



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

PROGRAMA DE LA MATERIA CORRESPONDIENTE A LA LICENCIATURA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN.

Coordinación: Área de Teoría de la Computación

NOMBRE DE LA MATERIA:	Funciones Recursivas y Máquinas de Turing
------------------------------	--

Clave: CCO 518

Créditos: 10

Modalidad: Escolarizada

Nivel de Ubicación: Formativo

Tipo de Materia: Obligatoria

PRE-REQUISITOS:	CCO 500 Lenguajes Formales y Autómatas.
------------------------	--

MATERIA CONSECUENTE:	CCO 508 Teoría de la Complejidad CCO 515 Programación Lógica y Bases de Datos
-----------------------------	--

TIEMPO TOTAL ASIGNADO:	80
-------------------------------	-----------

PRIMAVERA - OTOÑO

HRS. TEÓRICAS/SEM:	5	HRS. PRÁCTICAS/SEM:	0
---------------------------	----------	----------------------------	----------

VERANO

HRS. TEÓRICAS/SEM:	10	HRS. PRÁCTICAS/SEM:	0
---------------------------	-----------	----------------------------	----------

AUTOR(ES) DEL PROGRAMA:	
--------------------------------	--

José de Jesús Lavallo Martínez	
Jesús García Fernández	

REVISADO POR:	Area de Teoría de la Computación
----------------------	---

APROBADO POR:	Academia
----------------------	-----------------

AUTORIZADO POR:	Docencia
------------------------	-----------------

FECHA DE ELABORACIÓN/REVISIÓN:	Junio de 2000 / Julio de 2003
VIGENCIA:	Otoño de 2000

JUSTIFICACIÓN:

Los aspectos formativos de los estudiantes de la licenciatura en Ciencias de la Computación requieren del dominio de los temas inherentes a la Computabilidad.
Este curso ofrece un material enfocado en los aspectos de la Teoría de las Funciones Recursivas, los paradigmas de la computabilidad y los temas de la Decidibilidad, Indecidibilidad y Decidibilidad Parcial.
El curso concluye con el estudio del Segundo Teorema de la Recursión.

OBJETIVO GENERAL DE LA MATERIA:

Que el alumno identifique las características de .
Que el alumno identifique y compare .
Que el alumno analice las diferentes técnicas que se pueden emplear en ,y experimente con alguna de ellas.

CONTRIBUCIÓN DE LA SIGNATURA AL PERFIL DE EGRESO:

Esta asignatura es esencial en el proceso de la formación teórico-metodológica de los Licenciados en Ciencias de la Computación; así como una base para la formación de los futuros investigadores en las Ciencias de la Computación.
Esta asignatura contribuye a crear en los egresados la visión general de las Ciencias de la Computación y su conocimiento profundo sobre los fundamentos de la Computación.

CONTENIDO TEMÁTICO

UNIDAD: 1			TÍTULO: FUNCIONES COMPUTABLES.			
OBJETIVO ESPECÍFICO: Discutir la idea fundamental de un algoritmo o procedimiento efectivo. Introducir los instrumentos de trabajo para precisar los conceptos esenciales y adquirir los fundamentos matemáticos de la teoría de la Computabilidad. Bibliografía [1]						
CONTENIDO DE LA UNIDAD		Tiempo de impartición (hrs.).		Actividades de Aprendizaje	Técnicas	Recursos Necesarios
		HT	HP			
1.1	Prerequisitos y Notación. -Conjuntos y Funciones -Relaciones y Predicados -Notación Lógica	2		Introducción y Motivación. Repasar los temas de Conjuntos, Funciones, Relaciones y Predicados. Recordar algunos detalles de los Lógica Matemática.	Exposición por parte del profesor.	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de computo
1.2	Algoritmos o Procedimientos Efectivos	1		Introducción y Motivación. Identificar los conceptos intuitivos de algoritmo o de procedimiento efectivo.	Exposición por parte del profesor, discusión grupal y lluvia de ideas.	
1.3	La Máquina de Registros Ilimitados.	4		Introducción y Motivación; Comprensión. Presentar una idealización matemática de una computadora.	Exposición por parte del profesor, discusión grupal y lluvia de ideas.	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de computo
1.4	Funciones URM-Computables.	3		Introducción y Motivación; Comprensión. Definir las funciones URM-Computables como herramienta de trabajo futura.	Exposición por parte del profesor, discusión grupal y lluvia de ideas.	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de computo
1.5	Predicados y Problemas Decidibles.	1		Introducción y Motivación; Comprensión. Identificar el concepto de	Exposición por parte del profesor, discusión grupal y lluvia de ideas.	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y

				predicado decidable a partir de las funciones URM-Computables. Mostrar ejemplos de ellos.		equipo de computo
1.6	Computabilidad en otros Dominios.	4		Introducción y Motivación; Comprensión. Identificar dominios alternativos a los enteros en los que se pueden estudiar las propiedades de Computabilidad y Decidibilidad	Exposición por parte del profesor, discusión grupal y lluvia de ideas; Sesión de cierre.	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de computo
HORAS TOTALES:		12				

