

*Carrera/ Plan:*

(Dejar lo que corresponda)

**PROGRAMACIÓN LÓGICA**Licenciatura en Informática Plan 2021/Plan  
2015/Plan 2012/Plan 2003-07Licenciatura en Sistemas Plan 2021/Plan  
2015/Plan 2012/Plan 2003-07*Año:* tercero/cuarto*Régimen de Cursada:* Semestral*Carácter (Obligatoria/Optativa):*

según carrera y plan

*Correlativas:* según carrera y plan*Profesor/es:* SMITH CLARA*Hs. semanales:* 9

Año 2022

**FUNDAMENTACIÓN**

Explicar brevemente la importancia de la asignatura para la formación del futuro profesional y el tipo de aporte específico que realizará la misma.

Conocer los fundamentos de la Programación Lógica incrementa en los alumnos la capacidad de razonamiento abstracto y los prepara para abordar las actuales y complejas cuestiones ligadas al manejo y representación computacional de conocimiento, especialmente las modernas teorías de agentes inteligentes. Para ello, el curso aporta temas específicos como: representación de conocimiento, inferencias lógicas, técnicas de resolución, fundamentos de la programación lógica, lógica modal, diseño de sistemas multiagentes. Prolog, el lenguaje paradigmático de la programación declarativa, es usado para la programación de algunos módulos básicos.

**OBJETIVOS****GENERALES**

Indicar brevemente el objetivo de la asignatura.

Se espera una relación con los contenidos mínimos de la asignatura.

Conocer los fundamentos teóricos de la Programación Lógica y algunos elementos de lenguajes de programación declarativos. Manejar y prever algunos aspectos computacionales de estos lenguajes y de combinaciones de ellos (como la semántica, la decidibilidad de la lógica subyacente). Adquirir la habilidad de desarrollar programas declarativos y de diseñar sistemas de agentes como combinaciones de lógicas específicas decidibles.

**CONTENIDOS MÍNIMOS DEL PROGRAMA ANALÍTICO (de acuerdo al Plan de Estudios)**

- Conceptos de Inteligencia Artificial.
- Inteligencia artificial simbólica y no simbólica.



- Lógica matemática y lógicas aplicadas.
- El paradigma declarativo.
- Lenguajes de programación lógica (Prolog)

### COMPETENCIAS

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- (i) Planificar, dirigir, realizar y/o evaluar proyectos de relevamiento de problemas del mundo real. (ii) 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. (iii) Capacidad de análisis, diseño y evaluación de interfases humano computador y computador-computador.

### PRESENTACIÓN DEL PROGRAMA ANALÍTICO EN CONSONANCIA CON LAS COMPETENCIAS

Un sistema computacional puede ser visto como un conjunto de agentes inteligentes, autónomos y heterogéneos -personas y software- que interactúan en determinado ambiente real y virtual. Normalmente, ese ambiente está gobernado por normas de distinto tipo: permisos, prohibiciones y obligaciones de diferentes niveles. Son normas, directivas y protocolos que verifican identidades, controlan requisitos para realizar compras o entablar conversaciones, habilitan accesos a cierta información, implementan niveles de seguridad, etc.

El paradigma de **sistemas multiagentes** modela sistemas de agentes cognitivos y reactivos que interactúan. Los agentes coexisten y dependen unos de otros para alcanzar sus objetivos. Los agentes artificiales copian atributos y capacidades de los humanos tal como aparecen descritos en psicología y más ampliamente en ciencias cognitivas: los agentes artificiales pueden adaptarse "razonar", "aprender", etc. Las estructuras de los ambientes en los que se mueven son usualmente también descritas con una terminología social: "organización", "comunidad", "institución".

Se prevé con el dictado de esta asignatura un **fortalecimiento en la base innovativa ingenieril** de los asistentes. Al adquirir el conocimiento impartido, los alumnos poseerán habilidades para:

Pensar y utilizar a la lógica como un lenguaje de representación de conocimiento (KRL) y de ese modo poder planificar y llevar adelante formalmente proyectos de relevamiento de problemas del mundo real (conf. LI-CE4 ap. i).

Usar las principales características de un sistema proposicional (especialmente consistencia y decidibilidad) para poder diseñar, especificar, implementar y validar sistemas de software (conf. LI-CE4 ap. i y ii).

Describir con precisión lógica sistemas de software y de procesamiento de información sobre equipos de procesamiento de datos y plantear/analizar sus propiedades, potencialidades, y eventuales problemas (conf. LI-CE4 ap. ii).

Abordar variados aspectos técnico-formales del diseño y de la programación de lenguajes y sistemas de agentes, analizar la capacidad de incorporación de tecnologías novedosas de interfases persona/computador y computador/computador (conf. LI-CE4 ap. ii).

