

## Instituto Tecnológico de Costa Rica

Área Académica de Ingeniería en Computadores  
(Computer Engineering Academic Area)

Programa de Licenciatura en Ingeniería en Computadores  
(Licentiate Degree Program in Computer Engineering)

### Propuesta para la actualización curricular plan 2100 Licenciatura Ingeniería en Computadores

Equipo de diseño curricular  
Milton Villegas Lemus (Coordinador del Área Académica)  
Marco Hernández Vásquez (Encargado)  
Luis Diego Noguera Mena (Profesor, miembro de comisión)  
Rodolfo Tacsan Chaves (Profesor, miembro de comisión)  
Jason Leitón Jiménez (Profesor, colaborador)  
Mónica Hernández Campos (Asesora Académica)  
Shirley Segura Chanto (Asesora Académica)

Cartago, Costa Rica, Octubre, 2021

## Tabla de contenido

<b>1</b>	<b><u>INTRODUCCIÓN</u></b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b><u>ELEMENTOS ORIENTADORES DEL PROGRAMA</u></b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b><u>JUSTIFICACIÓN</u></b>	<b>7</b>
<b>3.1</b>	<b><u>DIMENSIÓN EXTERNA</u></b>	<b>7</b>
3.1.1	NECESIDADES SOCIOECONÓMICAS Y POLÍTICAS .....	7
3.1.2	OFERTAS CURRICULARES SIMILARES .....	10
3.1.3	CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN META .....	14
3.1.4	TENDENCIAS MUNDIALES .....	14
3.1.5	INDUSTRIAS EMERGENTES EN COMPUTADORES .....	17
3.1.6	TENDENCIA LABORAL .....	21
3.1.7	DIRECTRICES INTERNACIONALES SOBRE PROGRAMAS DE COMPUTADORES .....	22
<b>3.2</b>	<b><u>DIMENSIÓN INTERNA</u></b>	<b>23</b>
3.2.1	ANTECEDENTES DEL ÁREA ACADÉMICA INGENIERÍA EN COMPUTADORES .....	24
3.2.2	INVESTIGACIÓN .....	26
<b>3.3</b>	<b><u>DIMENSIÓN ADMINISTRATIVA</u></b>	<b>28</b>
3.3.1	RECURSOS HUMANOS .....	28
3.3.2	RECURSOS ECONÓMICOS .....	30
3.3.3	SITUACIÓN ACTUAL DEL ESTUDIANTADO .....	31
3.3.4	CRECIMIENTO ESTUDIANTIL .....	32
3.3.5	ACREDITACIÓN .....	33
3.3.6	POSICIONAMIENTO E IDENTIDAD INSTITUCIONAL .....	34
<b>4</b>	<b><u>FUNDAMENTACIÓN</u></b>	<b>36</b>
<b>4.1</b>	<b><u>OBJETO DE ESTUDIO</u></b>	<b>36</b>
<b>4.2</b>	<b><u>JUSTIFICACIÓN DEL OBJETO DEL ESTUDIO</u></b>	<b>36</b>
4.2.1	FUNDAMENTACIÓN DE INGENIERÍA EN COMPUTADORES .....	37
<b>4.3</b>	<b><u>ÁREAS DISCIPLINARIAS</u></b>	<b>37</b>
4.3.1	ÁREAS DISCIPLINARES .....	39
<b>4.4</b>	<b><u>DESCRIPCIÓN DE LOS EJES CURRICULARES</u></b>	<b>41</b>
4.4.1	INGENIERÍA DE SISTEMAS Y GESTIÓN DE PROYECTOS .....	41
4.4.2	DESARROLLO DE ALGORITMOS DE COMPUTACIÓN .....	42
4.4.3	ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS Y REDES DE COMPUTADORES .....	44
4.4.4	ARQUITECTURA Y ORGANIZACIÓN DE COMPUTADORES .....	45
4.4.5	SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN .....	48
4.4.6	SISTEMAS EMPOTRADOS .....	48

4.4.7 CIRCUITOS Y PROCESAMIENTO DE SEÑALES.....	49
<b>4.5 EJES TRANSVERSALES.....</b>	<b>51</b>
<b>4.6 FUNDAMENTOS CURRICULARES .....</b>	<b>53</b>
<b>5   <b>OBJETIVOS DEL PROGRAMA.....</b></b>	<b>60</b>
<b>6   <b>PERFIL OCUPACIONAL Y ACADÉMICO-PROFESIONAL.....</b></b>	<b>60</b>
<b>6.1   <b>PERFIL OCUPACIONAL .....</b></b>	<b>61</b>
<b>6.2   <b>PERFIL ACADÉMICO-PROFESIONAL .....</b></b>	<b>62</b>
<b>8 ELEMENTOS OPERATIVOS DEL PROGRAMA.....</b>	<b>73</b>
<b>8.1. PLAN DE ESTUDIOS .....</b>	<b>73</b>
<b>8.2. CAMBIOS IMPLEMENTADOS .....</b>	<b>77</b>
<b>8.3. TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN .....</b>	<b>81</b>
<b>8.4. MATEMÁTICA GENERAL .....</b>	<b>82</b>
<b>8.5. INGLÉS.....</b>	<b>82</b>
<b>8.6. INGRESO Y ADMISIÓN .....</b>	<b>82</b>
<b>8.7 PLAN DE TRANSICIÓN .....</b>	<b>89</b>
<b>8.8 LISTA DE LOS CURSOS .....</b>	<b>92</b>
<b>9 RECURSOS DEL PROGRAMA.....</b>	<b>94</b>
<b>10   <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b></b>	<b>97</b>
<b>ANEXO 1.....</b>	<b>99</b>
<b>ANEXO 2.....</b>	<b>1</b>
<b>ANEXO 3.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>1.2. CARACTERÍSTICAS DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>1.3. REQUISITOS DE MATRÍCULA DEL CURSO PROYECTO DE GRADUACIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>1.4. ÁREAS PARA REALIZAR EL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>1.5. PROFESOR ASESOR. .....</b>	<b>8</b>
<b>1.6. DEDICACIÓN AL CURSO PROYECTO DE GRADUACIÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>1.7. INFORME FINAL DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>1.8. SISTEMA DE EVALUACIÓN .....</b>	<b>9</b>
<b>1.9. ROLES Y RESPONSABILIDADES:.....</b>	<b>10</b>
<b>1.10. FUNCIONES DEL CONSEJO DE ÁREA (COA) .....</b>	<b>10</b>
<b>1.11. ESTUDIANTE (EST) .....</b>	<b>10</b>
<b>1.12. PROFESOR ASESOR (PRA).....</b>	<b>11</b>
<b>1.13. COORDINADOR DE PROYECTOS DE GRADUACIÓN (CPG).....</b>	<b>12</b>
<b>1.14. CONTRAPARTE ORGANIZACIONAL (COO) .....</b>	<b>13</b>

<b>1.15.</b>	<b>PROCESOS ASOCIADOS A LA REALIZACIÓN DE PROYECTOS DE GRADUACIÓN .....</b>	<b>13</b>
1.16.	BLOQUE DE INICIO .....	13
1.17.	BLOQUE DE CONTROL Y SEGUIMIENTO. ....	14
1.18.	BLOQUE DE FINALIZACIÓN.....	15
<b>1.19.</b>	<b>CONSIDERACIONES PARTICULARES SOBRE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACIÓN .....</b>	<b>17</b>
1.20.	OPORTUNIDAD DE LAS DECISIONES Y ACCIONES. ....	17
1.21.	MANEJO DE LA CONFIDENCIALIDAD .....	17
1.22.	AJUSTES EN EL CONTENIDO DEL INFORME DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN .....	17
1.23.	IMPORTANCIA MULTIDIMENSIONAL DEL PROCESO .....	17
<b>ANEXO 4.....</b>	<b>52</b>	
<b>ANEXO 5.....</b>	<b>64</b>	

## Índice de Figuras

Figura 1 Pronóstico de empleo relacionado con Ingeniería en Computadores .....	21
Figura 2 Cronología del programa Licenciatura en Ingeniería en Computadores .....	26
Figura 3 Características de los docentes .....	28
Figura 4 Carga Académica en Ing. en Computadores .....	29
Figura 5 Histórico de tiempos completos en atención las labores.....	30
Figura 6 Presupuesto asignado a Ing. en Computadores .....	30
Figura 7 Tasas de aprobación y reprobación globales.....	32
Figura 8 Nuevos ingresos en Computadores .....	33
Figura 9 Ubicación organizacional del Área Académica Ingeniería en Computadores .....	35
Figura 10 Áreas disciplinarias y ejes curriculares de Ingeniería en Computadores .....	38
Figura 11 Agrupación de campos de conocimiento .....	67
Figura 12 Primeros cinco semestres del plan de estudio .....	74
Figura 13 Malla Curricular 2100 .....	76

## Índice de Tablas

Tabla 1 Carreras y centros de enseñanza relacionando con Computadores.....	11
Tabla 2 Paradigmas educativos .....	55
Tabla 3 Puestos que un ingeniero en computadores podría desempeñar.....	62

---

# 1 Introducción

El Tecnológico de Costa Rica en su misión de contribuir con la competitividad y desarrollo económico de Costa Rica, se ha comprometido con la propuesta de una oferta académica relevante y pertinente, que atienda a las necesidades de talento humano del sector socio productivo del país, como condición previa para el desarrollo económico. En virtud de lo anterior, el Área Académica Ingeniería en Computadores propone una actualización del plan de estudio, la cual satisface las necesidades vigentes en el mercado actual tanto nacional como internacional. Esta actualización responde a la revisión permanente y análisis crítico, considerando lo que ha ocurrido en su implementación durante los diez años de vigencia del plan actual, como también los cambios en las distintas fuentes que nutren el proceso de revisión.

El análisis del currículum presentado en este documento se realizó fundamentalmente a la luz de:

- La observación y reflexión acerca de los resultados obtenidos durante la aplicación del currículum actual, tanto a nivel de los estudiantes como de los graduados y el impacto de los mismos en el mercado.
- Los cambios o hallazgos encontrados en los sistemas educativos altamente recomendados por los entes expertos en dichas ramas.
- La permanente actualización del conocimiento en las distintas áreas en un mundo globalizado.
- Las tendencias internacionales formativas en Ingeniería en Computadores.

El documento es presentado con una orientación al desarrollo de competencias relevantes para el desenvolvimiento personal, social, científico y laboral de sus graduados dentro de la sociedad actual, también hace una inclusión de elementos fundamentales como los atributos de acreditación identificados dentro de la carrera, así como de factores a nivel de estándares internacionales.

Teniendo presente que la Ingeniería en Computadores es una disciplina que incorpora la ciencia, tecnología de diseño, construcción, implementación, mantenimiento de componentes de software o hardware, así como, equipos controlados por computadora y dispositivos inteligentes, se requiere una actualización del plan de estudio con el fin de

---

reflejar un espíritu de ingeniería impregnado en cada curso del mismo, de una manera coherente y actualizada.

Para efectos de la revisión curricular, se determinó el alcance del plan de estudio con respecto a cada una de las áreas de conocimiento, esto con el objetivo de identificar las disciplinas a las cuales es necesario poner mayor atención dentro de la malla curricular actual. Luego de realizado este análisis, fue posible la concientización de la necesidad de ciertas disciplinas dentro del plan de estudios, lo anterior con base en un estudio exhaustivo, aplicando instrumentos y dinámicas participativas a la comunidad de ingeniería en computadores (estudiantes, profesores, graduados e industria).

