

Código/s: R-223

### Identificación y características del Espacio Curricular

Carrera/s:	Licenciatura en Ciencias de la Computación		
Plan de Estudios:	2010, TO2024	Carácter:	Obligatoria
Bloque/Campo:		Área:	Ciencias Básicas Generales y Específicas
Régimen de cursado:	Cuatrimestral		
Cuatrimestre:	4º [LCC], 4º [LCC]		
Carga horaria:	90 hs. / 6 hs. semanales	Formato curricular:	Asignatura
Escuela:	Ciencias Exactas y Naturales	Departamento:	Ciencias de la Computación
Docente responsable:	ZANARINI, Dante		

### Programa Sintético

Lógica Proposicional: Sintaxis y Semántica. Deducción natural. Completitud. Lógica de Predicados: Sintaxis y Semántica. Propiedades simples de la lógica de predicados. Teorías con igualdad. Deducción natural. Completitud y Aplicaciones: El Teorema de completitud. Teoremas de compacidad. Introducción a la teoría de modelos. Lógicas no-clásicas.

### Espacios Curriculares Relacionados

Previos Aprobados:	R-123 - Programación II
Simultaneos Recomendados:	
Posteriores:	R-313 - Sistemas Operativos I, R-322 - Análisis de Lenguajes de Programación, R-324 - Teoría de Base de Datos, R-411 - Ingeniería del Software I, R-413 - Introducción a la Inteligencia Artificial, R-423 - Complementos de Matemática II

### Vigencia desde 2024

\_\_\_\_\_  
Firma Profesor

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Firma Aprob. Escuela

\_\_\_\_\_  
Fecha

Con el aval del Consejo Asesor:

## Fundamentación

La asignatura se ubica en el 2º cuatrimestre de 2º año de la carrera de Lic. en Cs. de la Computación. La lógica es una disciplina básica de las ciencias de la computación, por lo que su inclusión como actividad curricular es fundamental para comprender aspectos teóricos y prácticos de la disciplina. En el curso se presentan diferentes formalismos lógicos, sus principales propiedades y limitaciones. Asimismo, se presentan aplicaciones a problemas de especificación y verificación.

## Resultados del aprendizaje

Al finalizar el cursado los/las estudiantes serán capaces de:

RA1 Comprender diferentes modelos lógicos y valorar su importancia en las ciencias de la computación.

RA2 Comparar enfoques sintácticos y semánticos para la formalización lógica.

RA3 Expresar ideas y razonamientos en forma clara y precisa, fomentando la rigurosidad y formalidad en razonamientos y demostraciones;

RA4 Reconocer las principales características y limitaciones de la lógica proposicional y de predicados, y sus implicancias en la selección de formalismos para la resolución de problemas de ciencias de la computación;

RA5 Diferenciar formalismos lógicos de acuerdo a su complejidad y poder expresivo;

RA6 Emplear el lenguaje de la lógica para representar problemas de informática;

RA7 Resolver problemas de computación utilizando diferentes herramientas informáticas basadas en los formalismos desarrollados: Demostradores automáticos y Asistentes de Pruebas.

## Competencias / Ejes transversales y Resultados del Aprendizaje

Competencia/Eje transversal al que tributa	Nivel	Resultados del Aprendizaje
CGT1-Identificación, formulación y resolución de problemas de informática	Bajo	RA3-RA4-RA6-RA7
CGT4-Utilización de técnicas y herramientas de aplicación en la informática	Bajo	RA1-RA2-RA5-RA7
CGS2-Fundamentos para la comunicación efectiva	Bajo	RA3 - RA7

## Programa Analítico

En sintonía con las expectativas de logro, resultados de aprendizaje y ejes transversales señalados, consignar los contenidos que se prevén desarrollar en el espacio curricular. Indicarlos mediante el siguiente formato:

1. Lógica proposicional
  - 1.1 Semántica de la lógica proposicional
    - 1.1.1 Proposiciones y argumentos
    - 1.1.2 Definición de Semántica. Consecuencia semántica.
    - 1.1.3 Validez y satisfacibilidad
    - 1.1.4 Equivalencia semántica, formas normales
    - 1.1.5 SAT Solvers
  - 1.2 Deducción natural.
    - 1.2.1. Cálculo de secuentes
    - 1.2.2. Reglas de introducción y eliminación
    - 1.2.3 Lógica clásica y lógica intuicionista. Reglas no constructivas
    - 1.2.4. Regla derivadas.