UNIDAD: 2				TÍTULO: GENERANDO FUNCIONES COMPUTABLES.		
OBJETIVO ESPECÍFICO: Mostrar al estudiante los diferentes métodos para obtener nuevas funciones computables a partir de combinación de funciones primitivas. Ilustrar una gama de funciones que poseen la característica de ser computables. Bibliografía [1,3]						
CONTENIDO DE LA UNIDAD		Tiempo de impartición (hrs.).		Actividades de Aprendizaje	Técnicas	Recursos Necesarios
		HT	HP			
2.1	Las Funciones Básicas.	0.5		Introducción y Motivación. Definir las funciones Básicas.	Exposición por parte del profesor.	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de computo
2.2	Unión de Programas	2.5		Introducción y Motivación; Comprensión. Discutir la importancia de la unión o concatenación de los programas como mecanismo de extensión de sus propiedades básicas.	Exposición por parte del profesor, discusión grupal y lluvia de ideas.	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de computo

2.3	Substitución	1		Introducción y Motivación; Comprensión. Describir el mecanismo de la sustitución como el camino para construir nuevas funciones a partir de las básicas.	Exposición por parte del profesor, discusión grupal y lluvia de ideas.	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de computo
2.4	Recursión	3		Introducción y Motivación; Comprensión. Describir el mecanismo de la recursión como el camino para construir nuevas funciones a partir de las básicas.	Exposición por parte del profesor, discusión grupal y lluvia de ideas.	
2.5	Minimalización	2		Introducción y Motivación; Comprensión. Otra manera de construir nuevas funciones es a través del mecanismo de minimalización	Exposición por parte del profesor, discusión grupal y lluvia de ideas; Sesión de cierre.	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de computo
HORAS TOTALES:		9				

UNIDAD: 3	TÍTULO: OTROS ENFOQUES A LA COMPUTABILIDAD Y LA TESIS DE CHURCH.
------------------	---

OBJETIVO ESPECÍFICO:
 Identificar los diferentes enfoques para la definición de computabilidad y compararlos entre sí. Profundizar el concepto de computabilidad efectiva, a partir de las diferentes herramientas de trabajo.
 Bibliografía [1,2,3]

CONTENIDO DE LA UNIDAD		Tiempo de impartición (hrs).	Actividades de Aprendizaje	Técnicas	Recursos Necesarios
		HT HP			
3.1	Introducción	0.5	Introducción y Motivación; Identificar los	Exposición por parte del profesor,	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de cómputo

			diferentes enfoques para la caracterización de la computabilidad.	discusión y lluvia de ideas	
3.2	Funciones Parcial Recursivas (Gödel-Kleene).	1	Introducción y Motivación; Comprensión y elicitación de ideas. Definir la clase de las funciones parcial recursivas y caracterizar sus propiedades.	Exposición por parte del profesor, discusión y lluvia de ideas	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de cómputo
3.3	Una Digresión: Las Funciones Recursivas Primitivas.	1	Introducción y Motivación; Comprensión y elicitación de ideas. Definir una subclase de las funciones parcial recursivas.	Exposición por parte del profesor, discusión y lluvia de ideas	
3.4	Turing Computabilidad.	2.5	Introducción y Motivación; Comprensión y elicitación de ideas. Introducir la máquina de Turing como herramienta para el estudio de la computabilidad.	Exposición por parte del profesor, discusión y lluvia de ideas	
3.5	Sistemas de Manipulación de Símbolos de Post y Markov.	3	Introducción y Motivación; Comprensión y elicitación de ideas. Diversificar las herramientas para el estudio de la computabilidad.	Exposición por parte del profesor, discusión y lluvia de ideas	
3.6	Computabilidad en dominios distintos de los Naturales.	1	Introducción y Motivación; Comprensión y	Exposición por parte del profesor,	

			elicitación de ideas. Extrapolar los dominios de las funciones para estudiar su comportamiento.	discusión y lluvia de ideas	
3.7	Tesis de Church.	2	Introducción y Motivación; Comprensión y elicitación de ideas. Identificar que tan bien fueron capturadas las ideas de función efectivamente computable por las diferentes caracterizaciones formales.	Exposición por parte del profesor, discusión grupal y lluvia de ideas; Sesión de cierre.	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de cómputo
	HORAS TOTALES:	10			