## 2 Elementos Orientadores del Programa

Programa Académico	Licenciatura Ingeniería en Computadores.
Título a otorgar	Licenciatura.
Abreviatura	Lic.
Universidad	Instituto Tecnológico de Costa Rica.
Área	Área Académica Ingeniería en Computadores.
Misión	Ofrecer una formación profesional científico tecnológica de alta calidad y altamente competitiva, bajo una perspectiva del desarrollo humano integral, basado en principios de excelencia, normas éticas y humanísticas, por medio de la docencia, investigación y la extensión.
Visión	Convertirse en referente nacional e internacional en el campo de la Ingeniería en Computadores, aportando en la generación de nuevos profesionales de excelencia, de espacios de análisis y discusión, programas de investigación exitosos e impulsando el conocimiento tecnológico dentro de la sociedad actual, todo orientado a facilitar el desarrollo social, científico y productivo del país.

# 3 Justificación

La justificación se presentará en términos de tres componentes: la dimensión externa, dimensión interna y la dimensión administrativa.

En esta sección se exponen la justificación externa, interna y administrativa que fundamentan el programa de Ingeniería en Computadores.

## 3.1 Dimensión Externa

La dimensión externa está compuesta por cuatro elementos fundamentales: sistemas empotrados, sistemas computacionales clásicos, cybersecurity e IoT (Internet de las cosas por sus siglas en inglés); las necesidades de desarrollo socioeconómico y político del país alrededor de ingeniería en computadores; las ofertas curriculares similares considerando las universidades tanto públicas como privadas; y las características de la población meta.

### 3.1.1 Necesidades socioeconómicas y políticas

En Costa Rica el programa Licenciatura Ingeniería en Computadores es único. En medios nacionales, se referencia como su nombre en español: Ingeniería en Computadores, muestra de ello son los resultados de encuestas de demanda de capital humano realizada por la Coalición Costarricense de Iniciativas de Desarrollo (CINDE), aplicada un grupo representativo de empresas multinacionales que operan en Costa Rica, donde se refleja que Ingeniería en Computadores se encuentra en el primer lugar de las carreras más demandadas en el sector de servicios (CINDE, 2019).

La computación ubicua (“ubiquitous computing”) se ha convertido en un elemento indispensable en nuestra sociedad actual, esta requiere de una formación en ciencia, matemática y de pensamiento creativo. En la mayoría de los casos son productos de alta complejidad requeridos para tareas relacionadas con sistemas de misión crítica, tales como sistemas aéreos, médicos, de transporte; o bien de producción de artículos, entre otros. Tradicionalmente, estos se desarrollaban con altos costos, al tener que contratar más de un profesional en diversas áreas afines. Debido a esto, los ingenieros en computadores juegan un rol importante, ya que permite al sector productivo disminuir esfuerzos económicos y temporales al suplir la necesidad de tener dos profesionales en diferentes ramas como lo son computación y electrónica; en lugar de un sólo ingeniero en

---

computadores, el cual se especializa en la interface de las dos ramas. Los ingenieros utilizan sistemas electrónicos y software especializado donde pueden diseñar, probar y hacer cambios en los productos en un tiempo mínimo, y con una calidad excepcional.

La ingeniería en computadores permite a los profesionales participar en áreas tales como análisis, diseño y desarrollo de productos, lo anterior desde simples microprocesadores hasta circuitos altamente precisos, diseño de software, desarrollo de sistemas operativos, entre otros. La ingeniería en computadores no se limita a los sistemas informáticos operativos, sino que tiene como objetivo diseñar e implementar soluciones tecnológicas más completas.

Impulsado por los avances tecnológicos y las transformaciones digitales, las necesidades en ciertos perfiles dentro del mercado profesional, incluyendo a los ingenieros en Computadores, han experimentado un incremento bastante significativo en los últimos años. A nivel nacional se puede observar en los listados de los empleos tecnológicos más solicitados, la presencia de perfiles tales como Ingenierías (mecánica, electromecánica, electrónica), análisis de datos, expertos en la nube, desarrolladores Java, animadores digitales y programadores, los cuales son parte de los puestos de alta demanda. Esto se puede ver en detalle en las publicaciones realizadas por los medios de comunicación, como por ejemplo, el periódico El Financiero presentó un artículo en el cual resalta los “empleos tecnológicos más apetecidos en Costa Rica” (Jiménez, 2017) en donde Jorge Eduardo Tiburcio, gerente de desarrollo comercial de Manpower, coincidió en que la revolución tecnológica es una de las fuerzas que está cambiando y acelerando el mundo del trabajo, por tanto indicó:

“En Manpower observamos que la demanda de las empresas por candidatos con perfiles relacionados con tecnología va aumentando no únicamente en el número de posiciones requeridas sino también en la complejidad o especialización” (Jiménez, 2017).

Lo anterior se viene incentivando en el país debido al gran interés a nivel político, social y económico de promover una mejora en el campo educativo de la nación. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2018) recomienda establecer en Costa Rica mecanismos de financiamiento a fin de mejorar la relevancia para el mercado laboral y los resultados educativos; por ejemplo, el financiamiento basado en el desempeño, en virtud del cual una parte del mismo está condicionado al cumplimiento de objetivos tales

---

como la cantidad de graduados en campos específicos o los resultados de los graduados en términos de sus ingresos. Además, señala que:

La cantidad reducida de graduados y postgraduados en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés) en todas las carreras plantea un obstáculo significativo a la aspiración de Costa Rica de desarrollar una economía basada en el uso intensivo de la tecnología y del conocimiento (OCDE, 2018, pág. 157).

Costa Rica posee un bajo rendimiento en la mayoría de los indicadores del conocimiento y la producción tecnológica. Por ejemplo, la actividad de publicaciones es inferior a la de varios países comparables de la región y está muy por debajo del promedio de la OCDE.

Los indicadores de producción intelectual, como patentes y diseños industriales muestran que Costa Rica tiene un desempeño deficiente con respecto al de otros países de ALC y de la OCDE (OCDE, 2018). Se muestra que el sistema educativo no ha seguido el ritmo de evolución de los sectores empresariales de alto contenido tecnológico, lo que ha ocasionado una escasez de profesionales capacitados, siendo este uno de los factores que influye en los índices de desempleo, además afecta negativamente a la productividad, lo cual ha sido señalado por los empresarios.

En el informe señala además que Costa Rica está muy por debajo del promedio de los países de la OCDE en términos de la participación de los investigadores en el empleo total. Consecuentemente la innovación impulsada por la tecnología posee el potencial suficiente para aumentar la competencia en el sector financiero, mejorar el acceso al crédito, la inclusión financiera y la reducción del costo de las transacciones transfronterizas. Debido a lo anterior, las diferentes administraciones gubernamentales han señalado la necesidad primordial de Costa Rica en invertir en innovación para tocar la puerta del OCDE, y es por esta misma razón que se han activados distintos motores para impulsar la innovación, el desarrollo e investigación tecnológica.

En el informe del Estado de la Nación 2018 (PEN-CONARE, 2018) se indica que la participación laboral es un componente esencial de la dinámica económica, puesto que una condición necesaria –pero no suficiente– para lograr un crecimiento sostenido y robusto en el país, es tener una creciente disponibilidad de mano de obra, por tanto, deja vislumbrar la política que al respecto seguirá este gobierno:

---

“Es importante dotar a las personas más jóvenes de las herramientas y calificaciones educativas que requieren las actividades más dinámicas, a fin de lograr un mayor empate entre la oferta y la demanda laborales. Estabilidad en el desempleo de los jóvenes no se debe a mejoras en la creación de puestos de trabajo.” (PEN-CONARE, 2018)

La oferta de un plan innovador y único en Costa Rica como en el de Ingeniería en Computadores contribuye a que los jóvenes tengan a su disposición una opción de carrera con una alta demanda laboral.

### 3.1.2 Ofertas Curriculares Similares

A nivel nacional no existe otro programa académico de Ingeniería en Computadores. Pese a esto, hay varias universidades que presentan respuesta a necesidades dentro de la tecnología que de una u otra manera se relacionan con los ámbitos de acción de ingeniería en computadores, pero este esfuerzo no ha sido suficiente, y esto lo refleja un artículo reciente (Barquero, 2019) donde Paul Fervoy, Vicepresidente de junta directiva Camtic indicó:

“Pedimos que se declare un estado de “emergencia nacional” educativa que busque levantar temporalmente los procesos estándar y largos de actualización de carreras, y de la introducción de carreras nuevas, para así acelerar el proceso entre las universidades y Conesup para que estas innovaciones lleguen rápidamente al mercado.” (Barquero, 2019)

Algunos centros de enseñanza y carreras que pudieran relacionarse de alguna forma con Ingeniería en Computadores serían los siguientes:

Centro de enseñanza	Carrera
Castro Carazo	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ingeniería Informática</li><li>• Ciencias de la Computación con énfasis en Desarrollo de Aplicaciones Informáticas</li><li>• Tecnologías Estratégicas de Información y Comunicación</li></ul>
Cenfotec	<ul style="list-style-type: none"><li>• Desarrollo de Software</li><li>• Desarrollo web</li><li>• TIC</li><li>• Telemática</li></ul>
INA	<ul style="list-style-type: none"><li>• Operador de tecnologías de información y comunicación</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asistente a personas usuarias de tecnología de información y comunicación</li> </ul>
Universidad Latina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniería del software</li> <li>• Ingeniería de sistemas</li> <li>• Telemática</li> <li>• TI para la gestión de negocios</li> </ul>
Ulacit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Administración de la tecnología</li> <li>• Ingeniería de tecnología de la información</li> <li>• Ingeniería informática</li> <li>• Administración de Base de Datos Oracle</li> </ul>
Invenio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecnologías de Información y Comunicación</li> <li>• Ciberseguridad</li> <li>• Data Analytics</li> <li>• Desarrollo de software</li> <li>• Marketing digital</li> <li>• Web/Móviles</li> </ul>
Tec	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Administración de tecnología de información</li> <li>• Enseñanza de la matemática con entornos tecnológicos</li> <li>• Ingeniería en Computación</li> <li>• Ingeniería en Electrónica</li> <li>• Mecatrónica</li> </ul>
Universidad de Costa Rica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciencias de la Computación e Informática</li> <li>• Computación con varios énfasis</li> <li>• Ingeniería Eléctrica</li> </ul>
Universidad Técnica Nacional (UTN)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniería en Software – Tecnologías Informáticas</li> <li>• Ingeniería en Electrónica</li> <li>• Ingeniería Electromecánica</li> </ul>

Tabla 1 Carreras y centros de enseñanza relacionando con Computadores

A nivel internacional, de acuerdo a un reciente estudio del ranking de los mejores programas en Ingeniería en Computadores (usnews, 2019) se tiene el siguiente resultado:

- University of California--Berkeley
- Massachusetts Institute of Technology
- Carnegie Mellon University
- University of Illinois--Urbana-Champaign
- Georgia Institute of Technology

- 
- University Central Florida

Existen algunos programas de estudio de Ingeniería en Computadores muy interesantes, y de los cuales se puede obtener una realimentación importante para el programa Licenciatura Ingeniería en Computadores. Un programa similar al impartido por el TEC es el programa Ingeniería de Computadores de Grado y Doble Grado de la **Universidad Complutense de Madrid** (Madrid, 2019). Esta universidad define la rama de la siguiente manera:

*“La Ingeniería de Computadores siempre ha sido vista como una combinación de la informática (CS) y la ingeniería eléctrica (EE). Sin embargo, ha evolucionado durante las últimas décadas como una disciplina separada, aunque íntimamente relacionada. La Ingeniería de Computadores se basa sólidamente en las teorías y principios de informática, matemáticas, ciencias e ingeniería y aplica estas teorías y principios para resolver problemas técnicos mediante el diseño de hardware, software, redes y procesos informáticos.”* (Madrid, 2019)