### PROGRAMA ANALÍTICO

Bolillas



## 1 Fundamentos

La Lógica de Primer Orden (LO1) como lenguaje de representación del conocimiento. La fórmula bien formada de la LO1 vista como programa. Indecidibilidad de la LO1. Cláusulas de Horn. Notación clausal. Algoritmo.

## 2 Enfoque orientado a modelos

Interpretación para un conjunto de cláusulas. Modelo para un conjunto de cláusulas. Teoría de Herbrand: universo de Herbrand, base de Herbrand, interpretación de Herbrand, modelo de Herbrand. Interpretación de Herbrand asociada a una interpretación. Conjunto de partes de la Base de Herbrand. La organización de interpretaciones de Herbrand como un reticulado. Instancia básica de una cláusula. Teorema de Herbrand. La propiedad de intersección de modelos. Semántica declarativa de un programa lógico.

## 3 Enfoque orientado a pruebas

Sustitución: definición y propiedades. Unificación: unificador más general y algoritmo de unificación. Regla de resolución. Resolvente bajo una sustitución.

## 4 Estrategias de resolución

Regla de resolución para cláusulas de Horn. Resolución por saturación. Espacio de resolventes. Búsqueda en el espacio de resolventes. Refinamiento de métodos. El filtrado de tautologías. El filtrado de literales puros. Técnicas de simplificación: subsunción y factorización. El conjunto soporte. Cláusulas de conjunto inicial. Resolución lineal. Aplicaciones combinadas de métodos. SLD-refutación como refinamiento de resolución lineal. Árbol-SLD: tipos de ramas, Teorema de Hill, Teorema de Clark. Relación entre semántica declarativa y semántica procedural de un programa lógico. Estrategia de selección de átomos, propiedad de independencia de la regla de computación. Orden de las cláusulas. Estrategia de recorrido del árbol. Funcionamiento de un sistema Prolog. Completitud: instancias en la que puede quedar comprometida. Uso del cut (!) en un programa lógico.

## 5 Igualdad

Teoría de la igualdad. Extensión de un sistema formal con la axiomatización de las propiedades de igualdad. E-interpretación, E-satisfactibilidad (enfoque orientado a modelos). Regla de paramodulación: obtención de paramodulantes (enfoque orientado a pruebas). El sistema formal Resolución + Paramodulación. Propiedades.

## 6 Razonamiento no monótono

El conocimiento "positivo". Problemas que necesitan de conocimiento "negativo". Hipótesis de mundo cerrado (CWA). Caracterización "a la Herbrand", Hipótesis de clausura de dominio (DCA) y su relación con la teoría de Herbrand. Suposición de nombres únicos (UNA) y su vinculación con la regla de paramodulación. No-monotonía: CWA para cláusulas generales. Negación por falla: definición, su relación con CWA. Árbol-SLD finitamente fallido.

## 7 Lógica Modal y Sistemas Multiagentes

Estructuras relacionales. Operadores modales de necesidad y posibilidad. Significado intuitivo. Semántica formal: la semántica de Kripke de mundos posibles. Frames y Modelos. Ejemplos de lógicas modales: dinámica, temporal, deóntica. Sus operadores y axiomatizaciones. Grupos y Sistemas Multiagentes: definición. Operadores de conocimiento K, A; de creencias: Bel, A; operadores motivacionales: Goal, A e Int, A. Lógicas de la acción: el operador Does, A; el agente x lleva a cabo la acción A. Combinación de lógicas: definición. Aspectos vinculados a la ingeniería de software: modularidad. Transferencia de propiedades de las lógicas especiales a las lógicas combinadas: completitud y decidibilidad.



**BIBLIOGRAFÍA****BIBLIOGRAFIA OBLIGATORIA**

- P. Blackburn, M. de Rijke, Y. Venema. Modal Logic. Cambridge University Press, 2001.
- H. G. Hamilton. Lógica para Matemáticos. Paraninfo, Madrid, 1981.
- J. W. Lloyd. Foundations of Logic Programming. Second ed. Springer Verlag, 1993.

**BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA**

- C. Areces, C. Monz, H. De Nivelle, and M. De Rijke. The Guarded Fragment: Ins and Outs. Vossiuspers. Amsterdam University Press, 1999.
- S. Chopra and L. White. Artificial agents - personhood in law and philosophy. In Proceedings of the 16th European Conference on Artificial Intelligence, ECAI'2004, including Prestigious Applicants of Intelligent Systems, PAIS 2004, Valencia, Spain, August 22-27, 2004, pages 635-639, 2004.
- Dag Elgesem. The modal logic of agency. Nordic Journal of Philosophical Logic, 2:1-46, 1997.
- R. Fajardo and M. Finger. Non-normal modalisation. In Advances in Modal Logic '02, pages 83-96, 2002.
- M. Finger and D. Gabbay. Combining temporal logic systems. Notre Dame Journal of Formal Logic, 37, 1994.
- M. Franceschet, A. Montanari, and M. de Rijke. Model checking for combined logics with an application to mobile systems. 11, 2004.
- G. Governatori and A. Rotolo. On the axiomatization of elgesem's logic of agency. In AiML 2004-Advances in Modal Logic, pages 130-144. Department of Computer Science, University of Manchester, 2004.
- C. Pons, R. Rosenfeld, C. Smith. Lógica para Informática. <http://sodici.unip.edu.ar/handle/10915/61426>
- Joao Rasga, Amílcar Semadas, and Cristina Semadas. Importing logics: Soundness and completeness preservation. Studia Logica, 101(1):117-155, 2013.
- J. Rasga, A. Semadas, and C. Semadas. Fibring as importing subsumes asymmetric combinations. Studia Logica, 102(5):1041-1074, 2014.

**METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA**

Indicar la metodología, distinguiendo actividades teóricas y experimentales. Indicar los mecanismos de interacción con el alumno.

**PARA EL CICLO 2022**

Se prevé modalidad virtual, parcial o total, a decisión y conveniencia del alumnado. Se mantiene la presencialidad.

La experiencia en 2020 y 2021 en la modalidad virtual fue exitosa y se prevé continuarla en 2022. Al ser una asignatura optativa, normalmente el número de alumnos que cursa Programación Lógica es de sencilla administración por parte del grupo docente. Esto sucedía ya previo a la pandemia, pues muchos alumnos (si no todos) al llegar a cursarla ya están hacia el final de su carrera, tienen organizados sus trabajos/esquemas laborales, y la flexibilidad es una prioridad para ellos, y también lo es para la cátedra en un intento por acompañarlos en la finalización de todos sus cursos. De hecho, en 2021 la asignatura tuvo tres muy buenos alumnos regulares, y otros dos rindieron buenos finales, uno virtual y otro presencial (nota distinguido) en la mesa de diciembre 2021. El alumno puede elegir con total libertad tomar el curso con la modalidad virtual, de forma total o de forma parcial, en este caso de virtualidad parcial asistiendo a algunas clases a convenir con la cátedra, o estudiando el material completo y asistiendo a reuniones preestablecidas vía teleconferencia. La evaluación del curso virtual también es a convenir, pues puede realizarse virtual o presencial según decida el alumno, no hay motivo alguno para imponer desde la cátedra respecto de este punto.



**Antecedentes.** El contenido del programa actual para 2022 fue impartido de menor a mayor intensidad, ininterrumpidamente desde 2004 hasta la fecha (segundo semestre de 2021), en las asignaturas Inteligencia Artificial Plan 90, Lógica, Programación Lógica, Lógica y Elementos de IA y Lógica e IA. 2014 fue el primer año en el que algunos temas fueron también presentados a alumnos con formación muy básica (3er. año): ocho alumnos aprobaron en 2014 el examen, dos con nota buena, uno con nota distinguida y cinco con nota suficiente. Ello ha aportado a una transversalidad con los contenidos de la asignatura "Lógica". Asimismo, parte de los contenidos, especialmente los referidos a Lógica Modal, colaboran con la transversalidad en la materia "Teoría de la Computación". Finalmente cabe destacar que tres tesis de grado en la temática han sido aprobadas exitosamente en nuestra Facultad, con trabajos presentados en congresos (un trabajo con premio nacional en 2011). Uno de los tesisistas fue además mejor promedio de la Facultad en su cohorte. Otro tesisista obtuvo en 2017 su doctorado en la U. de Luxemburgo en esta temática, y otro tesisista fue durante 5 años becario doctoral de Conicet.

Durante 2020 y 2021 la cátedra elabora un libro de Notas de Cátedra que será publicado por Editorial UNLP.

**Organización de las clases.** Las clases son teórico-prácticas, organizadas por bloques que se corresponden cada uno con una bolilla del programa. Al inicio del bloque se dictan la o las clases referidas a la bolilla en cuestión. En las clases subsiguientes los alumnos realizan la exposición en el pizarrón de diferentes ejercicios teóricos o prácticos que les han sido asignados para su resolución. Así, la corrección es individual y también grupal, ya que al ser una exposición oral el auditorio realiza los comentarios pertinentes a la exposición. Este sistema ha dado buenos resultados en los últimos años, debido a que el número de inscriptos de cada cohorte vuelve a los grupos apto para la comunicación cercana y la exposición oral. Durante 2020 y 2021 se organizaron lecturas y tps via email (modalidad virtual).

**Aspecto exitoso de las clases de Programación Lógica desde las últimas cohortes, en relación con la transversalidad de la asignatura con otras materias.** Algunos alumnos al cursar la asignatura Lógica e IA (asignatura en la que docentes de Programación Lógica también participan) descubren el interés por la asignatura y traen un bagaje de conocimiento importante que les permite insertarse fácilmente en este curso y finalizarlo exitosamente.

