PROGRAMACIÓN CONCURRENTE ATIC	**Carrera/ Plan:** *Analista en Tecnologías de la Información y la Comunicación Plan 2017-Plan 2021*
Año 2025	**Año:** 3ro **Régimen de Cursada:** *Semestral (1er semestre)* **Carácter (Obligatoria/Optativa):** Obligatoria **Correlativas**: Introducción a los Sistemas Operativos- Seminario de Lenguajes- Taller de Lecto-comprensión y Traducción en Inglés **Profesor/es:** Marcelo Naiouf, Franco Chichizola, Laura De Giusti **Hs. semanales teoría**: 3 **Hs. semanales práctica**: 3

FUNDAMENTACIÓN

La temática de la Concurrencia es central en el desarrollo de la Ciencia Informática, en particular por el creciente desarrollo de arquitecturas multiprocesador que permiten implementar físicamente los conceptos teóricos de concurrencia “real”.
El impacto de la concurrencia se refleja en diferentes ámbitos de la disciplina tales como las arquitecturas, los sistemas operativos, los lenguajes y el diseñdo y desarrollo de aplicaciones. En este sentido, se impone que los futuros profesionales sean capaces de desarrollar soluciones que utilicen adecuadamente la tecnología disponible con fundamentos teóricos firmes.

OBJETIVOS GENERALES

Brindar los conceptos fundamentales de Concurrencia en software. Analizar la semántica y sintaxis para especificar concurrencia. Analizar el concepto de sistema concurrente compuesto por la arquitectura, el sistema operativo y los algoritmos. Estudiar la sincronización de procesos concurrentes por memoria compartida y mensajes. Vincular la concurrencia en software con los conceptos de procesamiento distribuido y paralelo. Desarrollar estudios de casos con diferentes lenguajes/ herramientas para concurrencia.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

1.2. Describir las características de los últimos avances en hardware y software y sus correspondientes aplicaciones prácticas (Básico).
1.3. Describir los avances informáticos actuales e históricos y demostrar cierta visión sobre tendencias y avances futuros (Básico).
1.4. Aplicar e integrar conocimientos de otras disciplinas informáticas como apoyo al estudio de la propia área de especialidad (o áreas de especialidad) (Básico).
1.5. Demostrar sensibilización ante la necesidad de contar con amplios conocimientos a la hora de crear aplicaciones informáticas en otras áreas temáticas (Básico).
3.1. Definir y diseñar hardware/software informático/de red que cumpla con los requisitos establecidos (Básico).
3.3. Elegir y utilizar modelos de proceso adecuados, entornos de programación y técnicas de gestión de datos con respecto a proyectos que impliquen aplicaciones tradicionales así como aplicaciones emergentes (Básico).
3.5. Aplicar las correspondientes competencias prácticas y de programación en la creación de programas informáticos y/u otros dispositivos informáticos (Adecuado).

COMPETENCIAS

- CGS6. Capacidad para interpretar la evolución de la Informática con una visión de las tendencias tecnológicas futuras.
- CGT1. Identificar, formular y resolver problemas de Informática.
- CGT4. Conocer e interpretar los conceptos, teorías y métodos matemáticos relativos a la informática, para su aplicación en problemas concretos de la disciplina
- CGT5. Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación de la Informática
- LI-CE2. Planificar, dirigir, realizar y/o evaluar proyectos de especificación, diseño, verificación, validación, puesta a punto, mantenimiento y actualización para redes de comunicaciones que vinculen sistemas de procesamiento de datos. Esto incluye comunicaciones convergentes y unificadas, así como redes definidas por software y redes virtuales. En particular, desarrollar las soluciones de las capas superiores de los protocolos de red, a partir del hardware que se haya seleccionado
- LI-CE4. Planificar, dirigir, realizar y/o evaluar proyectos de relevamiento de problemas del mundo real, especificación formal de los mismos, diseño, implementación, prueba, verificación, validación, mantenimiento y control de calidad de sistemas de software/sistemas de información que se ejecuten sobre equipos de procesamiento de datos, con capacidad de incorporación de tecnologías emergentes del cambio tecnológico. Capacidad de análisis, diseño y evaluación de interfases humano computador y computador-computador.
- LI-CE5. Planificar, dirigir, realizar y/o evaluar proyectos de sistemas de software de base: Sistemas Operativos, Sistemas Operativos Distribuidos, Sistemas Operativos Dedicados. Especificación, diseño, implementación, prueba, verificación, validación, mantenimiento y control de eficiencia de los sistemas de administración de recursos que se implanten como software de base de datos sobre sistemas de procesamiento de datos, incluyendo la virtualización de recursos físicos y lógicos.
- LS-CE1. Planificar, dirigir, realizar y/o evaluar proyectos de relevamiento de problemas del mundo real. Especificación formal, diseño, implementación, prueba, verificación, validación, mantenimiento y control de calidad de sistemas de software que se ejecuten sobre sistemas de procesamiento de datos, con capacidad de incorporación de tecnologías emergentes del cambio tecnológico. Capacidad de análisis, diseño y evaluación de interfases humano computador y computador-computador.
- LS-CE10. Analizar y evaluar proyectos de especificación, diseño, implementación, verificación, puesta a punto y mantenimiento de redes de comunicaciones que vinculen sistemas de procesamiento de datos.
- LS-CE8. Planificar, dirigir, realizar y/o evaluar proyectos de sistemas de administración de recursos. Especificación formal de los mismos, diseño, implementación, prueba, verificación, validación, mantenimiento y control de eficiencia/calidad de los sistemas de administración de recursos que se implanten como software sobre sistemas de procesamiento de datos.