Características administrativas del programa son:

- *Curso académico en el que se implantó: 2009-2010*
- *Tipo de enseñanza: Presencial*
- *Número total de ECTS del Título: 240*
- *El título de Graduado/a en Ingeniería de Computadores está adscrito a la rama de Ingeniería.*
- *El título de Graduado/a en Ingeniería de Computadores presenta una estructura en módulos y materias.*
- *Se organiza en cuatro años académicos.*
- *Posee 240 ECTS desglosados en ocho semestres.*

Existen muchas similitudes de la carrera descrita anteriormente con la Licenciatura en Ingeniería en Computadores del TEC. A continuación, se relacionan las competencias y objetivos del programa Ingeniería de Computadores de Grado y Doble Grado de la Universidad Complutense de Madrid que se asemejan a los que se encuentran en el programa de Licenciatura Ingeniería en Computadores del TEC:

---

### **Competencias**

*El estudiante tendrá la capacidad de configurar, administrar y mantener sistemas informáticos por medio de una gran gama de conocimientos formales y aplicados, tanto a nivel de hardware como de software, con un componente altamente práctico.*

#### **Algunos de los objetivos específicos**

- *Dirigir las actividades de proyectos en ingeniería de computadores.*
- *Analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas, comprendiendo su responsabilidad ética y profesional.*
- *Lograr el compromiso del estudiante con el autoaprendizaje como instrumento de desarrollo y responsabilidad profesional.*

#### **Ejemplos de salidas Profesionales Universidad Complutense de Madrid**

- *Ingeniero de desarrollo hardware, Diseñador de aplicaciones para el procesamiento digital de señales, Diseñador de redes de comunicaciones, Arquitecto de redes telemáticas, Analista de servicios telemáticos.*

Se puede observar con mayor detalle el plan de estudios completo del programa Ingeniería de Computadores de Grado y Doble Grado de la Universidad Complutense de Madrid (Madrid, 2019) en el Anexo 1.

##### *3.1.2.1 Inserción laboral*

La Oficina de Planificación Institucional del TEC (OPI) es el ente responsable de elaborar, gestionar y enviar los datos de las encuestas de inserción laboral y satisfacción con la profesión.

Analizando los resultados de inserción laboral se observa que los estudiantes graduados del Grado Licenciatura de Ingeniería de Computadores tienen las mejores tasas tanto de afiliación a la seguridad social como de contratos indefinidos, con un 71,4% de contratos indefinidos luego de 1 año de graduado, y un 77,8% a dos años, esto según el memorando OPI-565-2016.

---

### 3.1.3 Características de la población meta

A parte de los requisitos académicos necesarios para poder matricularse en el Programa (tales como la culminación de forma exitosa de la Educación Secundaria y el cumplimiento de toda regulación nacional al respecto), conviene que los estudiantes tengan:

- Un perfil dinámico y activo con ganas de trabajar en equipo.
- Interés por saber cómo está construido y cómo funciona un computador.
- Interés por conocer cómo se realiza la comunicación entre los distintos sistemas computacionales.
- Los estudiantes deben poseer la actitud e interés de investigar, imaginar, tener deseos de innovar y con sentido práctico.
- Se requieren algunas habilidades como capacidad de abstracción, atención, percepción, razonamiento, organización y método, análisis y síntesis.

A lo largo del programa, el estudiante irá adquiriendo un conocimiento profundo: de la arquitectura y estructura de los computadores; sistemas operativos, redes de computadores; de la problemática específica del desarrollo de los sistemas empotrados; y del desarrollo de aplicaciones en las que resulte crítico el aprovechamiento de las capacidades del sistema, para alcanzar compromisos costo/beneficio que garanticen su éxito (ejemplos típicos en la actualidad podrían ser: las consolas de videojuegos, los teléfonos móviles, los equipos de imagen médica, las grandes infraestructuras para cálculo científico, los sistemas distribuidos, entre otros.). Por estas razones el perfil recomendable es de una persona con inquietud por el mundo del hardware y los sistemas informáticos.

### 3.1.4 Tendencias Mundiales

Los sistemas tecnológicos se han convertido en elementos fundamentales en la sociedad actual, siendo un pilar estratégico para muchas herramientas informáticas versátiles.

En términos generales, los ingenieros en Computadores diseñan: hardware para sistemas informáticos, redes y arquitectura de computadoras. Además, aplicaciones de

---

software, analizan y diseñan microprocesadores, construyen interfaces de sistemas, trabajan con microcontroladores, así como diseños de circuitos digitales. Por lo anterior, inciden en áreas como la ciberseguridad, las redes inalámbricas, la automatización del diseño, las redes informáticas, la informática móvil, la robótica, la integración de sistemas y la inteligencia artificial.

### **Espacios de desempeño**

Los campos de acción laborales de un ingeniero en computadores se especificarán en términos de operantes y emergentes, ya que para el caso de Costa Rica no se identificaron ámbitos laborales decadentes.

#### **Operantes**

Algunas de las labores que pueden desempeñar los ingenieros en computadores, así como los espacios de acción son:

- En corporaciones electrónicas (como Intel, SAMSUNG, HP): como ingeniero de sistemas, analista de productos, diseñador de sistemas, depurador de sistemas, diseñador de algoritmos, diseñador de circuitos, ingeniero de productos, gerente de productos, ingeniero de hardware, control e instrumentación de aseguramiento de la calidad, entre otros.
- En organizaciones de desarrollo de software: como analista de requerimientos, diseñador de software, diseñador de bases de datos, desarrollador de software, depurador de software, gerente de proyectos, entre otros.
- En corporaciones de fabricación de vehículos (como BMW y otros): como administrador de datos, ingeniero de sistemas, diseñador de sistemas, entre otros.
- En organizaciones de investigación (como NASA, Universidades, entre otros.) en donde se promueva el descubrimiento, prueba y publicación de nuevos hallazgos.
- Iniciativas de emprendimiento donde se creen productos e integren tecnologías de hardware y software que son la solución a problemas específicos nacionales y de la región.

---

## Emergentes

El avance tecnológico mundial está promoviendo el uso exhaustivo y eficiente de los datos, por tanto, el ingeniero en Computadores, gracias a sus capacidades puede desempeñarse en campos tales como:

- En las grandes corporaciones de comercio electrónico (como Amazon, eBay): como analista de datos.
- En las organizaciones que manejan grandes volúmenes de datos (como Google, Facebook): analista de datos, minería de datos, ingeniero de mantenimiento, desarrollador de sistemas, analista de sistemas, monitoreo de actividades, equipo comunitario, analista y diseñador de algoritmos, entre otros.
- Dentro de la industria del Internet de las cosas IoT: Seguridad de información, desarrollo en móviles, ingeniero de desarrollo, entre otros.

Los ingenieros en computadores podrían contribuir en tareas relacionadas con: la mejora del rendimiento de los sistemas computacionales; el apoyo en el proceso de automatización, diseño de productos, fabricación de los mismos; la optimización del transporte y la energía; consideraciones ambientales; el análisis de datos y sus diferentes aplicaciones como ambiente, aspectos sociales, entretenimiento y el análisis financiero.

### *3.1.4.1 Especialidades emergentes en Computadores*

En este nuevo escenario las aplicaciones computacionales a escala mundial reúnen e incorporan datos del entorno en general, tales como personas, sensores, programas y otros dispositivos, se procesan en grandes centros de datos, y proporcionan información personalizada a millones de usuarios a través de sus dispositivos móviles, los cuales podrían controlar variables del ambiente ("sistemas ciber-físicos").

A nivel profesional, la Ingeniería en Computadores posee dos ejes centrales (ingeniería de hardware y software) y múltiples subespecialidades o áreas de concentración, como las siguientes (Science, 2019):

- 
- **Inteligencia Artificial**  
Diseñar sistemas informáticos que simulen el pensamiento humano, el aprendizaje y las habilidades de razonamiento.
  - **Arquitectura de computadoras**  
Diseño y desarrollo de nuevos sistemas que maximicen el rendimiento de los recursos computacionales.
  - **Diseño de computadoras y dispositivos periféricos**  
Investigación, diseño y desarrollo de componentes electrónicos, como microchips, microprocesadores, placas de circuitos, entre otros.
  - **Sistemas operativos y redes**  
Diseño de aplicaciones y dispositivos que se integran de una manera óptima a los diferentes sistemas operativos, así como adaptarlos a los distintos dispositivos.
  - **Robótica**  
Diseñar y desarrollar sistemas robóticos utilizados en diferentes aplicaciones, contribuyendo en la construcción de circuitos y software.
  - **Aplicaciones de Software**  
Diseñar y desarrollar software informático para investigar y resolver problemas que requieran un alto componente matemático, así como las aplicaciones de bajo nivel tales como los controladores de dispositivos, simuladores y compiladores.

### 3.1.5 Industrias emergentes en Computadores

Aunque la Ingeniería en Computadores existe en la intersección de la ingeniería eléctrica y la informática, su impacto se extiende mucho más allá de esas dos áreas. Se ha convertido en parte de un campo interdisciplinario más amplio, que se integra con áreas que van desde la biología hasta la medicina, desde la física hasta la ingeniería ambiental. De hecho, la Ingeniería en Computadores forma parte de numerosas industrias emergentes, a continuación, se muestra una lista de dichas industrias que están creando nuevas oportunidades para los ingenieros en Computadores:

---

- **Big Data**

De acuerdo con Forbes (Columbus, 2017), en el 2017 el 53% de las empresas ya aplicaban el análisis de big data en sus negocios, un 17% más que en 2015. Las industrias de servicios financieros y de telecomunicaciones impulsan su adopción más rápida, esto representa una tendencia de la industria en el uso de grandes volúmenes de datos. Aprovechar y transformar los datos en información útil ha lanzado una revolución en el área de la informática.

- **Nanotecnología**

La nanotecnología cruza fronteras científicas, fusionando la informática con la ingeniería mecánica, la ciencia de los materiales, la ingeniería eléctrica, la biología y la física aplicada. La dependencia del mundo moderno de las tecnologías informáticas exige sistemas computacionales cada vez más pequeños, rápidos y confiables. La nanotecnología explora nuevas técnicas para diseñar y fabricar esos componentes y alcanzar esos objetivos.

Se está desarrollando nanotecnología *lab-on-a-chip* que pueda separar y aislar biopartículas en partes de 20 nanómetros de diámetro, una escala que permite dar acceso al ADN, virus y exosomas. Esas partículas pueden ser analizadas a fin de revelar la presencia de potenciales enfermedades, aun cuando no se han presentado síntomas. El objetivo es reducir a un sólo chip de silicio todos los procesos necesarios para analizar una enfermedad que normalmente se llevaría a cabo en un laboratorio de bioquímica a gran escala. Esto permitirá, por ejemplo, ayudar a las personas a medir rápida y regularmente la presencia de bio marcadores que se encuentran en pequeñas cantidades de fluidos corporales y enviar dicha información a través de la nube, desde la comodidad de su casa. Allí, podría ser combinada con otros datos de dispositivos habilitados por IoT, como monitores de sueño o relojes inteligentes, y analizarlos por sistemas de información de Inteligencia Artificial (Moyo, 2017).

