. Datos Generales de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura:</b>	Cómputo paralelo
<b>Clave de la asignatura:</b>	IAD-2409
<b>SATCA<sup>1</sup>:</b>	2-3-5
<b>Carrera:</b>	Ingeniería en Inteligencia Artificial

## 2. Presentación

### Caracterización de la asignatura

La aportación de la asignatura de Cómputo Paralelo al perfil de egreso radica en la programación de aplicaciones en respuesta a necesidades de mayor velocidad y eficiencia computacional.

La importancia de esta radica en la adquisición de conocimientos y el desarrollo de habilidades de paralelización de programas en torno a tendencias tecnológicas de arquitecturas de múltiples núcleos y de ambientes de cómputo distribuido.

La asignatura de Cómputo Paralelo cubre los aspectos fundamentales de la programación paralela, que resulta fundamental hoy en día al buscar aprovechar las arquitecturas multinúcleo y clúster, las cuales constituyen a las computadoras actuales.

En particular, el Tema 1 permite un acercamiento a los fundamentos teóricos mínimos necesarios para la comprensión y posterior aplicación de tecnologías emergentes de paralelización de programas.

Por su parte, el Tema 2 propicia, principalmente, el conocimiento de modelos y técnicas de paralelización de programas aplicables a los sistemas con organizaciones de memoria compartida y distribuida.

Finalmente, el Tema 3 posibilita la puesta en práctica de las técnicas previamente estudiadas mediante la aplicación de tecnologías emergentes de paralelización de programas mediante tecnologías basadas en unidades de procesamiento central (CPU) y unidades de procesamiento de gráficos (GPU).

### Intención didáctica

El enfoque sugerido para la asignatura requiere que las actividades prácticas promuevan el desarrollo de habilidades para la resolución de problemas; asimismo, este requiere que dichas actividades prácticas propicien procesos intelectuales como inducción-deducción y análisis-síntesis con la intención de generar una actividad intelectual compleja. Las actividades teóricas se consideran como actividades previas al tratamiento práctico de los temas. Por otro lado, en las actividades prácticas sugeridas, es conveniente que el profesor sólo guíe al estudiante en la construcción del conocimiento.

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



Se sugiere que en el último tema de la asignatura se desarrolle un proyecto final que permita integrar las competencias específicas desarrolladas a lo largo de todos los temas del temario a fin de realizar la selección, tratamiento y análisis descriptivo de datos empresariales históricos o conjuntos de datos públicos de interés científico, la selección e implementación de técnicas de aprendizaje automático aplicables al desarrollo de modelos de análisis predictivo y la extracción de conocimiento para su interpretación y evaluación. No obstante, idealmente, este proyecto se integraría con las distintas actividades prácticas realizadas durante todo el curso. Es recomendable que al inicio del curso el docente les hable a los estudiantes acerca del desarrollo de este proyecto final de asignatura, y que se establezcan las características y requisitos generales de este en dicho momento.

En el transcurso de la realización de las actividades programadas es muy importante que el estudiante entienda que está construyendo su quehacer futuro y que, en consecuencia, actúe de una manera profesional; de igual manera, se espera que el estudiante aprecie la importancia del conocimiento desarrollado y de los hábitos de trabajo, que desarrolle la capacidades de análisis y síntesis, la capacidad de investigación, la curiosidad, la puntualidad, el entusiasmo y el interés, la tenacidad, la flexibilidad y la autonomía.

Es necesario que el profesor preste atención y cuidado en los aspectos antes mencionados en el desarrollo de las actividades de aprendizaje de esta asignatura. El diseño del temario de la asignatura, específicamente, el número de temas y subtemas de este, refleja la extensión y la profundidad con la que se propone que se aborde la asignatura durante un curso regular.