CONTENIDOS MINIMOS (de acuerdo al Plan de Estudios)

- Especificación de la ejecución concurrente.
- Comunicación y sincronización.
- Concurrencia con variables compartidas.
- Concurrencia con pasajes de mensajes.
- Lenguajes de programación concurrente.
- Introducción a los conceptos de procesamiento paralelo.

PROGRAMA ANALÍTICO

1. Conceptos básicos

Objetivos de los sistemas concurrentes.
Procesamiento secuencial, concurrente y paralelo. Características.
Evolución histórica. El modelo de CSP (Communicating Sequential Processes)
Procesos. Programa concurrente. No determinismo.
Clases de aplicaciones. Multithreading, Cómputo paralelo y distribuido. Concurrencia y paralelismo.
Algoritmos concurrentes, distribuidos y paralelos.
Áreas de estudio en sistemas concurrentes.
Relación con la arquitectura. Monoprocesadores. Multiprocesadores: Procesadores híbridos.
Clasificaciones y ejemplos. Tendencias actuales en procesadores.
Conceptos de arquitecturas Grid y Cloud. Memoria compartida distribuida.
Relación con el sistema operativo. Requerimientos para el sistema operativo.
Relación con el lenguaje. Requerimientos para el lenguaje.
Sincronización y comunicación. Sincronización por exclusión mutua y por condición. Comunicación por memoria compartida y por mensajes.
Prioridad, granularidad, deadlock, manejo de recursos.
Paradigmas de resolución de programas concurrentes: iterativo, recursivo o *divide & conquer*, *pipeline* o productor consumidor, cliente/servidor y sus variantes, *peers* o interacción por pares.

2. *Concurrencia y sincronización*

Aspectos de programación secuencial
Especificación y semántica de la ejecución concurrente. La sentencia *co* y *process*
Acciones atómicas y sincronización.
El problema de interferencia. Historias válidas e inválidas.
Atomicidad de grano fino y de grano grueso.
La propiedad de “A lo sumo una vez”.
La sentencia Await. Semántica.
Técnicas para evitar interferencia.
Propiedades de seguridad y vida.
Políticas de scheduling y Fairness.
Requerimientos para los lenguajes de programación.
Problemas en sistemas distribuidos.

3. *Concurrencia con variables compartidas*

Sincronización por variables compartidas

Sincronización de grano fino.
Secciones críticas (SC). Definición del problema. Propiedades necesarias de las soluciones.
Soluciones de tipo spin-locks al problema de la SC.
Algoritmos clásicos de soluciones fair al problema de la SC (tie-breaker, ticket, bakery).
Implementación de sentencias Await arbitrarias.
Sincronización barrier. Definición. Planteo de soluciones (contador compartido, flags y coordinadores, árboles, barreras simétricas, butterfly).
Algoritmos *data parallel*. Ejemplo: Computación de prefijos.

Sincronización por semáforos

Semáforos. Sintaxis y semántica. Usos básicos y técnicas de programación.
Soluciones a SC y barreras.
Semáforos binarios divididos (*split*).
Exclusión mutua selectiva.
La técnica “*passing the baton”*. Definición y aplicaciones.
Sincronización por condición general.
Alocación de recursos. Políticas de alocación. SJN.
Ejemplos clásicos: filósofos, lectores/escritores, productores/consumidores con buffer limitado, etc.
Semáforos en lenguajes reales: Pthreads. Ejedmplos.