- **Seguridad Cibernética**

La atención en aspectos de ciberseguridad ha aumentado debido a que hay cada vez más profesionales e investigadores luchando de manera colaborativa contra los ataques maliciosos informáticos y con ello mantener la confidencialidad, disponibilidad de la información, así como proteger los computadores y redes de dichos ataques. El desarrollo

---

y la construcción de la próxima generación de tecnologías informáticas que conducirán a un almacenamiento de datos, comunicaciones y redes seguras y sostenibles es un componente vital de este campo en crecimiento (Dua, 2016).

- **Computación eficiente en energía**

El impulso a la computación que optimiza el uso de la energía ha generado que los investigadores estén desarrollando maneras de reducir la potencia en el procesamiento de la información, lo que podría llevar a computadoras y dispositivos móviles más pequeños, livianos y rápidos.

- **Tecnología verde**

Conocida como "Green Computing" o bien "Green IT", se ocupa del uso eficiente de los recursos computacionales minimizando el impacto ambiental, maximizando su viabilidad económica y asegurando deberes sociales.

- **Internet de las cosas (IoT)**

IoT ha promovido la convergencia de tecnologías inalámbricas, sistemas microelectromecánicos (MEMS), microservicios e incluso las redes como el internet. Dicha convergencia de estas áreas ha ayudado a derribar limitantes entre ellas, lo que ha resultado en el desarrollo de nuevas tecnologías que mejoran el estilo de vida de las personas. Esto incluye elementos que van desde un automóvil con sensores de presión en los neumáticos hasta un termostato doméstico, o desde un transpondedor de biochip en un animal de granja hasta una persona con un implante de corazón.

*"Gracias a la Internet de las cosas, nuevas fuentes de datos están llegando de millones de objetos conectados, desde refrigeradores, bombillas y su monitor de ritmo cardíaco hasta sensores remotos como drones, cámaras, estaciones meteorológicas, satélites y conjuntos de telescopios. Ya hay más de seis mil millones de dispositivos conectados que generan decenas de exabytes de datos por mes, con una tasa de crecimiento de más del 30% por año. Después de digitalizar con éxito la información, las transacciones comerciales y las interacciones sociales, ahora estamos en el proceso de digitalizar el mundo físico."* comentó Dario Gil, Vicepresidente de Ciencia y Soluciones de IBM Research (Moyo, 2017, pág. 3)

---

- **Inteligencia Artificial**

La computación cognitiva (técnicas de *machine learning*) puede analizar las palabras habladas o escritas, para buscar indicadores que se encuentran en el lenguaje, como significado, sintaxis y entonación, posteriormente se puede combinar con dispositivos *wearables* y sistemas de imagen (resonancias magnéticas y encefalogramas) para presentar una imagen completa de la persona, y ser capaces de poder identificar patrones con el objetivo de ayudar a los médicos clínicos a predecir y monitorear con precisión enfermedades como psicosis, esquizofrenia, manía y depresión. Se espera poder utilizar estos avances en la ayuda a pacientes con Parkinson, Alzheimer, trastorno de estrés postraumático, autismo y TDAH (Moyo, 2017).

Se esperan nuevas tecnologías sensoriales de bajo costo e inteligentes, instaladas cerca de los pozos de extracción petroquímicos, así como de su almacenamiento y distribución que ayudarán a determinar con precisión y en tiempo real las pérdidas. Las redes de sensores de IoT (Internet de las cosas) conectadas de forma inalámbrica a la nube, podrían proporcionar monitoreo continuo, permitiendo reducir el tiempo para encontrar las pérdidas, disminuyendo la contaminación, los residuos y la probabilidad de eventos catastróficos.

Dentro de las predicciones de IBM (Moyo, 2017) se encuentra la utilización de nuevos dispositivos de imágenes que puedan utilizar tecnología de hiperimagen y de Inteligencia Artificial para ayudar a las personas a ver más allá del dominio del espectro visible. Esta innovación permitiría prevenir accidentes, por ejemplo, identificar condiciones de la carretera para una conducción más segura para automóviles auto-dirigidos. La tecnología de la computación cognitiva por medio de sus técnicas podría identificar peligros.

Los ingenieros en computadores están creando un futuro emocionante. Al comprender el "cuerpo" (hardware) y la "mente" (software) de una computadora, en cinco años podrán otorgar a las computadoras la capacidad de ver, tocar, oler, escuchar y probar, predice IBM (Mash, 2013). Estas innovaciones en Computadores lograrán grandes avances en la vida de las personas, tales como predecir catástrofes, modelar de una mejor manera los diferentes fenómenos naturales.

### 3.1.6 Tendencia Laboral

La Ingeniería en Computadores es uno de los campos profesionales más populares y con mayor demanda en el mundo. La Oficina de Estadísticas Laborales de Estados Unidos proyecta un crecimiento del 18% a nivel nacional para todas las ocupaciones de computadores entre 2012 y 2022. El informe anual de perspectivas de la industria de CompTIA reveló que casi 5 millones de personas trabajan en TI técnica. Las ocupaciones y los campos relacionados con ingeniería en computadores comprenden el 38% de la industria, desglosados en 27 % hardware y 11% software (Science, 2019).

En la Fig 3 se muestra la distribución del empleo en los distintos entornos que se relacionan con Ingeniería en Computadores.



Figura 1 Pronóstico de empleo relacionado con Ingeniería en Computadores

Tomado de Computer Science, 2019

De acuerdo con una investigación realizada por el periódico La República de Costa Rica (KBarquero, 2017) las ingenierías y las áreas relacionadas con la tecnología seguirán generando empleo de forma incremental, y según los estudios se pronostica que por cada estudiante graduado en estas tecnologías hay cuatro puestos de trabajo. En estas carreras existe un faltante de unos 8 mil profesionales.

---

### 3.1.7 Directrices internacionales sobre programas de Computadores

Recientemente, la ACM (Association for Computing Machinery) y la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) publicaron su más actualizada revisión del documento “*Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Engineering*”, de ahora en adelante denominado CE2016 (ACM/IEEE, 2016) cuyo objetivo fue revisar el CE2004 e incorporar los avances en la rama generados en la década más reciente, afrontar los cambios actuales y asumir las necesidades proyectadas para la próxima década. Otro objetivo de este documento, es el generar apoyo suficiente a los grupos de profesionales alrededor del programa de Computadores, de tal manera que se les pueda proporcionar las perspectivas internacionales necesarias y permitirles una visión global de Computadores.

El documento (ACM/IEEE, 2016) presenta una serie de áreas de conocimiento las cuales se consideran que deben representar al menos 50 % del contenido del programa de Licenciatura Ingeniería en Computadores. Estas áreas de conocimiento representan las disciplinas básicas de Computadores, y muestran el alcance mínimo dentro de un contexto de conocimiento específico, que se recomienda tomar en cuenta en los cursos de la malla curricular. Uno de los objetivos principales de este documento es buscar e identificar las habilidades y conocimientos fundamentales que todos los graduados de ingeniería en computadores deben poseer.

---

## 3.2 Dimensión Interna

Como respuesta a la carencia del perfil de profesionales en Ingeniería en Computadores detectados por la industria instalada en el país, el Instituto Tecnológico de Costa Rica creó el programa de estudios de la Licenciatura en Ingeniería en Computadores, permitiendo un enlace necesario en el contexto social del país y de la región.

El programa de licenciatura en Ingeniería en Computadores coincide con los fines y principios establecidos en el Estatuto Orgánico del Instituto Tecnológico de Costa Rica, que buscan formar profesionales en diferentes disciplinas que contribuyan con el desarrollo del país, con un elevado nivel de calidad y enmarcados en principios éticos que garanticen una sociedad más justa.

El Consejo Institucional en su Sesión Ordinaria No.2452 con fecha del 16 de febrero del 2006 aprobó la política específica 5, 6 y 10 en donde se amplía la oferta académica y proyección académica interinstitucional, fomentando la creación de nuevas opciones académicas con modalidades multidisciplinarias, interdepartamentales e interdisciplinarias, de tal manera que respondan a las necesidades de alta pertinencia nacional y/o centroamericana, enfocadas en procesos de investigación en áreas de conocimiento que atiende el TEC y respondiendo con mayor eficacia a los retos del desarrollo económico y social.

En el eje temático: **Academia**, se fundamenta la creación de la opción académica, y con más razón, una de alto contenido tecnológico. De esta forma, el Instituto Tecnológico de Costa Rica, consciente de su obligación y aporte en el desarrollo de la sociedad costarricense, y consecuente con la vinculación con las diversas industrias del país, propuso en el 2008, la creación de la carrera de Ingeniería en Computadores, con grado de Licenciatura.

---

### 3.2.1 Antecedentes del Área Académica Ingeniería en Computadores

El programa de Licenciatura Ingeniería en Computadores fue llevado a cabo utilizando la estructura organizacional dentro del TEC llamada área académica, la cual es una unidad adscrita a una Vicerrectoría académica, donde pueden participar dos o más escuelas con el fin de desarrollar programas académicos de docencia o programas consolidados de investigación y/o extensión, de carácter inter, trans y/o multidisciplinario. A cargo del área académica se encuentra la figura de un coordinador, el cual estará bajo la autoridad del vicerrector de docencia. El área está conformada por un cuerpo de docentes, administrativo y estudiantes.

En el caso del Área Académica Ingeniería en Computadores, las escuelas participantes fueron: la Escuela de Computación y la Escuela Ingeniería en Electrónica. El programa académico Licenciatura de Ingeniería en Computadores, surge en el seno del Área Académica Ingeniería en Computadores del TEC en el 2009. El proceso de Diseño Curricular contó con el acompañamiento y asesoría del Centro de Desarrollo Académico (CEDA) con el fin de cumplir en tiempo y contenido con la normativa estipulada por el Consejo Nacional de Rectores (CONARE) en la creación de nuevos programas de grado en el marco del sistema universitario estatal.

Cabe destacar que, para la creación y justificación de esta carrera se realizaron estudios de mercado, además, se contó con las aprobaciones de todas las Escuelas involucradas, Consejo de Docencia, Consejo de Rectoría y Consejo Institucional. Posteriormente, los documentos fueron sometidos al aval de CONARE y a partir de allí se ha mantenido la oferta del programa de Licenciatura en Ingeniería en Computadores.

Oficialmente, en la sesión 15-2008 del 13 de agosto del 2008 en su artículo 8, el Consejo de Docencia aprobó la propuesta de creación de la carrera de Ingeniería en Computadores, según las condiciones y características que en su momento definió el documento “Propuesta de creación del programa de Ingeniería en Computadores con grado de Licenciatura” (Alvarado Moya & Villegas Lemus, 2008).

---

Es precisamente en este documento de propuesta que se estipuló el siguiente objetivo general para la carrera de Ingeniería en Computadores:

“El objetivo general de la carrera de Ingeniería en Computadores es responder a la demanda nacional de ingenieros e ingenieras en esta área, formando profesionales de excelencia que consideran las implicaciones éticas, sociales, ambientales y económicas de sus decisiones.” (Alvarado Moya & Villegas Lemus, 2008).

También en él se señalaron los siguientes objetivos específicos para la carrera:

1. Contribuir al mejoramiento de vida del pueblo costarricense mediante la proyección de la ingeniería en la construcción de una sociedad más equitativa y moderna.
2. Asumir la formación holística de ingenieros como personas responsables, críticas y humanistas para tomar conciencia de la realidad nacional, de lo ambiental y de su impacto, así como también del bienestar colectivo.
3. Adaptar e incorporar, en forma sistemática y continua, las tecnologías electrónicas y computacionales necesarias en la utilización y transformación provechosa de recursos y fuerzas productivas del país.
4. Integrar los conocimientos en ciencias básicas y las áreas de conocimiento de la Ingeniería en Computadores en la generación de soluciones a los problemas tecnológicos del país.
5. Aplicar el conocimiento a la búsqueda de formas eficaces de transformación y aprovechamiento óptimo de la energía e información utilizando criterios ambientalistas y de sostenibilidad.
6. Desarrollar aplicaciones de la Ingeniería en Computadores, que sean pertinentes para el desarrollo socio-económico del país.
7. Fortalecer las actividades inter- y multidisciplinarias requeridas para la realización de proyectos académicos e industriales.