## 1.3 Completitud y consistencia

### 1.3.1. Lema de corrección

### 1.3.2. Teorema de completitud

### 1.3.3. Decidibilidad

## 2. Lógica de predicados

### 2.1 Sintaxis

#### 2.1.1 Lógica de predicados como sistema formal. Términos y fórmulas.

#### 2.1.2. Sustitución

#### 2.1.3. Variables libres y ligadas.

### 2.2. Semántica

#### 2.2.1 Modelos

#### 2.2.2. Validez y satisfacibilidad en un modelo.

#### 2.2.3. Consecuencia semántica

#### 2.2.4. Lógica de predicados con igualdad

#### 2.2.5. Axiomatización de estructuras y matemáticas básicas.

#### 2.2.6. Equivalencia semántica

### 2.3 Teoría de pruebas para lógica de predicados.

#### 2.3.1. Reglas de introducción y eliminación

#### 2.3.2. Equivalencia entre cuantificadores

#### 2.3.3. Verificación de propiedades utilizando asistentes de pruebas

### 2.4. Propiedades y límites de la lógica de predicados

#### 2.4.1 Corrección y completitud

#### 2.4.2. Expresividad de la lógica de predicados. Límites. Alcanzabilidad y Teorema de Löwenheim Skolem.

#### 2.4.3 Indecidibilidad.

## 3. Verificación de programas imperativos

### 3.1 Un framework para la verificación de programas.

#### 3.1.1 Lenguaje de programación núcleo.

#### 3.1.2 Lógica de Hoare

#### 3.1.3 Corrección parcial y corrección total

### 3.2. Cálculos de corrección

#### 3.2.1 Cálculo para verificación de corrección parcial

#### 3.2.2 Cálculo para verificación de corrección total

### 3.3 Programación por contratos

## Modalidades de enseñanza

La asignatura contempla diferentes formatos de clases. En las clases teóricas se trabaja sobre los diferentes temas de la asignatura. Se incorporan ejemplos de aplicación de los temas tratados, así como también se discute sobre los alcances de los resultados presentados y su relación con problemas similares vistos o por ver en las asignaturas relacionadas. En las clases prácticas se trabaja en la resolución grupal de ejercicios. Finalmente, cada docente del curso dicta una clase de consulta semanal donde los y las estudiantes realizan consultas específicas, tanto teórico prácticas como de los trabajos prácticos.

El curso contempla tres trabajos prácticos sobre el uso de herramientas

## Recursos

Las clases se desarrollan en aulas tradicionales. De acuerdo al tema tratado, se utiliza el proyector para realizar presentaciones en conjunto con la pizarra. Durante las clases de teoría, se utiliza una aplicación de encuestas donde los y las estudiantes participan para orientar la presentación del profesor. Asimismo, se utiliza el Campus virtual de la UNR donde se encuentran disponibles:

toda la información sobre el dictado de la asignatura (horarios, docentes, programa, avisos, etc).

las guías de trabajos prácticos y las presentaciones trabajadas en clase.

videos que cubren todos los temas teóricos de la asignatura, foros para cada una de las prácticas,

videos con clases de práctica y consultas de cursadas anteriores, soluciones a ejercicios seleccionados.

## Actividades de Formación Práctica

Nº	Título	Descripción
1	Semántica de la Lógica Proposicional	Ejercicios sobre el modelo semántico para la lógica proposicional bivaluada. Consecuencia semántica. Satisfacibilidad, validez y contradicción.
2	Deducción natural (Lógica Proposicional)	Ejercicios. Sistema formal para demostrar la validez de fórmulas de la lógica proposicional. Reglas de introducción y eliminación.
3	SAT Solvers	Ejercicios para formalizar problemas de informática y resolverlos mediante el uso de SAT Solvers.
4	Complejidad de la lógica proposicional.	Corrección (soundness) y completitud de la deducción natural respecto a la definición de semántica vista. Ejercicios propuestos.
5	Sintaxis de la Lógica de Predicados.	Ejercicios. La lógica de predicados como lenguaje formal. Términos y fórmulas. sustitución. Variables libres y ligadas.
6	Semántica de la Lógica de Predicados	Ejercicios. Modelos y validez en un modelo. Satisfacibilidad. Consecuencia semántica. Axiomatización de estructuras algebraicas, teoría de conjuntos y números naturales
7	Deducción natural para Lógica de Predicados.	Ejercicios. Sistema formal para demostrar la validez de fórmulas de la lógica de predicados. Reglas de introducción y eliminación. Igualdad.
8	Asistentes de Pruebas	Demostración de propiedades asistidas por computadoras. Asistentes de pruebas. Caso de estudio.
9	Cálculo de programas I	Ejercicios. Lenguaje de programación núcleo. Sintaxis y ejemplos. Precondiciones y postcondiciones. Tripletas de Hoare.
10	Cálculo de programas II	Ejercicios. Aplicación de las reglas de la Lógica de Hoare para demostrar corrección parcial y total de programas.