Sincronización por monitores
Evolución histórica a partir de semáforos. Conceptos de regiones críticas condicionales.
Monitores. Sintaxis y semántica.
Sincronización en monitores.
Disciplinas de señalización: “Signal and wait“ y “Signal and continue”: diferencias y efecto sobre la programación.
La técnica “*passing the condition”.*
Ejemplos clásicos: buffer limitado, lectores y escritores, alocación, etc.
Diseño de un reloj lógico. Alternativas.
El problema del peluquero: rendezvous.
Scheduling de discos. Ejemplo. Enfoques alternativos para la sincronización.
Monitores en lenguajes reales: Java, Pthreads. Ejemplos.

Implementaciones
Conceptos de implementación de procesos en arquitecturas mono y multiprocesador.
Kernel monoprocesador y multiprocesador.

4. Programación distribuida. Concurrencia con pasaje de mensajes

Programas distribuidos. Definición.
Relación entre mecanismos de comunicación.
Clases básicas de procesos: productores y consumidores, clientes y servidores, peers.
Control de concurrencia en Sistemas Distribuidos.

Mensajes asincrónicos
Sintaxis y semántica. Canales. Operaciones.
Filtros. Redes de Filtros.
Clientes/Servidores. Algoritmos clásicos. Monitores activos. Continuidad conversacional.
Peers. Intercambio de valores. Cálculo de la topología de una red.
Mensajes asincrónicos en lenguajes reales MPI. Extensión de lenguajes secuenciales con bibliotecas específicas.
Ejemplos.
El concepto de *bag of tasks*. Espacio de tuplas e interacción entre procesos. Estructuras de datos distribuidas. Ejemplos

Mensajes sincrónicos
Sintaxis y semántica.
Conceptos de CSP.
Comunicación guardada. Sintaxis y semántica.
Filtros. Clientes y servidores. Asignación de recursos.
Interacción entre procesos paralelos. Ejemplos.
Mensajes sincrónicos en lenguajes reales.
Ejemplos

Remote Procedure Calls y Rendezvous.
Sintaxis y semántica. Similitudes y diferencias.
RPC: Sincronización en módulos.
Discusión revisada de aplicaciones.
RPC en lenguajes reales: Java. RMI. Ejemplos.
Rendezvous en lenguajes reales: Ada. Tasks y sincronización. Ejemplos

Primitivas múltiples y otros enfoques
Sintaxis y semántica.
MPD. Componentes de programa. Comunicación y sincronización. Ejemplos
Conceptos básicos sobre otros lenguajes/plataformas

Implementaciones
Conceptos de implementación de mecanismos de comunicación y sincronización en ambientes distribuidos.

5. *Paradigmas de interacción entre procesos distribuidos*
Resolución de problemas mediante diferentes paradigmas de interacción entre procesos: Servidores replicados, heartbeat, pipeline, prueba-eco, broadcast, token passing, manager/workers.
Ejemplos. Comparación de alternativas.

6. *Introducción a la Programación Paralela*
Objetivos del cómputo paralelo. Necesidad del paralelismo. Áreas de aplicación.
Computación científica.
Diseño de algoritmos paralelos.
Métricas. Conceptos de speedup y eficiencia.
La ley de Amdahl y la ley de Gustafson.
Concepto de escalabilidad.

En la práctica se plantean ejercicios que pueden ser realizados como trabajo experimental sobre arquitecturas multiprocesador distribuidas (clusters), multiprocesadores con memoria compartida e híbridos.

BIBLIOGRAFÏA

- Andrews G. “Foundations of Multithreaded, Parallel and Distributed Programming”, Addison Wesley, 2000
- Barnes J., “Programming in Ada 2005 with CD”, Addison Wesley, 2006.
- Ben-Ari, M. “Principles of Concurrent and Distributed Programming, 2/E”. Addison-Wesley. 2006. ISBN 0-321-31283-X
- Chandy, Misra, “Parallel Program Design. A Foundation”, Addison Wesley, 1988.
- Downey, Allen. “The Little Book of Semaphores, Second Edition”. Free book disponible en http://www.freetechbooks.com/the-little-book-of-semaphores-second-edition-t519.html, 2007.
- Filminas de las clases teóricas.
- Grama A., Gupta A., Karypis G., Kumar V., "An Introduction to Parallel Computing. Design and Analysis of Algorithms", Pearson Addison Wesley, 2nd Edition, 2003
- Herlihy M., Shavit N., “The Art of Multiprocessor Programming”. Morgan Kaufmann. Revised reprint, 2012.
- Hoare C., “Communicating Sequential Processes”, Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1985
- Brinch Hansen, P., “Studies in Computational Science. Parallel Programming Paradigms”, Prentice Hall, 1995.
- Jordan H.F., Alaghband G., Jordan H.E., "Fundamentals of Parallel Computing", Prentice Hall, 2002
- Naiouf, De Giusti A., De Giusti L, Chichizola, “Conceptos de concurrencia y paralelismo”, UNLP, a publicar 2018.
- Pacheco, P. “An introduction to parallel programming”. Morgan Kaufmann, 2011.
- Raynal M. “Concurrent Programming: Algorithms, Principles, and Foundations”. Springer, 2012.
- Taubenfeld, Gadi. “Synchronization Algorithms and Concurrent Programming”. Prentice Hall. 2006.

METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

En la cátedra se pone énfasis en el proceso de identificación de problemas del mundo real, la especificación de los mismos como problemas resolubles desde la informática y en el desarrollo de soluciones verificables para los mismos.
Se trata de poner al alumno en el contexto de **aplicación** en el campo de la Informática de los conceptos y métodos que se encuentran en el programa de la asignatura. Esta contextualización es informativa y se discuten diferentes casos de aplicación para mostrar la utilidad de las teorías y herramientas matemáticas para resolver diferentes problemas "informáticos" conocidos por el alumno. Se pone énfasis en la capacidad del alumno para conocer técnicas y herramientas de aplicación en Informática (en lo posible siguiendo las tendencias marcadas por el cambio tecnológico) y en la aplicación efectiva de las mismas.
La cátedra acompaña el proceso de aprendizaje del alumno, para contrastar sus conclusiones y validar su habilidad para interpretar la evolución tecnológica y su visión de las tendencias futuras. Esto es brindando materiales para que el alumno estudie casos y valore la selección y empleo eficiente de herramientas y técnicas determinadas para cada problema.
Se plantean actividades relacionadas con las tecnologías existentes para diferentes problemas y se los "desafía" a presentar la posible evolución de la solución para ese tipo de problema y en qué aspectos podría mejorarse la solución/soluciones actuales. Para esto el alumno debe buscar bibliografía relacionada con el cambio tecnológico y formarse un criterio sobre las tendencias (por ejemplo, en los procesadores a utilizar, el tipo de topología, etc.).

El reglamento y cronograma tentativo son conocidos por los alumnos desde el inicio de la actividad curricular.
Los alumnos pueden realizar prácticas en PC usando distintos lenguajes/bibliotecas que soportan concurrencia.

Se utilizará el entorno virtual de enseñanza-aprendizaje (IDEAS), donde estarán disponibles clases, guías de TP, avisos, resultados de exámenes, etc. Se incluye como material de las clases los archivos PDF de las teorías y las explicaciones prácticas y sus correspondientes videos previamente grabados

La actividad curricular se organiza en:

1) Clases teóricas:
Están a cargo de un profesor, y en ellas se imparten los temas de la asignatura. La asistencia a las mismas no es obligatoria (pero si recomendable).
Se establecen clases asincrónicas y sincrónicas.
Periódicamente se publicarán en IDEAS las filminas de las clases en PDF, y el link a los videos MP4 de las mismas con audio incluido, para que puedan ser accedidas asincrónicamente por los estudiantes.
El dictado de teoría será presencial (utilizando PC, cañón y pizarrón) y se recomienda que los estudiantes hayan leído/escuchado previamente los contenidos de las clases para un efectivo aprovechamiento de las mismas.

2) Explicaciones de práctica:
Están a cargo de un profesor y actúan a modo de articulación entre teoría y práctica. En ellas se plantean y resuelven problemas "tipo". La asistencia a las mismas no es obligatoria (pero si recomendable).
La explicación práctica se dará de forma presencial durante la teoría utilizando PC, cañón y pizarrón.
Periódicamente se publicarán en IDEAS las filminas de las explicaciones prácticas en PDF, y el link a los videos MP4 de las mismas con audio incluido, para que puedan ser accedidas asincrónicamente por los estudiantes.

3) *Práctica:*
Están a cargo de auxiliares docentes (ayudantes coordinados por JTP), donde los alumnos trabajan sobre los ejercicios propuestos en la guía de trabajos prácticos. La asistencia a las mismas no es obligatoria (pero si recomendable).
Las clases prácticas son presenciales, y los estudiantes pueden asistir indistintamente a cualquiera de las dos clases semanales (o a las dos).