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

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Tecnológico Nacional de México del 4 al 6 de marzo de 2024	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Celaya, Chihuahua, Iztapalapa III, La Paz, Matehuala, Mérida, Minatitlán, Querétaro, Saltillo, Tijuana. Institutos Tecnológico Superior de Teziutlán. Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca.	Propuesta sintética de la carrera de Ingeniería en Inteligencia Artificial
Tecnológico Nacional de México del 22 al 26 de abril de 2024	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Celaya, Chihuahua, Iztapalapa III, La Paz, Matehuala, Mérida, Minatitlán, Querétaro, Saltillo, Tijuana. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca.	Diseño y/o desarrollo curricular de la carrera de Ingeniería en Inteligencia Artificial



Tecnológico Nacional de México del 27 al 31 de mayo de 2024	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Celaya, La Paz, Matehuala, Mérida, Minatitlán.	Consolidación curricular de la carrera de Ingeniería en Inteligencia Artificial
---	---	---

#### 4. Competencia(s) a desarrollar

<b>Competencia(s) específica(s) de la asignatura</b>
Aprende los conceptos básicos de arquitecturas de computadoras paralelas, programar a nivel de hilos y de procesos en computadoras con arquitecturas de múltiples núcleos y en ambientes de cómputo distribuido.

#### 5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> <li>● Conoce y aplica el paradigma de programación orientada a objetos para el desarrollo de soluciones de problemas prácticos y situaciones del mundo real.</li> <li>● Conoce diferentes modelos de arquitecturas y recomienda aplicaciones para resolver problemas de su entorno profesional.</li> <li>● Implementa algoritmos de estructuras de datos y algoritmos clásicos en diversos lenguajes de programación.</li> <li>● Emplea conceptos de programación funcional para desarrollar soluciones robustas y escalables.</li> </ul>
--

#### 6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Introducción al cómputo paralelo	1.1. Procesos e hilos. 1.2. Multiprocesadores y multinúcleos. 1.3. Supercomputadoras, paralelismo y computación distribuida. 1.4. Arquitectura de procesadores y tendencias tecnológicas. 1.5. Leyes aplicables al cómputo paralelo. 1.6. Taxonomía de arquitecturas paralelas.
2	Tipos y modelos de computación paralela	2.1. Tipos de sistemas paralelos y distribuidos. 2.2. Modelos de paralelismo. 2.3. Niveles de paralelismo. 2.4. Organización de memoria compartida. 2.5. Organización de memoria distribuida. 2.5.1. Clústeres. 2.6. Paralelización de programas. 2.6.1. Métricas de desempeño.



3	Tecnologías de paralelización de programas mediante paso de mensajes e hilos	<p>3.1. Paralelización de programas con tecnologías basadas en CPU.</p> <p>3.2. Paralelización de programas con tecnologías basadas en GPU.</p>
---	--	---

## 7. Actividades de aprendizaje de los temas

<b>1. Introducción al cómputo paralelo</b>	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p><i>Específica(s):</i> Distingue fundamentalmente las diferencias entre los conceptos de proceso e hilo, y multiprocesador y multinúcleo.</p> <p>Conoce los fundamentos teóricos del Cómputo Paralelo, incluyendo los fundamentos arquitectónicos y las taxonomías existentes.</p> <p><i>Genéricas:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>● Capacidad crítica y autocrítica</li> <li>● Habilidad para la búsqueda y análisis de información proveniente de fuentes diversas.</li> <li>● Capacidad de investigación.</li> <li>● Capacidad creativa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Realizar cuadros comparativos de los conceptos de proceso e hilo, así como de los conceptos de multiprocesador y multinúcleo.</li> <li>● Investigar en literatura científica, y en sitios web oficiales, tendencias actuales y futuras del cómputo paralelo.</li> <li>● Reconocer y discutir grupalmente el propósito del cómputo paralelo.</li> </ul>
<b>2. Tipos y modelos de programación paralela</b>	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p><i>Específica(s):</i> Reconoce los tipos de sistemas paralelos y distribuidos, así como los modelos y niveles de paralelización.</p> <p>Distingue las características de los sistemas con organización de memoria paralela de los sistemas con organización de memoria distribuida, con énfasis en la arquitectura clúster.</p> <p>Conoce las principales métricas de desempeño de programas paralelos para la toma de decisiones de paralelización.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Elaborar mapas conceptuales de métricas de evaluación de desempeño de programas paralelos.</li> <li>● Realizar mapas mentales de los conceptos de nube, virtualización, grid, clúster, contenedor, y otros relacionados con el paradigma del cómputo en la nube.</li> <li>● Realizar cuadros comparativos de los conceptos de computación paralela y computación distribuida.</li> </ul>