El Área Académica Ingeniería en Computadores está comprometida con la calidad y mejora continua de todos los aspectos académicos y administrativos, por lo cual decidió entrar en el proceso de acreditación con los diferentes entes (CEAB y AAPIA), en la Fig 4 se muestra los principales hitos del programa.



Figura 2 Cronología del programa Licenciatura en Ingeniería en Computadores

### 3.2.2 Investigación

En la siguiente tabla se especifican las diferentes líneas de investigación establecidas para Ingeniería en Computadores.

Línea de Investigación	Temas (no exhaustivo)
<b>Teoría y Metodologías en Computación</b>	Análisis y diseño de algoritmos, modelos computacionales, lenguajes formales, inteligencia artificial, aprendizaje automático, computación gráfica; metodologías para computación distribuida, concurrente y paralela; simulación, minería de datos
<b>Aplicaciones de la computación en distintos dominios científicos, tecnológicos, organizacionales y sociales.</b>	Bioinformática, e-health, e-learning, biología computacional, computación forense, arquitecturas empresariales, modelo de procesos de negocio, modelos de servicios de TI, administración de proyectos de TI, negocios, comercio y gobierno electrónico, gobernanza, planificación y gestión de sistemas de información
<b>Ingeniería de software y computación centrada en lo humano</b>	Análisis y diseño de software, procesos de creación y mantenimiento de software, herramientas y notaciones, diseño de interacción, aplicaciones en computación ubicua y móvil, visualización, accesibilidad

<b>Organización de Computadores, Redes y Seguridad y Privacidad</b>	Arquitecturas seriales, paralelas, distribuidas; sistemas empotrados; robótica; sistemas en chip; redes de sensores; robots; tolerancia a fallas; sistemas de tiempo real; criptografía, sistemas de seguridad; seguridad en redes, hardware, aplicaciones, datos, redes; aspectos sociales y humanos de la privacidad y seguridad
<b>Sistemas empotrados</b>	Análisis, diseño, construcción de un sistema empotrado o utilización de plataformas de hardware programable de la(s) unidad(es) de procesamiento, los elementos periféricos considerando costo, consumo energético, tiempo de procesamiento, entre otros. Desarrollo de sistemas operativos a la medida para los diferentes sistemas empotrados, así como la integración con sistemas computacionales externos.

### *3.2.2.1 Proyectos de investigación actuales y concluidos.*

- Diseño de métodos de analítica visual (AV) en el contexto de Big Data para apoyar el proceso de desarrollo y mantenimiento de software (AVIB) (inicio: 01-01-2018 – finalización: 31-12-2020).
- Diseño de un conjunto de patrones de interacción para analítica visual en entornos colaborativos de múltiples dispositivos (inicio: 01-01-2018 – finalización: 31-12-2020).
- Metodología para el reconocimiento automático de patrones del Pensamiento Computacional en estudiantes de la educación general básica para mejorar los procesos de gestión (inicio: 01-01-2020 – finalización: 31-12-2022)

---

### *3.2.2.2 Relación del Área Académica Ingeniería en Computadores con otros investigadores.*

- Ayse Bener, Data Science Lab, Ryerson University, Toronto, Ontario, Canadá.
- Vetria Byrd, Computer Graphics Technology Department, Polytechnic Institute, Purdue University.
- Paul Parsons, Computer Graphics Technology Department, Polytechnic Institute, Purdue University.

## 3.3 Dimensión Administrativa

### 3.3.1 Recursos Humanos

De acuerdo con el “Informe de labores: Área académica de ingeniería en computadores” (Vicerrectoría de Docencia, 2019) se cuenta con 20 docentes de los cuales 4 se encuentran a tiempo completo, y 16 a tiempo parcial. De este cuerpo de docentes, nueve cuentan con grado académico de maestría y tres a nivel de doctorado. Las cargas de trabajo de su cuerpo de profesores se concentran en labores de docencia y tipo administrativo.

Grado Académico	Total de Docentes			
	Tiempo Completo Indefinido	Tiempo Completo Definido	Tiempo Parcial Indefinido	Tiempo Parcial Definido
Bachiller				2
Licenciatura				2
Maestría	2	1	2	8
Doctorado		1	1	1

*Figura 3 Características de los docentes*

Tomado de Vicerrectoría de Docencia, 2019

Según lo estipulado en los reglamentos del TEC, las funciones de los profesores se categorizan en: docencia, investigación-extensión, proyectos especiales y labores académicas-administrativas.

A continuación, se presenta el reporte de carga académica para los periodos comprendidos entre el segundo semestre de 2012 y segundo semestre de 2019. Tal y como se puede observar existe cierta estabilidad durante los últimos años con respecto a los tiempos dedicados por los docentes del área.

	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	II	I	II	I												
Tiempos Completos (TC)	<b>5,40</b>	<b>6,18</b>	<b>5,98</b>	<b>6,73</b>	<b>5,77</b>	<b>7,65</b>	<b>9,19</b>	<b>9,62</b>	<b>9,25</b>	<b>10,50</b>	<b>11,43</b>	<b>11,80</b>	<b>11,25</b>	<b>11,35</b>	<b>10,95</b>	
Docentes (horas)	131,25	196,50	140,50	214,75	179,50	241,27	262,51	305,02	271,76	344,02	313,76	374,77	349,76	345,77	303,52	
Académico Administrativas (horas)	51,00	94,00	82,00	71,00	81,00	85,00	132,00	103,00	122,00	107,00	117,00	102,00	121,00	124,00	134,00	
Investigación ()	4,00	0,00	12,00	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	42,00	0,00	38,00	38,00		
Labores Especiales	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	3,00	0,00	8,00	0,00	0,00	0,00	1,00	
Total Horas	<b>186,25</b>	<b>290,50</b>	<b>234,50</b>	<b>297,75</b>	<b>260,50</b>	<b>326,27</b>	<b>396,51</b>	<b>408,02</b>	<b>396,76</b>	<b>451,02</b>	<b>442,76</b>	<b>518,77</b>	<b>470,76</b>	<b>507,77</b>	<b>476,52</b>	

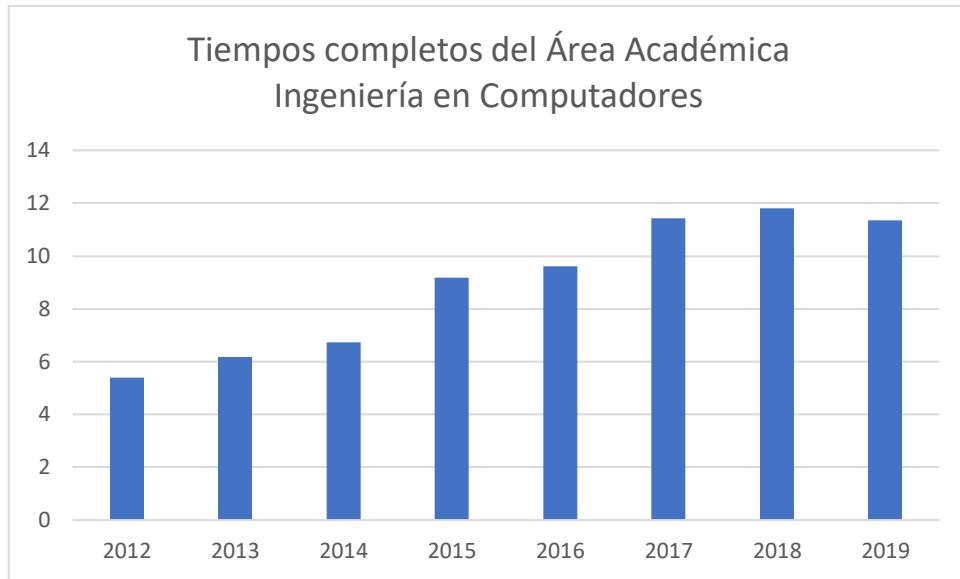
Figura 4 Carga Académica en Ing. en Computadores

Fuente: Tomado de informe proporcionado por Juan Carlos Ortega Brenes - Vicerrectoría de Docencia

Por otro lado, llama significativamente la atención, la concentración de tareas al cuerpo docente impidiendo una dosis adecuada de investigación, lo cual puede ir en deterioro de la calidad de la carrera. Lo ideal es buscar un balance en las responsabilidades asignadas al cuerpo docente, permitiéndoles destinar esfuerzos hacia tareas de investigación y laboratorio provocando un refrescamiento continuo de los cursos aplicados.

El área académica cuenta con un coordinador y con una plaza de 100% para una asistente académica responsable de apoyo administrativo y docente. Este puesto de asistente de administración 2 no solo comprende labores secretariales y de atención al público (estudiantes, profesores, administrativos y otros), sino además le da el soporte requerido en las tareas al coordinador del área.

La Fig 7 presenta una tendencia creciente de los tiempos completos que se han venido utilizando en Ingeniería en Computadores, al mismo tiempo, se observa en los últimos tres periodos una tendencia a estabilizar los tiempos completos utilizados producto de la madurez que se está alcanzando.



*Figura 5 Histórico de tiempos completos en atención las labores*

*Fuente: Tomado de informe proporcionado por Juan Carlos Ortega Brenes - Vicerrectoría de Docencia*

### 3.3.2 Recursos Económicos

La siguiente figura presenta el resumen del presupuesto asignado al área académica de la Licenciatura de Ingeniería en Computadores para los años comprendidos entre el 2012 y 2019. La unidad monetaria usada se encuentra en colones costarricenses.

Periodo	Presupuesto
2010	₡1.020.000,0
2011	₡946.048,0
2012	₡3.015.109,5
2013	₡4.635.720,0
2014	₡11.351.870,0
2015	₡3.924.900,0
2016	₡4.300.024,0
2017	₡4.074.900,0
2018	₡4.074.900,0
2019	₡3.025.800,0

*Figura 6 Presupuesto asignado a Ing. en Computadores*

*Fuente: Departamento Financiero Contable del TEC.*

### 3.3.3 Situación actual del estudiantado

De acuerdo al informe de labores del Área de Ingeniera en Computadores (Vicerrectoría de Docencia, 2019), en conjunto con información suministrada por la Oficina de Planificación, se posee los siguientes datos:

- El número de estudiantes matriculados es de 454.
- Se contabilizan 46 estudiantes graduados de esta carrera.
- Al finalizar el año 2016 se tenían 16 estudiantes realizando su trabajo final de graduación, de los cuales tres (3) estaban en proyectos de emprendedurismo, situación inédita en el área.
- Como principales empleadores de los graduados se ubican empresas como: Intel, Hewlett Packard, Teradyne, Avionyx, Bounce Imaging, Ridge Run, Lantern Technologies, Monitec y Videologic.
- Algunos de los trabajos finales de graduación realizados a la fecha se han realizado fuera de nuestras fronteras, tanto de forma presencial como de forma virtual.
- De acuerdo al informe de labores para el I Semestre 2019, la tasa de aprobación de todos los cursos impartidos es del 82.10%, más detalle en la siguiente figura.