4) Cuestionarios: periódicamente se publican cuestionarios de teoría a modo de guía a fin de que los alumnos reflexionen sobre los puntos más importantes.

EVALUACIÓN

La cátedra acompaña el proceso de aprendizaje del alumno, para contrastar sus conclusiones y validar su habilidad para interpretar la evolución tecnológica y su visión de las tendencias futuras
En la evaluación de las competencias en las pruebas parciales y finales se tienen en cuenta los siguientes aspectos:
- la capacidad para identificar, formular y resolver los problemas, reflejándolo en la corrección de las pruebas escritas
- la capacidad para conocer e interpretar los conceptos, teorías y métodos, aplicándolos a problemas concretos. Esto se evalúa a través de preguntas del tipo “donde cree Ud. que es aplicable este conocimiento o método”, o la interpretación de código, o interpretación de resultados
- en qué medida el alumno es capaz de utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas que son parte de la asignatura
- los resultados del estudio bibliográfico y capacidad para formular las ventajas potenciales del cambio tecnológico en los problemas planteados, plasmando esto en una planilla.

Aprobación de la cursada

Para obtener la cursada se debe aprobar un parcial que tendrá 2 recuperatorios, con las siguientes pautas:
- La primera fecha del parcial se tomará divida en dos instancias, una correspondiente a memoria compartida y otra a memoria distribuida.
- Si el alumno aprueba ambas instancias obtiene la cursada.
- Si el alumno aprueba una de las instancias podrá obtener la cursada aprobando el otro tema en las fechas de recuperatorio.
- Si el alumno no aprueba ninguna de las instancias en la primera fecha, deberá rendir y aprobar ambos temas utilizando las fechas de recuperatorio.
- *Se considerarán en condición de “Desaprobado” los alumnos que no obtengan la cursada y que rindan y obtengan “D” AL MENOS en 2 de las 3 fechas de evaluación parcial.*

Aprobación del final

El final puede aprobarse de dos maneras:

a) Final tradicional (teórico-práctico) en mesa de finales.

b) Alternativamente y de tipo opcional, cumpliendo las siguientes condiciones (cada una tiene como precondición cumplir con la anterior):

i) Rendir los 2 parcialitos teóricos que se tomarán junto con las instancias de la primera fecha de parcial.

ii) Luego de aprobar la cursada, rendir y aprobar un parcial teórico.

iii) Cumplido ii):

- si la nota del parcial teórico es >= 6 el alumno queda habilitado para rendir un coloquio en mesa de final dentro del semestre siguiente a la aprobación de la cursada.
- si la nota del parcial teórico es >=4 y <6, el alumno podrá solicitar un trabajo individual para desarrollar, el cual debe ser defendido en un coloquio en fecha de final dentro del semestre siguiente a la aprobación de la cursada.

En caso de presentarse a rendir final tradicional, la promoción de teoría caduca.

CRONOGRAMA DE CLASES Y EVALUACIONES

En la primera semana de marzo se pondrán a disposición en Ideas las primeras teorías.
El comienzo de clases teóricas está previsto para la semana del 10 de marzo y de las clases prácticas la semana del 24 de marzo.
El cronograma detallado se pone en conocimiento de los alumnos al inicio del curso.
El esquema preliminar por bloque de las clases y evaluaciones es el siguiente:

Clase	Fecha	Contenidos/Actividades
1	Semana 10/3	Conceptos básicos. Comunicación y sincronización. Interferencia.
2 a 6	Semanas 17/3 al 21/4	Concurrencia con memoria compartida.
7 a 10	Semanas 28/4 al 26/5	Concurrencia con memoria distribuida
11 y 12	Semanas 2/6 al 9/6	Introducción a la Programación Paralela. Librerías para programación concurrente y paralela

Parcial	Fecha
Primera fecha (Tema - Memoria Compartida).	14/5/2025
Primera fecha (Tema - Memoria Distribuida).	18/6/2025
Primer recuperatorio.	2/7/2025
Segundo recuperatorio.	16/7/2025
Examen teórico de promoción	6/8/2025

Contactos de la cátedra:

- **Mail (obligatorio):** mnaiouf@lidi.info.unlp.edu.ar, ldgiusti@lidi.info.unlp.edu.ar, francoch@lidi.info.unlp.edu.ar
- **Sitio WEB:** weblidi.info.unlp.edu.ar/catedras/concurrente/WEB/
- **Plataforma virtual:** ideas.info.unlp.edu.ar
- **Otros:** --

Firma del/los profesor/es

Marcelo Naiouf

Franco Chichizola