<p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>● Capacidad crítica y autocrítica.</li> <li>● Habilidad para la búsqueda y análisis de información proveniente de fuentes diversas.</li> <li>● Capacidad de investigación.</li> <li>● Capacidad para identificar, planear y resolver problemas.</li> <li>● Capacidad para tomar decisiones.</li> <li>● Capacidad creativa.</li> <li>● Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> </ul>	
<p><b>3. Tecnologías de paralelización de programas mediante paso de mensajes e hilos</b></p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p><b>Específica(s):</b>          Conoce distintas tecnologías de paralelización en computadoras con arquitecturas multinúcleo y en ambientes de cómputo distribuido.           Aplica distintas tecnologías de paralelización con base en requerimientos no funcionales relacionados con métricas de desempeño de programas paralelos.</p> <p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>● Capacidad crítica y autocrítica.</li> <li>● Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación.</li> <li>● Habilidad para la búsqueda y análisis de información proveniente de fuentes diversas.</li> <li>● Capacidad de investigación.</li> <li>● Capacidad de trabajo en equipo.</li> <li>● Capacidad para identificar, planear y resolver problemas.</li> <li>● Capacidad para tomar decisiones.</li> <li>● Capacidad creativa.</li> <li>● Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Analizar casos de estudio de paralelización de programas basados en especificaciones de requerimientos no funcionales.</li> <li>● Elaborar infografías sobre las tecnologías de paralelización en computadoras con arquitecturas multinúcleo y en ambientes de cómputo distribuido.</li> <li>● Desarrollar ejercicios prácticos introductorios a las tecnologías de paralelización en computadoras con arquitecturas multinúcleo y en ambientes de cómputo distribuido.</li> <li>● Llevar a cabo un proyecto que permita determinar el alcance de las competencias de la asignatura aplicando una metodología que comprenda análisis de requerimientos no funcionales basados en métricas de desempeño de programas paralelos, diseño de una solución que atienda tales requerimientos e implementación de ésta aplicando las tecnologías estudiadas.</li> </ul>



## 8. Práctica(s)

Con el objetivo de vincular y fortalecer el aprendizaje del saber con el saber hacer se recomienda la elaboración y desarrollo de las siguientes prácticas:

Tema 3:

- Paralelización de programas utilizando MPI
- Paralelización de programas implementando Pthreads o OpenMP
- Paralelización de programas utilizando CUDA

## 9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(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 las competencias genéricas y específicas 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”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

## 10. Evaluación por competencias

- La evaluación debe ser continua y formativa, por lo que se debe evaluar el desempeño en cada una de las actividades de aprendizaje.
- En concreto, se sugiere el uso de instrumentos de evaluación como rúbricas, cuestionarios y guías de observación a fin de evaluar evidencias de aprendizaje como ejercicios prácticos, comunicaciones orales y proyectos, incluyendo el proyecto de asignatura.



## 11. Fuentes de información

1. Ansorge, R. (2022). Programming in Parallel with CUDA: A Practical Guide. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108855273>.
2. Dongarra, J., Foster, I., Fox, G., Gropp, W., Kennedy, K., Torczon, L., & White, A. (Eds.). (2003). Sourcebook of parallel computing. Morgan Kaufmann Publishers Inc.
3. Grama, A., Gupta, A., Karypis, G., & Kumar, V. (2003). Introduction to Parallel Computing (2nd edition). Addison-Wesley.
4. Gropp, W., Lusk, E., & Skjellum, A. (2014). Using MPI: Portable Parallel Programming with the Message-Passing Interface. The MIT Press.
5. Hundt, C., González-Martínez, J. & Schlarb, M. (2017). Parallel Programming: Concepts and Practice (1st edition). Morgan Kaufmann.
6. Quinn, M. J. (2003). Parallel Programming in C with MPI and OpenMP. McGraw-Hill Education Group.
7. Rauber, T., & Rüniger, G. (2023). Parallel Programming: For Multicore and Cluster Systems. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-28924-8>.