Nombre de la Materia	Matrículados	Aprobación	Reprobación
Introducción a la Programación	115	55,75%	44,25%
Taller de Programación	112	57,27%	42,73%
Algoritmos y Estructura de Datos I	38	81,08%	18,92%
Algoritmos y Estructura de Datos II	66	84,62%	15,38%
Laboratorio de Circuitos Eléctricos	41	97,56%	2,44%
Bases de Datos	24	95,83%	4,17%
Análisis Numérico para Ingeniería	32	90,32%	9,68%
Lenguajes Compiladores e Intérpretes	48	93,75%	6,25%
Taller de Diseño Digital	24	95,83%	4,17%
Especificación y Diseño de Software	38	89,47%	10,53%
Taller de Diseño Analógico	22	100,00%	0,00%
Arquitectura de Computadores I	29	58,62%	41,38%
Arquitectura de Computadores II	19	78,95%	21,05%
Principios de Sistemas Operativos	24	91,30%	8,70%
Redes de Computadores	15	100,00%	0,00%
Proyecto de Diseño de Ingeniería en Computadores	13	100,00%	0,00%
Introducción a los Sistemas Embebidos	23	91,30%	0,00%
Formulación y Administración de Proyectos	10	100,00%	0,00%
SOA4ID: Arquitectura Orientada a Servicios Aplicada a Sistemas Emergentes	24	75,00%	25,00%
Trabajo Final de Graduación	14	100,00%	0,00%
<b>Total de Matriculados</b>	<b>731</b>		
<b>Total de Grupos</b>	<b>35</b>		
<b>Promedios del Área</b>		<b>86,83%</b>	<b>12,73%</b>

Información generada con base en el instrumento Indicadores Docentes para la toma de decisiones de Aplicaciones Especiales, del TecDigital.

*Figura 7 Tasas de aprobación y reprobación globales*

*Tomado de la Vicerrectoría de Docencia, 2019*

### 3.3.4 Crecimiento estudiantil

La información presentada en este apartado proviene del Informe del Sistema de Indicadores de Gestión Institucional remitido por la Oficina de Planificación Institucional del TEC, y lo que se desea es mostrar la aceptación y el grado de crecimiento que ha recibido la carrera en el transcurso del tiempo.

En la Fig 10 se observa la evolución de la cantidad de estudiantes nuevos registrados en el Programa de Licenciatura de Ingeniería en Computadores. La gráfica muestra un crecimiento sostenido y sistemático durante los años 2009 al 2019 que es interrumpido en el 2014 por un importante incremento que casi triplica el tamaño del grupo de estudiantes de primer ingreso del año 2009. El ingreso de estudiantes nuevos disminuye en los años 2015 y 2016 hasta valores más cercanos a los de los años previos al incremento mencionado.

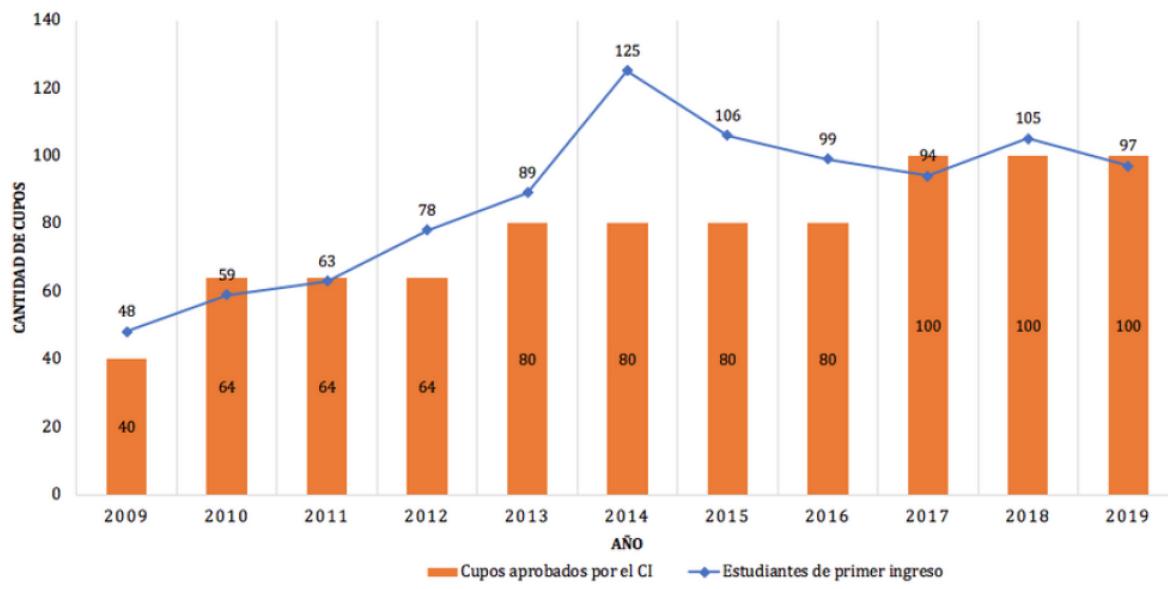


Figura 8 Nuevos ingresos en Computadores

Fuente: Tomado del Informe del Sistema de Indicadores de Gestión Institucional. Oficina de Planificación Institucional del TEC

### 3.3.5 Acreditación

El Área Académica Ingeniería en Computadores está comprometida con el mejoramiento continuo de la calidad en todos sus aspectos, tanto los académicos, investigativos como los administrativos. Por este motivo decidió en el 2015, iniciar con el proceso de acreditación internacional con el ente CEAB y con el ente acreditador del CFIA (AAPIA), este proceso tuvo resultados en el 2017 cuando ambas entidades acreditan al Programa Licenciatura Ingeniería en Computadores. Actualmente el Área se encuentra en proceso de reacreditación, ya que el objetivo es seguir comprometidos con la mejora continua y con ello mantener los estándares de calidad internacionales a medida que el Programa madura.

---

### 3.3.6 Posicionamiento e Identidad Institucional

#### **Particularidades del programa Licenciatura Ingeniería en Computadores**

Actualmente existen programas de Computer Engineering, tanto en grado y maestría como en doctorado en diferentes partes del mundo. La traducción al español, desde el momento de la creación del Programa Licenciatura, se estableció como Ingeniería en Computadores, su ámbito de competencia está bien definido en el documento base antes mencionado.

El programa Licenciatura Ingeniería en Computadores es único en Centroamérica, entre las particularidades que posee, considerando el campo de acción de los graduados y los trabajos finales de graduación realizados por los estudiantes, se pueden identificar las siguientes:

- Los ingenieros en computadores participan en el diseño e implementación de sistemas relacionados tanto con el hardware, software o ambos, en compañías nacionales, internacionales, así como en laboratorios de investigación.
- Debido al alto contenido de matemática que requiere la formación de los ingenieros en computadores, estos están involucrados en proyectos cuya solución necesita abstracción matemática, así como algoritmos que solucionen numéricamente los modelos generados con dicha abstracción.
- La naturaleza del cuerpo de conocimiento del programa Licenciatura Ingeniería en Computadores ha permitido que algunos de los graduados contribuyan en las compañías y proyectos de investigación desarrollando proyectos de integración de los diseños de hardware con los de software.
- Algunos ejemplos de campos en los que los graduados han contribuido con su conocimiento son: procesamiento de imágenes para el cálculo de la biomasa de las fincas, desarrollo de circuitería para equipos de redes, diseño y desarrollo de módulos para sistemas empotrados con el fin de analizar el comportamiento de las variables ambientales, desarrollo de aplicaciones para la automatización de sistemas, desarrollo de sistemas de visualización a partir de modelos simulados del clima, entre otros.

Institucionalmente, se trabaja en la promoción, de forma consistente, desde 2011, en actividades como las ferias vocacionales institucionales, regionales y visitas particulares a colegios de interés específico.

Se trabaja con comisiones Ad Hoc para la pre bienvenida y bienvenida de estudiantes nuevos. También, de la misma manera con el Departamento de Admisiones y Registro (DAR), el Departamento de Orientación y Psicología, la Asociación de Estudiantes de Computadores (ASEIC), el cuerpo docente y el staff Administrativo.

La estructura organizacional del Área Académica Ingeniería en Computadores se muestra en la Fig 11, en la cual se observa que el Área está subordinada de la vicerrectoría de docencia y se encuentra al mismo nivel de jerarquía que las escuelas.

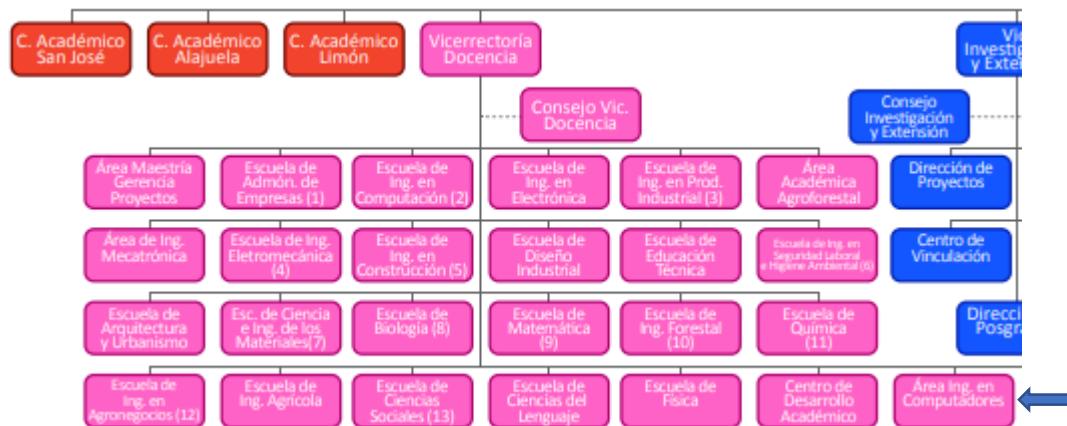


Figura 9 Ubicación organizacional del Área Académica Ingeniería en Computadores

---

## 4 Fundamentación

### 4.1 Objeto de estudio

La Ingeniería en Computadores estudia la especificación, diseño, implementación y verificación de soluciones, que integran componentes de alto y bajo nivel tanto de software como de hardware.

El ingeniero en computadores recibirá una formación integral que le proporcionará la capacidad de investigación así como de aplicar métodos de ingeniería para la solución de problemas considerando aspectos sociales, ambientales y del entorno.

Lo anterior es consistente con la descripción propuesta por las organizaciones de IEEE y ACM (ACM/IEEE, 2016).

### 4.2 Justificación del objeto del estudio

Ingeniería en Computadores prepara al egresado para enfrentar los sistemas computacionales desde el diseño de su hardware hasta la implementación del software. Dichos sistemas interactúan con componentes de una amplia gama de productos tales como sistemas de inyección de combustible en vehículos automotores, computadoras, dispositivos en red para internet, dispositivos médicos (por ejemplo, máquinas de rayos X), dispositivos de comunicación (por ejemplo, teléfonos celulares y nodos en redes de sensores), y dispositivos de uso cotidiano (tales como alarmas, lavadoras, entre otros.). El ingeniero en computadores se desenvuelve en todos los pasos involucrados en la ingeniería de sistemas empotrados, abarcando las etapas de diseño, implementación, validación y verificación del hardware y el software.