**Contenidos del programa de Programación Lógica.** Aparecen en un orden secuencial tal que cada tema constituye un bloque básico para el abordaje y estudio de los temas que le siguen. Retomamos los aspectos básicos de la lógica proposicional, y seguidamente incursionamos en la Lógica de Predicados. Luego vemos las dificultades de la lógica proposicional para capturar discursos sofisticados tales como el normativo (obligatoriedad/permiso) o el temporal (en el futuro sucede/en el pasado sucedió). Luego ampliamos la visión para definir formalmente sistemas donde intervienen múltiples agentes. Los principios básicos que rigen a los sistemas multiagentes son caracterizables a partir de atribuciones internas de los agentes -y grupos de agentes- tales como capacidad, intención, creencias, preferencias, y otras actitudes como persistencia y efectividad en el accionar.

Para cada cohorte se define además un grupo virtual. A ese espacio compartido se suben archivos relevantes, y en él se discuten cuestiones referidas a los temas teóricos y a las ejercitaciones.

## **EVALUACIÓN**

Diferenciar los mecanismos de seguimiento y evaluación durante el curso.  
Se realizan exposiciones individuales por bolilla en el pizarrón (resolución de uno o más ejercicios por práctico). En la modalidad virtual el examen (parcial o final) es oral, normalmente eligiendo el alumno un tema para comenzar y continuando con preguntas relacionadas.





**Seguimiento:** las diferentes exposiciones son individuales. Por el tipo de contenido de la asignatura, cada exposición permite evaluar el afianzamiento en el alumno de los temas de las bolillas anteriores a la que se está exponiendo. Cada exposición lleva una calificación numérica.

**Durante 2020 y 2021 se organizó evaluación virtual. Se prevé igual modalidad para 2022 a decisión del alumno.**

**Mencionar las condiciones para la aprobación de los trabajos prácticos.**  
La aprobación de los trabajos prácticos se obtiene con la aprobación de todas las exposiciones. Clases específicas y temas especiales se definen únicamente si el alumno, luego de aprobar, decide mejorar su calificación. Con ello se aspira a que el plus de nota final que pudiese obtener sea reflejo de la profundización de algún tema de la asignatura de particular interés del alumno.

**Establecer las pautas para la aprobación del examen final para los alumnos que han aprobado los trabajos prácticos.**  
Exposiciones individuales por bolilla en el pizarrón (resolución de uno o más ejercicios por práctico).  
Eventualmente: trabajo grupal.

**Durante 2020 y 2021 se organizaron entregas via email y exposiciones por videoconferencia. Se prevé igual modalidad virtual cuando el alumno así lo considere conveniente.**

**En caso de tener mecanismos para la promoción del examen final, indicar los mismos.**  
Exposiciones individuales por bolilla en el pizarrón o por videoconferencia (resolución de uno o más ejercicios por práctica).

**Durante 2020 y 2021 se organizaron entregas via email y exposiciones por videoconferencia. Se prevé igual modalidad cuando el alumno así lo considere conveniente. (El final de noviembre 2021 se tomó presencialmente.)**

#### CRONOGRAMA DE CLASES Y EVALUACIONES

Clase	Fecha	Contenidos/Actividades
1	26 AGO	Introducción, SAT, FNC
2	27 AGO	Decidibilidad. FNC para LO1, Representación clausal.
3	3 SEP	Satisfactibilidad de la FNC: Compacidad, Resolución, Teorema de Robinson.
4	10 SEP	Cláusulas generales y de Horn. Semántica declarativa y procedural de los programas lógicos.
5	17 SEP	Teoría de Herbrand.
6	24 SEP	Unificación
7	1 OCT	Estrategias de Resolución
8	8 OCT	SLD-refutación
9	15 OCT	Correctitud de SLD-refutación
10	22 OCT	Compleitud de SLD-refutación
11	29 OCT	Aspecto procedural de programas lógicos.



12	5 NOV	Sistemas con igualdad.
13	12 NOV	Paramodulación, OWA y Negación por falla.
14	19 NOV	Lógica modal
15	26 NOV	Lógica modal y sistemas de agentes
16	3 DIC	Lógica modal y sistemas de agentes

Evaluaciones previstas	Fecha
Bolitas 1 y 2 (dos ejerc. mínimo)	8 OCT
Bolita 3	29 OCT
Bolitas 4 y 5 (dos ejerc. mínimo)	12 NOV
Bolita 6	26 NOV
Bolita 7	10 DIC

Contacto de la cátedra (mail, sitio WEB, plataforma virtual de gestión de cursos):

la.fi.unip@gmail.com  
claritasmith@gmail.com  
google group a crear

Firma del/los profesores