## Evaluación

La evaluación se realiza mediante parciales, presentación y defensa de trabajos prácticos, y un examen final.

Trabajos prácticos.

Se presentan dos trabajos prácticos a resolverse en equipos con el objetivo de resolver problemas de formalización y resolución de problemas de ciencias de la computación utilizando herramientas de software específicas. El Trabajo práctico 1 propone la formalización y resolución automática de problemas que pueden formalizarse utilizando lógica proposicional. De esta manera se refuerzan los conceptos teóricos sobre expresividad y decidibilidad de dicha lógica.

En el trabajo práctico 2 se formalizan y resuelven problemas utilizando asistentes de pruebas para la lógica de predicados. Esto refuerza además los conceptos teóricos sobre expresividad e indecidibilidad de la lógica de primer orden.

En ambos casos debe resolverse un caso de estudio propuesto por la cátedra. La solución debe presentarse de forma escrita según el cronograma detallado en el cronograma de actividades. La evaluación incorpora además una defensa oral de lo presentado.

Parciales.

Durante el cursado se toman dos exámenes parciales obligatorios y uno opcional. De los dos obligatorios, el primero abarca la Unidad 1 (prácticas 1 a 3) y el segundo la unidad 2 (Prácticas 4 a 6). Los parciales y exámenes se califican en escala de 1 a 10. Para obtener la condición de Regular, además de la aprobación de los trabajos prácticos, se debe alcanzar un promedio de 6 con notas no inferiores a 4 en los parciales obligatorios. Caso contrario, se obtiene la condición de Libre.

Se ofrece la posibilidad de rendir un examen sustitutivo de uno de los parciales obligatorios durante la última semana de clases, en caso que el/la estudiante lo necesite para alcanzar la condición de regular.

Para aquellos/as que no requieren rendir el examen sustitutivo por ya haber alcanzado la condición de regular, en la última semana de cursado se les ofrecerá rendir el tercer parcial opcional que abarca los temas de la unidad 3 (Prácticas 7 y 8).

Examen final.

El examen final consta de dos partes: una práctica y otra teórica.

En la parte práctica se le propone a quien rinde que realice una serie de ejercicios. La cantidad de ejercicios y las unidades a las que refieren se definen de acuerdo a la condición obtenida durante el cursado y las notas de los parciales (en el caso de estudiantes Regulares), de acuerdo a lo siguiente:

(a) Quienes tengan la condición de Libre rinden ejercicios de todas las unidades; además de tener que presentar y defender los trabajos prácticos en forma individual.

(b) Quienes tengan la condición de Regular y hayan obtenido promedio al menos 8 con notas no inferiores a 7 en todos los parciales, no rinden ejercicios de práctica.

(c) Quienes tengan la condición de Regular y no cumplan con la condición (b) , rinden ejercicios de aquellas unidades para las cuales obtuvieron notas inferiores a 8 en el parcial correspondiente.

Se observa que en el caso de la unidad 3, solo aquellos que cumplen con la condición (b) podrían estar eximidos de rendir la parte práctica.

En la parte teórica se presentan una serie de preguntas sobre los temas de la asignatura, que el/la estudiante debe primero elaborar por escrito y luego explicar y defender en forma oral.

<b>Resultado de Aprendizaje</b>	<b>Actividades/Modalidad de Enseñanza</b>	<b>Modalidad de Evaluación</b>
RA1	Clases teóricas y prácticas.	Parciales con ejercicios propuestos que cubren diferentes modelos lógicos, y a través de ejemplos y discusiones en las clases teóricas.
RA2	Clases teóricas y prácticas.	Parciales con ejercicios propuestos. Se evalúa a través de ejercicios prácticos que conectan los enfoques sintácticos y semánticos, y en el examen final, tanto en práctica como teoría.

RA3	Clases teóricas y prácticas, trabajos prácticos	La asignatura presenta diferentes sistemas formales que contienen reglas precisas y a las cuales quien los use debe ajustarse (evaluado en los ejercicios propuestos). Asimismo, las propiedades sobre dichos sistemas son demostradas con rigurosidad y esto se evalúa de forma escrita y oral en los parciales y en el examen final. La resolución de los trabajos prácticos requieren poder expresar las soluciones a los problemas propuestos de forma clara, precisa y rigurosa.
RA4	Clases teóricas y prácticas.	Parciales y examen final. Principalmente en los ejercicios propuestos en las prácticas 3, 5 y 6, en las clases de problemas presentados en los trabajos prácticos y en el examen teórico.
RA5	Clases teóricas y prácticas.	Parciales y examen final. Los ejercicios cubren esta temática, principalmente en las características de decidibilidad y poder expresivo.
RA6	Clases teóricas y prácticas.	Parciales, trabajos prácticos y final final. Los ejercicios y ejemplos cubren diferentes campos de las ciencias de la computación. En forma más concreta, la unidad 3 refiere a problemas activos en el campo de la informática.
RA7	Trabajos prácticos	Evaluación de los informes y códigos presentados en los trabajos prácticos, y su defensa oral.