En los últimos años, se ha producido un crecimiento acelerado en lo que respecta a la demanda en tareas altamente especializadas y aplicaciones específicas de los ingenieros en computadores, desde el diseño de dispositivos de alta tecnología usando circuitos micro y nanoelectrónicos integrados hasta sistemas interconectados. Estos ingenieros laboran entonces en industrias de computadoras, industrias aeroespaciales, de telecomunicaciones, de producción de energía, fabricación, y electrónica, todas ellas representadas en la actualidad en Costa Rica

---

La formación del ingeniero en computadores le permite la exploración de tecnologías emergentes aplicadas tales como impresoras 3D, nanotecnología, internet de las cosas (IoT), computadoras ópticas, biológicas o cuánticas y diseño de sistemas robóticos. Además, permite la exploración de nuevos inventos que aún no han surgido como tecnologías totalmente viables, por ejemplo, entornos de realidad aumentada y mundos virtuales o maneras en que grandes cantidades de datos y análisis de datos podrían afectar el software.

#### 4.2.1 Fundamentación de Ingeniería en Computadores

La ingeniería en computadores se fundamenta en teorías y principios de la computación, matemáticas, ciencia e ingeniería. Tradicionalmente, la ingeniería en computadores ha mantenido una fuerte relación entre las disciplinas de ingeniería eléctrica/electrónica (EE) e informática (CS), no obstante, ha evolucionado en las últimas cuatro décadas como una disciplina separada, aunque mantiene la relación con ambas disciplinas.

Ingeniería de Computadores tiene el conocimiento fundamental en campos de administración de recursos computacionales, sistemas empotrados, arquitectura y organización de computadoras, así como en ingeniería en computadores.

### 4.3 Áreas disciplinarias

Desde el punto de vista curricular, las áreas disciplinarias de la carrera de Ingeniería en computadores son: Ciencias de la Computación, Estudios Fundamentales, Eléctrica/Electrónica o Señales y Circuitos, así como las Ciencias Exactas y Ciencias Sociales/Estudios Complementario. Tal y como señalan Quesada y otros (2001) “las áreas disciplinarias aglutinan conocimiento teórico-metodológico afines que sirven de sustento a la estructura del plan de estudios.” (p.77) En la Fig 12 se ilustran dichas disciplinas junto con sus respectivos campos de conocimiento.

Cabe destacar que, para efectos de este documento, basado en el documento Computer Engineering Curricula 2016 (ACM/IEEE, 2016), se entenderá que las disciplinas (Ciencias Exactas, Ciencias en Computación, Eléctrica/Electrónica o Señales y Circuitos, Ciencias Sociales y Estudios Fundamentales) están conformadas por ejes curriculares.

Algunos ejemplos de ejes curriculares son: Diseño Digital, Redes de Computadores, Diseño de Software, en donde cada uno de estos está integrado por diferentes unidades de conocimientos, los cuales se pueden asociar a los cursos del plan Licenciatura Ingeniería en Computadores.

El plan de estudios logra la coherencia e integración de conocimientos, habilidades y destrezas mediante el desarrollo de ejes curriculares pertenecientes a las áreas disciplinares, las cuales que establecen los pilares requeridos por la industria y sociedad. Esta información se muestra en la Fig 10.

Ingeniería en Computadores					
Ciencias Exactas	Electrónica/ Eléctrica o Señales y Circuitos	Ciencias de la Computación	Estudios Fundamentales	Ciencias Sociales/Estudios Complementarios	Áreas Disciplinares
Física	Circuitos y Procesamiento de Señales	Desarrollo de Algoritmos de Computación	Administración de Recursos Computacionales y Redes de Computadores	Cursos Humanidades y Comunicación	Ejes Curriculares
Química		Seguridad de la Información	Arquitectura y Organización de Computadores	Seguridad y Salud Ocupacional	
Matemática			Sistemas Empotrados	Otros Idiomas	
			Ingeniería de Sistemas y Gestión de Proyectos	Ingeniería Económica	

Figura 10 Áreas disciplinares y ejes curriculares de Ingeniería en Computadores

Cada una de estas disciplinas en conjunto con la especialización de Ingeniería en Computadores abarcan los 12 campos de conocimientos establecidos por el IEEE y la ACM (ACM/IEEE, 2016), los cuales están estrechamente relacionados con los ejes curriculares definidos para Ingeniería en Computadores.

---

## 4.3.1 Áreas disciplinarias

### 4.3.1.1 Área Estudios Fundamentales

Albert Einstein expresó lo que para él significaba la ingeniería cuando dijo: "Los científicos investigan eso que ya es; ingenieros crean lo que nunca ha sido" (Council, 2011). El conocimiento basado en ciencias naturales (física, química y biología) faculta al estudiante con conocimientos científicos y herramientas necesarias para ser utilizadas de una manera práctica, creativa e innovadora con el fin de diseñar y producir soluciones a las demandas de la sociedad actual.

Los estudiantes del programa de Licenciatura en Ingeniería en Computadores deben ser preparados para diseñar y crear soluciones con un marco holístico de conocimientos. Por lo anterior se les prepara en ramas tales como matemática, estadística, proyectos de diseño, análisis numérico para la ingeniería, estudios en química, física, ciencias de la ingeniería, entre otros. Además, deben comprender el contexto social y profesional en el cual ejercerán, incluyendo consideraciones éticas cubiertas en el contexto de tópicos técnicos y el impacto en la sociedad de las soluciones planteadas.

El ingeniero en computadores debe ser consciente de su responsabilidad hacia la sociedad, tomando en cuenta aspectos de seguridad en productos tales como los de internet de las cosas; en aspectos éticos, por ejemplo, en sistemas de reconocimiento de patrones, así como también en aspectos de confiabilidad dentro del hardware y software en sistemas críticos como medicina, aviación o maquinaria peligrosa, sin olvidar las posibles implicaciones y conflictos en su medio ambiente.

El ingeniero en computadores se especializa en la administración de recursos computacionales, arquitecturas de computadores, sistemas empotrados, así como las interfaces entre los sistemas y el entorno.

### 4.3.1.2 Área Ciencias de la Computación

Este eje desarrolla los conocimientos fundamentales de diversos campos de la computación, incluyendo las ciencias de la computación, ingeniería de software y sistemas de información.

---

Ciencias de la computación es el estudio de la forma en que se procesan, almacenan y se comunican los datos e instrucciones de los dispositivos informáticos. Trabaja con algoritmos de procesamiento de datos, la representación simbólica de los mismos, instrucciones, el diseño de lenguajes de programación, técnicas para escribir software en variedad de plataformas y técnicas de almacenamiento de datos.

#### *4.3.1.3 Área de Eléctrica/Electrónica o Señales y Circuitos*

Ingeniería Eléctrica fue históricamente el término utilizado para describir la profesión que utiliza la ciencia, tecnología, y habilidades de solución de problemas para diseñar, construir, y mantener productos, servicios y sistemas de información (Perkins, 1998). Hoy en día se distingue entre las áreas de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electrónica e Ingeniería en Computadores. Las tres ingenierías comparten un núcleo de conocimientos en ciencias básicas, matemática, circuitos eléctricos y fundamentos de electrónica, pero se especializan en diferentes aspectos de los productos y servicios que estudian. El Institute for Electrical and Electronics Engineers (IEEE) es la asociación de profesionales en estas áreas con mayor impacto industrial y académico, por el número de publicaciones científicas y estándares que ha aportado.

Este eje abarca los conocimientos fundamentales de la electricidad y la teoría de circuitos aplicados, identificando las técnicas más adecuadas de estos, entendiendo su comportamiento en el dominio de tiempo o frecuencia, y permitiendo desarrollar destrezas para ser capaces de diseñar soluciones acordes con los requerimientos dados.

#### *4.3.1.4 Área Ciencias Exactas*

La matemática juega un papel fundamental en la formación de un ingeniero en computadores, ya que es una herramienta que permite modelar la mayoría de los fenómenos físicos y problemas lógicos. Dentro de los temas más relevantes para desarrollar las capacidades de modelación están: funciones continuas, estructuras discretas, álgebra lineal, probabilidad y estadística.

Las ciencias naturales son necesarias en Ingeniería en Computadores porque los graduados requieren desarrollar un fuerte pensamiento analítico, aprender tanto de manera

---

empírica como experimental. Además, las ciencias naturales permiten a los ingenieros experimentar, plantear hipótesis, diseñar experimentos, probar hipótesis y analizar datos.

#### 4.3.1.5 Área Ciencias Sociales/Estudios Complementarios

Las ciencias sociales contribuyen a la formación humanística del profesional, desarrollando capacidades que permiten la participación en ámbitos laborales en el acontecer científico y social de la nación. Además, los estudios relacionados con la seguridad ocupacional, idiomas y finanzas hacen que el ingeniero en computadores complemente su formación profesional.

### 4.4 Descripción de los ejes curriculares

Los campos de conocimiento identificados para Ingeniería en Computadores se detallan a continuación:

#### 4.4.1 Ingeniería de Sistemas y Gestión de Proyectos

La ingeniería de sistemas y proyectos es una rama de la ingeniería que se encarga de diseñar, planificar, programar, aplicar y mantener sistemas computacionales con el fin de optimizar recursos y alcanzar los objetivos esperados, a partir de una relación colaborativa. Es precisamente por esa razón que el ingeniero en computadores, como parte esencial de un equipo, debe estar involucrado y dominar los siguientes temas:

- Principios de ingeniería de sistemas dentro del ciclo de vida de un proyecto.
- Administración de proyectos, incluyendo aspectos tales como la gestión de equipo, la programación, la configuración del proyecto, la gestión de la información y el diseño de los planes del proyecto.
- Interacción humano-máquina, requisitos de usabilidad, diseño de interfaces de usuario y tecnologías de entrada / salida.
- Análisis y diseño para producir niveles aceptables de riesgo, confiabilidad, seguridad y tolerancia a fallas.
- Especificaciones y su relación con los requerimientos y el diseño del sistema.
- Métodos para desarrollar y evaluar la calidad en el producto.
- Métodos para modelar, simular y evaluar diseños de sistemas a nivel arquitectónico.

- 
- Metodologías de generación de pruebas y validaciones apropiados para cada etapa del ciclo de vida del proyecto.
  - Entender la administración de la configuración, el control de versiones en los sistemas de ingeniería y la planificación de posibles desastres.

El ingeniero en Computadores debe ser preparado de manera integral para poder ser capaz de afrontar un ambiente laboral con todos sus deberes y responsabilidades. Debe estar preparado para asimilar aspectos básicos de comunicación efectiva con otros miembros de equipo, asimilar elementos esenciales de liderazgo, permitir su interrelación con equipos multidisciplinarios, hasta ser consciente de aspectos éticos, propiedad intelectual, y elementos básicos en la perspicacia comercial.

En esta área de conocimiento se promueven inculcar en el estudiante las siguientes fortalezas:

- Habilidades con audiencias.
- Escritura de informes técnicos.
- Trabajo con equipos interdisciplinarios.
- Soluciones de ingeniería y su impacto a la sociedad.
- Propiedad intelectual y asuntos legales.
- Bases legales del derecho a la privacidad y la libertad de expresión.
- Las amenazas actuales a la privacidad basadas en sistemas computacionales.
- Entender algunas de las perspectivas y dificultades en el emprendimiento.
- Asimilar los efectos de la oferta y la demanda de mano de obra calificada sobre la calidad de los productos informáticos y electrónicos.

#### 4.4.2 Desarrollo de Algoritmos de Computación

Los algoritmos son fundamentales en la Ingeniería en Computadores. El desempeño real de cualquier sistema de hardware y software depende de dos aspectos: los algoritmos elegidos, la idoneidad y eficiencia de la implementación para la arquitectura de hardware elegida. El buen diseño algorítmico es crucial para el desempeño de todo sistema.