UNIDAD: 4		TÍTULO: NUMERANDO FUNCIONES COMPUTABLES.			
<p>OBJETIVO ESPECÍFICO: Que el alumno identifique el concepto de computabilidad con el de URM-computabilidad y el concepto de programa con el de URM-programa. La unidad muestra la existencia de una codificación efectiva de los programas por números naturales, concluyendo que la clase de las funciones computables es numerable.</p> <p>Bibliografía [1]</p>					
CONTENIDO DE LA UNIDAD		Tiempo de impartición (hrs.).	Actividades de Aprendizaje	Técnicas	Recursos Necesarios
		HT			
4.1	Numerando Programas.	1.5	Introducción y Motivación. Definiciones y Teoremas	Exposición del profesor, Discusión grupal, analogías.	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de cómputo

			concernientes a los conjuntos Numerables y a la numerabilidad de las instrucciones y los programas.		
4.2	Numerando Funciones Computables.	1	Comprensión y elicitación de ideas. Usando las herramientas anteriores, se introduce la numeración de las funciones computables.	Exposición del profesor, Discusión grupal, analogías.	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de cómputo
4.3	El Método Diagonal.	1	Comprensión y elicitación de ideas. Discutir y ejemplificar el método diagonal de construcción de conjuntos no numerables debido a Cantor.	Exposición del profesor, Discusión grupal, analogías.	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de cómputo
4.4	El Teorema s-m-n	1.5	Comprensión y Elicitación de ideas. Se introduce y demuestra un teorema que será de gran utilidad en los siguientes capítulos.	Exposición del profesor, Discusión grupal, analogías; Sesión de cierre.	
	HORAS TOTALES:	5			

UNIDAD: 5	TÍTULO: PROGRAMAS UNIVERSALES.
OBJETIVO ESPECÍFICO: Identificar el concepto de programa universal. Con ello obtenemos uno de los dos pilares que sostienen la teoría de la computabilidad. Mostrar también que una de las aplicaciones de los programas universales es la construcción de funciones no-computables específicas y de predicados indecidibles.	

Construir con un programa universal una función total computable que no es primitiva recursiva.						
Bibliografía [1]						
CONTENIDO DE LA UNIDAD		Tiempo de impartición (hrs.).		Actividades de Aprendizaje	Técnicas	Recursos Necesarios
		HT	HP			
5.1	Funciones Universales y Programas Universales.	2		Introducción y Motivación. Se introducen los conceptos de Funciones Universales y Programas Universales, así como los teoremas que los caracterizan.	Exposición por parte del profesor y por parte del alumno, discusión y lluvia de ideas	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de cómputo
5.2	Aplicaciones del Programa Universal.	1.5		Comprensión y elicitación de ideas. Se muestra como usar la computabilidad de las funciones universales en construcciones diagonales.	Exposición por parte del profesor y por parte del alumno, discusión y lluvia de ideas	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de cómputo
5.3	Operaciones Efectivas en Funciones Computables.	1		Comprensión y elicitación de ideas. Se ilustra otra aplicación importante de la computabilidad de las funciones universales.		

5.4	Computabilidad de la Función GAMMA (n).	1		Comprensión y elicitación de ideas. Se desarrolla una demostración formal de que la función Gamma(n) es computable.	Exposición por parte del profesor y por parte del alumno, discusión y lluvia de ideas; Sesión de cierre.	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de cómputo
HORAS TOTALES:		5.5				

UNIDAD: 6 **TÍTULO: DECIDIBILIDAD, INDECIDIBILIDAD Y DECIDIBILIDAD PARCIAL.**

OBJETIVO ESPECÍFICO: Conocer y contrastar problemas de tipo decidible contra los de tipo indecidible para identificar los límites de la computabilidad y con ello demostrar los límites teóricos del poder de las computadoras reales.