#### Bibliografía básica

<b>Autores (Apellido, Inicial nombre)</b>	<b>Año de edición</b>	<b>Título de la obra</b>	<b>Editorial o Revista</b>	<b>Ejemplares disponibles o sitio web</b>
Huth, M. Ryan, M.	2004	Logic in Computer Science - Modelling and Reasoning about Systems	Cambridge University Press	3
Van Dalen, D.	2013	Logic and Structure	Springer	1

#### Bibliografía complementaria

<b>Autores (Apellido, Inicial nombre)</b>	<b>Año de edición</b>	<b>Título de la obra</b>	<b>Editorial o Revista</b>	<b>Ejemplares disponibles o sitio web</b>
Bertot, Y. Castéran, P.	2004	Interactive Theorem Prover and Program Development.	Springer	1

Mendelson, Elliot	2015	Introduction to mathematical logic		1
Hofstadter	1979	Gödel, Escher, Bach: un Eterno y Grácil Bucle	Basic Books	1

### Distribución de la carga horaria

#### Presenciales

Teóricas		37 Hs.
Prácticas	Formación Experimental	
	Resolución de Problemas vinculados a la Profesión	20 Hs.
	Resolución de Problemas y Ejercicios	25 Hs.
	Actividades de Proyecto y Diseño	
	Formación en la Práctica Profesional	
Evaluaciones		8 Hs.
	<b>Total</b>	<b>90 Hs.</b>

#### Dedicadas por el alumno fuera de clase

	Preparación Teórica	20 Hs.
	Preparación Práctica	40 Hs.
	Elaboración y redacción de informes, trabajos, presentaciones, etc.	
	<b>Total</b>	<b>60 Hs.</b>

### Cronograma de actividades

Semana	Unidad	Tema	Actividad
1	1	1.1 Semántica de la lógica proposicional Proposiciones y argumentos Definición de Semántica. Consecuencia semántica. Equivalencia semántica, formas normales Validez y satisfacibilidad	Introducción a la asignatura. Clases teóricas Práctica 1
2	1	Equivalencia semántica, formas normales. SAT Solvers 1.2 Deducción natural. Cálculo de secuentes Reglas de introducción y eliminación	Clases teóricas Práctica 1
3	1	Lógica clásica y lógica intuicionista. Reglas no constructivas Regla derivadas.	Clases teóricas Práctica 2 Trabajo práctico 1
4	1	1.3 Completitud y consistencia Lema de corrección Teorema de completitud (primera parte)	Clases teóricas Trabajo práctico 1
5	1	Teorema de completitud (segunda parte)	Práctica 3 Trabajo práctico 1
6	2	Decidibilidad	Práctica 3 Primer parcial

7	2	2.1 Sintaxis Lógica de predicados como sistema formal. Términos y fórmulas. Sustitución Variables libres y ligadas.	Clases teóricas Práctica 4
8	2	2.2. Semántica Modelos Validez y satisfacibilidad en un modelo. Consecuencia semántica Lógica de predicados con igualdad	Clases teóricas Práctica 5
9	2	Axiomatización de estructuras y matemáticas básicas. Equivalencia semántica 2.3 Teoría de pruebas para lógica de predicados. Reglas de introducción y eliminación	Clases teóricas Práctica 5
10	2	Equivalencia entre cuantificadores 2.4. Propiedades y límites de la lógica de predicados Corrección y completitud	Clases teóricas Trabajo práctico 2
11	2	Expresividad de la lógica de predicados. Límites. Alcanzabilidad y Teorema de Löwenheim Skolem.	Clases teóricas Trabajo práctico 2
12	2	Indecidibilidad	Trabajo práctico 2 Clases teóricas Parcial 2
13	3	3.1 Un framework para la verificación de programas. Lenguaje de programación núcleo. Lógica de Hoare Corrección parcial y corrección total	Clases teóricas Práctica 7
14	3	Cálculos de corrección Cálculo para verificación de corrección parcial Cálculo para verificación de corrección total 3.3 Programación por contratos	Clases teóricas Prácticas 7 y 8
15	3		Práctica 8 Examen parcial sustitutivo (si es necesario) tercer examen parcial (si el/la estudiante está habilitado/a).