Bibliografía [1,2]

CONTENIDO DE LA UNIDAD		Tiempo de impartición (hrs.).		Actividades de Aprendizaje	Técnicas	Recursos Necesarios
		HT	HP			
6.1	Problemas Indecidibles en Computabilidad.	2.5		Introducción y Motivación. Se introducen los conceptos de indecidibilidad, se muestran algunos problemas indecidibles típicos y se discuten algunos métodos para establecer la indecidibilidad.	Exposición por parte del profesor y por parte del alumno, discusión y lluvia de ideas	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de cómputo
6.2	El Algoritmo de Sturm.	0.5		Comprensión y elicitación de ideas. Se demuestra un teorema que nos ofrece resultados positivos de la computabilidad y la	Exposición por parte del profesor y por parte del alumno, discusión y lluvia de ideas	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de cómputo

				decidibilidad en conexión con los ceros de polinimios.		
6.3	Lógica Matemática.		1	Comprensión y elicitación de ideas. Se describen algunos de los resultados que asociaron a la computabilidad efectiva con el desarrollo de la lógica matemática.	Exposición por parte del profesor y por parte del alumno, discusión y lluvia de ideas	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de cómputo
6.4	Predicados Decidibles.	Parcialmente	2.5	Comprensión y elicitación de ideas. Se introducen los conceptos de predicados parcialmente decidibles y los teoremas que los caracterizan.	Exposición por parte del profesor y por parte del alumno, discusión y lluvia de ideas; Sesión de cierre.	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de cómputo
	Horas Totales		6.5			

UNIDAD: 7		TÍTULO: CONJUNTOS RECURSIVOS Y ENUMERABLES RECURSIVAMENTE.				
OBJETIVO ESPECÍFICO: Estudiar los conjuntos enumerables recursivamente y sus propiedades básicas como una derivación de de los resultados de inherentes a los predicados parcialmente decidibles. El resultado más importante es la caracterización de los conjuntos enumerables recursivamente.						
Bibliografía [1,2,3]						
CONTENIDO DE LA UNIDAD		Tiempo de impartición (hrs)	Actividades de Aprendizaje	Técnicas	Recursos Necesarios	
		HT HP				
7.1	Conjuntos Recursivos.	1	Introducción y Motivación.	Exposición por parte	por del	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de cómputo

			Se definen y caracterizan los conjuntos recursivos.	profesor y por parte del alumno, discusión y lluvia de ideas	
7.2	Conjuntos Numerablemente Recursivos.	5	Comprensión y elicitación de ideas. Los Subconjuntos de los Naturales que corresponden a predicados parcialmente decidibles constituyen una clase muy importante. Se definen y caracterizan.		
7.3	Conjuntos Productivos y Creativos.	3	Comprensión y elicitación de ideas. Se discute una clase especial de conjuntos recursivamente numerables.		
7.4	Conjuntos Simples	1	Comprensión y elicitación de ideas. Se establece que no todos los conjuntos que no son recursivamente numerables, son creativos.	Exposición por parte del profesor y por parte del alumno, discusión y lluvia de ideas; Sesión de cierre.	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de cómputo
HORAS TOTALES:		10			

UNIDAD: 8	TÍTULO: REDUCIBILIDAD Y GRADOS.
------------------	--

OBJETIVO ESPECÍFICO: Considerar la conveniencia de trabajar con conjuntos en lugar de hacerlo con problemas, recordando que cualquier problema puede ser representado por un conjunto de números..

Bibliografía [1]

CONTENIDO DE LA UNIDAD		Tiempo de impartición (hrs).	Actividades de Aprendizaje	Técnicas	Recursos Necesarios
		HT			
8.1	Reducibilidad Muchos-a-uno.	1.5	Introducción y Motivación. Definición y caracterización de esta clase de reducibilidad entre conjuntos.	Exposición por parte del profesor y por parte del alumno, discusión y lluvia de ideas.	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de cómputo
8.2	Grados.	2	Comprensión y elicitación de ideas. Se asocian las nociones de reducibilidad con equivalencia entre conjuntos.	Exposición por parte del profesor y por parte del alumno, discusión y lluvia de ideas.	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de cómputo
8.3	Conjuntos Recursivamente Numerables m-completos.	1	Comprensión y elicitación de ideas. Se definen y caracterizan estos conjuntos.	Exposición por parte del profesor y por parte del alumno, discusión y lluvia de ideas.	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de cómputo
8.4	Computabilidad Relativa.	3	Comprensión y elicitación de ideas. Se formula una definición precisa de computabilidad relativa usando una modificación de la URM (la URM con Oráculo).	Exposición por parte del profesor y por parte del alumno, discusión y lluvia de ideas.	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de cómputo
8.5	Turing Reducibilidad y sus Grados.	1.5	Comprensión y elicitación de ideas. Se definen y caracterizan los	Exposición por parte del profesor y por parte del alumno, discusión	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de cómputo

			conjuntos Turing reducibles.	y lluvia de ideas; Sesión de cierre.	
	HORAS TOTALES:	9			

UNIDAD: 9 **TÍTULO: OPERACIONES EFECTIVAS SOBRE FUNCIONES PARCIALES.**

OBJETIVO ESPECÍFICO: Cuestionar la existencia de nociones comparables a las de operaciones con números computables efectivamente para trabajar con funciones. Considerando que su diferencia esencial es la cardinalidad. Comprender también los conceptos de operadores recursivos en funciones parciales.

Bibliografía [1,3]

CONTENIDO DE LA UNIDAD

CONTENIDO DE LA UNIDAD		Tiempo de impartición (hrs).	Actividades de Aprendizaje	Técnicas	Recursos Necesarios
		HT			
9.1	Operadores Recursivos.	3.0	Introducción y Motivación. Se discuten las características que podemos esperar de un operador efectivo sobre funciones parciales.	Exposición por parte del profesor y por parte del alumno, discusión y lluvia de ideas	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de cómputo
9.2	Operaciones Efectivas en Funciones Computables.	1.5	Comprensión y elicitación de ideas. Se muestra que cualquier operador recursivo, restringido a funciones computables, produce una operación efectiva sobre índices.	Exposición por parte del profesor y por parte del alumno, discusión y lluvia de ideas	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de cómputo
9.3	El Primer Teorema de la Recursión.	2	Comprensión y elicitación de ideas. Constituye un teorema de punto fijo para operadores	Exposición por parte del profesor y por parte del alumno,	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de cómputo

			recursivos.	discusión y lluvia de ideas	
9.4	Aplicaciones a la Semántica de los Lenguajes de Programación	1	Comprensión y elicitación de ideas. Se muestran aplicaciones del Primer teorema de la recursión.	Exposición por parte del profesor y por parte del alumno, discusión y lluvia de ideas; Sesión de cierre.	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de cómputo
HORAS TOTALES:		7.5			

UNIDAD: 10		TÍTULO: EL SEGUNDO TEOREMA DE RECURSIÓN.			
OBJETIVO ESPECÍFICO: Contrastar el alcance del primer teorema de la recursión para funciones computables totales extensionales, con el segundo teorema de la recursión aplicable a funciones no extensionales. Conocer el papel que el segundo teorema juega en tópicos de mayor profundidad.					
Bibliografía [1]					
CONTENIDO DE LA UNIDAD		Tiempo de impartición (hrs).	Actividades de Aprendizaje	Técnicas	Recursos Necesarios
		HT			
10.1	El Segundo Teorema de la Recursión.	3	Introducción y Motivación. Se define y demuestra el segundo teorema de la recursión.	Exposición por parte del profesor y por parte del alumno, discusión y lluvia de ideas.	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de cómputo
10.2	Análisis del Segundo Teorema.	1.5	Comprensión y elicitación de ideas. Se caracteriza el segundo teorema de la recursión como un simple argumento de la diagonal aplicado a	Exposición por parte del profesor y por parte del alumno, discusión y lluvia de ideas.	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de cómputo

			numeraciones efectivas de funciones computables.		
10.3	El Teorema de Myhill.	1	Comprensión y elicitación de ideas. Se formula y demuestra el teorema de Myhill.	Exposición por parte del profesor y por parte del alumno, discusión y lluvia de ideas; Sesión de cierre.	Pizarrón, borrador, proyector de acetatos, cañón y equipo de cómputo
HORAS TOTALES:		5.5			

PRACTICAS

UNIDAD	NOMBRE DE LA PRACTICA	OBJETIVO	HORAS

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

EXÁMENES PARCIALES DEPARTAMENTALES

Parcial	Contenido a evaluar	Periodos
1	1,2,3	6 ^a . Semana
2	4,5,6,7	12 ^a . Semana
3	8,9,10	16 ^a . Semana

	%
Asistencias:	A criterio del profesor
Proyecto Final:	A criterio del profesor
Tareas:	A criterio del profesor
Trabajos de Investigación:	A criterio del profesor
Prácticas de Laboratorio:	A criterio del profesor

TOTAL:	100
---------------	-----

REQUISITOS DE ACREDITACIÓN:

A criterio del profesor

FOMENTO DE VALORES:**BIBLIOGRAFÍA:**

- 1.- Cutland N. J., "Computability: An Introduction to Recursive Function Theory", Camge University Press, 1980 (B).
- 2.- Minsky M.L., "Computation: Finite and Infinite Machines", Prentice Hall, 1967 (C).
- 3.- Rogers H. Jr., "Theory of Recursive Functions and Effective Computability", Mc. Graw Hill, 1967 (C).

B: Básico

C: Complementario

TITULAR (RESPONSABLE) DE LA MATERIA:

M.C. José de Jesús Lavalle Martínez

FECHA DE ELABORACIÓN Y AUTOR(ES) DEL PROGRAMA:

4 de Julio de 2003