El estudio de los algoritmos provee entendimiento de la naturaleza intrínseca de cada problema, así como posibles técnicas de solución independientes del lenguaje de

---

programación, hardware, o cualquier otro aspecto de implementación. Una parte importante de la computación es la habilidad de seleccionar algoritmos apropiados para cada propósito en particular y aplicarlos, reconociendo tanto la posibilidad de que existan múltiples soluciones razonables, como de que no exista ningún algoritmo apto. Esta facilidad depende de la compresión del intervalo de algoritmos orientados a resolver un conjunto considerable de problemas bien definidos, identificando sus fortalezas y debilidades, y su idoneidad en contextos particulares. La eficiencia es un tema dominante en toda esta área.

Algunos de los temas a comprender por parte del estudiante son los siguientes:

- Rol de los algoritmos en un sistema de hardware / software.
- Conceptos tales como las máquinas de estados finitos, expresiones regulares, gramáticas libres de contexto, entre otros.
- Uso de algoritmos de clasificación y manipulación de tipos de datos abstractos (tablas hash, árboles de búsqueda binaria).
- Entender las características de los algoritmos utilizados en el dominio de aplicación, tales como aplicaciones de control, móviles, de reconocimiento de ubicación, simulación de eventos, entre otros.
- Analizar el paralelismo inherente en un algoritmo secuencial simple.
- Entender las limitaciones a la escalabilidad.
- Entender la estructura del algoritmo paralelo.
- Ilustrar formas de gestionar la ejecución algorítmica en múltiples hilos.
- Entender el alcance de la complejidad algorítmica.

El diseño de software es un componente fundamental dentro del ciclo de vida del desarrollo de software, debido a que toma en cuenta un sin número de áreas tales como calidad, rendimiento, funcionalidad, modelado, entre otros, que se convertirán en factores decisivos para el éxito o fracaso del producto en cuestión.

Los elementos que un ingeniero en computadores debe conocer al respecto son los siguientes:

- Asimilar los distintos paradigmas de programación.
- Diseñar, implementar, verificar y depurar construcciones de programación fundamentales no triviales.
- Entender las estructuras de datos fundamentales, sus usos y beneficios.

- 
- Describir el concepto de recursión y su relación con la iteración.
  - Descomponer un problema en clases de objetos que tienen estados relacionados (miembros de datos), comportamientos (métodos), sobrecarga de los mismos, ocultamiento de información, acoplamiento y cohesión, y abstracción de datos según se relacionan con el diseño orientado a objetos.
  - Entender el uso de un lenguaje de modelado como UML.
  - Entender la funcionalidad e importancia de pruebas de verificación, pruebas de validación, pruebas de integración, pruebas de regresión, pruebas de unidad (por ejemplo, caja blanca, caja negra y caja gris).
  - Los distintos componentes de un sistema gestor de base de datos moderno.
  - Describir la funcionalidad provista por lenguajes de consulta de datos como SQL.
  - Diseñar interfaces agradables al usuario.
  - Entender el impacto de ingeniería en computadores sobre la minería de datos, el aprendizaje automático (machine learning) y la visualización de datos.

#### 4.4.3 Administración de Recursos y Redes de Computadores

Las redes se han convertido en el corazón de la comunicación actual tanto en oficinas pequeñas como en países completos. Utilizando protocolos establecidos, estas redes locales y de área extendida se han convertido en el enlace entre servidores y clientes. La integridad y seguridad de los datos, así como el derecho a la información han ganado interés en la actualidad. Con la computación inalámbrica y móvil, se ha tornado esencial que las compañías y gobiernos preserven la integridad de dichos vehículos de comunicación. El uso de compresión de datos ha ayudado a aumentar la eficiencia de las comunicaciones de datos, dando énfasis al aumento de desempeño.

En un mundo donde la comunicación es esencial e incluso de alta prioridad para algunos sistemas, es necesario que el ingeniero en computadores domine conceptos básicos tales como:

- Conceptos fundamentales de las redes y sus topologías (malla, estrella, árbol, bus, anillo y toro tridimensional, entre otros.).
- Tecnologías LAN, MAN y WAN, topologías y compensaciones asociadas.
- Contrastar los elementos de un protocolo con el concepto de estratificación.

- 
- Asimilar la importancia de las normas de redes y sus comités reguladores.
  - Asimilar las siete capas del modelo OSI, y el modelo TCP/IP.
  - Definir técnicamente elementos tales como repetidores, puentes, commutadores, enrutadores y puertas de enlace.

Esta área de conocimiento abarca el manejo de recursos en sistemas computacionales y su relación con diversos componentes, así como las restricciones operativas en tiempo real, la manipulación de recursos en entornos móviles, aspectos alrededor de la supercomputación, maquinaria especializada, entre otros, lo cual se requiere para determinar la correcta y adecuada funcionalidad en los productos de software/hardware que el ingeniero en computadores debe diseñar y posiblemente implementar.

En este campo de conocimiento se promueve inculcar en el estudiante los siguientes aspectos:

- Administrar recursos del sistema dentro de la función del sistema operativo.
- Procesamiento concurrente, asimilando conceptos tales como multiprocesador, multinúcleo, SIMD, MIMD, memoria compartida, ejecución simultánea multiproceso (SMT) y memoria distribuida.
- Diseño de sistemas operativos dentro de distintos ambientes.
- Asimilar la latencia, el modo de fallas y las estrategias de recuperación en el diseño de RTOS.
- Describir y comparar planificadores de tareas.
- Explicar las razones del por qué la asignación de memoria es crítica en un sistema en tiempo real.
- Entender la comunicación del sistema que debe administrarse en el uso de distintos dispositivos.
- Discutir las limitaciones y demandas inherentes al entorno móvil.

#### 4.4.4 Arquitectura y Organización de Computadores

El diseño de circuitos integrados utilizados en la construcción de computadores y hardware relacionado, contiene material central de la Ingeniería en Computadores. Este tema incluye propiedades básicas de materiales, la estructura de inversores, estructuras lógicas secuenciales y combinatorias, memorias y arreglos lógicos.

---

Alrededor de este tema, el estudiante debe evaluar:

- Conceptos básicos de diseño digital: representación numérica, operaciones aritméticas, álgebra de Boole y su implementación en circuitos lógicos básicos.
- Bloques de construcción: combinacional, secuencial, memorias y elementos para operaciones aritméticas.
- Diseño modular de circuitos digitales.
- Lenguajes de descripción de hardware (HDL), modelado de circuitos digitales, herramientas de diseño y flujo de las señales en dichas herramientas.
- Plataformas lógicas programables (por ejemplo, FPGA) para implementar sistemas digitales.
- Ruta de Datos y unidades de control compuestas de bloques combinacionales y secuenciales.
- Análisis y diseño de sistemas digitales, incluida la exploración del espacio de diseño, y compensaciones basadas en restricciones como el rendimiento, potencia y costo.

La arquitectura de computadoras es un elemento fundamental que se relaciona con todos los aspectos del diseño y organización de la unidad central de procesamiento (CPU) y su interacción con todo el sistema computacional. La arquitectura se extiende hasta el software puesto que coopera con el sistema operativo y las aplicaciones de alto nivel del sistema. Es difícil diseñar bien un sistema operativo sin conocer la arquitectura subyacente. Aún más, el diseñador de computadores debe tener buen entendimiento del software para implantar una arquitectura óptima.

El plan de cursos sobre arquitectura de computadores debe proveer una visión profunda de la arquitectura de computadoras y mostrar la operación de una máquina computacional típica o especializada. Debe cubrir principios básicos, pero a su vez debe reconocer la complejidad de sistemas comerciales existentes o incluso los diseñados a la medida. Idealmente, debe reforzar tópicos comunes con otros campos de Ingeniería en Computadores.

Finalmente, los estudiantes deben comprender cómo interactúan los dispositivos con el CPU y cómo se administra su interfaz, algunos de los aspectos más importantes son:

- 
- Máquina de Von Neumann, Harvard, conjunto de instrucciones, operandos, modos de direccionamiento, configuraciones RISC y CISC, y programación con lenguaje ensamblador.
  - Entender los fundamentos y las limitaciones de las métricas de rendimiento computacional y de hardware de uso común, como la frecuencia de reloj, MIPS, ciclos por instrucción, rendimiento y ancho de banda.
  - Dominar la aritmética de computadora.
  - Discutir la relación entre la arquitectura del conjunto de instrucciones y la organización del procesador.
  - Explicar el paralelismo básico de nivel de instrucción (ILP) utilizando el *pipeline*, el efecto del *pipeline* sobre el rendimiento y los principales peligros que puede ocurrir, incluidas las penalizaciones de rendimiento resultantes de los peligros.
  - Los tipos de tecnologías de memoria, memoria caché, sistemas de memoria virtual, y las tecnologías de almacenamiento secundario tales como las unidades magnéticas, ópticas y de estado sólido.
  - Entender la forma en que un procesador interactúa con dispositivos de entrada / salida (E / S), incluido el direccionamiento de periféricos, el intercambio de mensajes, el almacenamiento en *buffer*, la interacción con el acceso directo a memoria (DMA) y los protocolos de comunicación asíncronos y síncronos.
  - Describir los subsistemas de comunicación: controladores de red y funciones de comunicación en serie y paralelo.
  - Procesadores de un solo núcleo y los multinúcleo que incluyen estrategias de interconexión y control, técnicas de programación y rendimiento.
  - Sistemas distribuidos: granularidad y niveles de paralelismo, topologías, el modelo cliente-servidor, entre otros.

---

#### 4.4.5 Seguridad de la Información

La tecnología se ha desarrollado en los últimos años, y ha generado una dependencia de muchas de las actividades cruciales y sensibles de nuestra sociedad actual. Esta es la razón por la cual muchas organizaciones invierten en tecnologías de seguridad de la información relacionada con la protección de datos contra accesos no autorizados, protección de la integridad del dato, y la protección sobre posibles consecuencias o impactos que los sistemas podrían generar en la sociedad actual.

El ingeniero en computadores debe ser sensible a dicha situación, y se debe procurar comprender al menos los siguientes temas para su debida comprensión:

- Seguridad e integridad de los datos.
- Vulnerabilidades: factores técnicos y humanos.
- Entender los modelos de protección de recursos tales como el de matriz de control de acceso y el modelo Bell-LaPadula.
- Criptografía de clave pública y secreta.
- Códigos de autenticación de mensajes.
- Seguridad a nivel de la red y de la Web.
- Diferencias entre autorización y autenticación.
- Computación confiable (*Trusted Computing*) enfatizando sobre temas tales como *trusted hardware, secure storage, and datos biométricos*.

#### 4.4.6 Sistemas Empotrados

Todo dispositivo electrónico actual como teléfonos celulares, automóviles, televisores, aviones, equipo médico, y otra gran cantidad de productos (aplicaciones y dispositivos) utilizan sistemas embebidos. Estos sistemas incluyen microcontroladores, programas embebidos, y sistemas operativos de tiempo real por lo que requieren un esfuerzo consciente para producir un producto más confiable, lo cual exige buenas bases en diseño de sistemas y metodologías de diseño, tales como:

- Impacto de los sistemas embebidos en áreas tales como potencia, rendimiento y costo.
- Plataformas informáticas para sistemas integrados.

- 
- Diseño de software de sistemas integrados usando lenguaje ensamblador o en un lenguaje de alto nivel, así como sistemas operativos a la medida.
  - Comunicación serial asíncrona y síncrona que incorporan módulos típicos en chip como, por ejemplo, E/S de propósito general, temporizadores y módulos de comunicación en serie (por ejemplo, UART, SPI, I2C y CAN).
  - Interfaz analógica usando convertidores analógicos digitales conectados a elementos de sensado y convertidores digitales analógicos conectados a elementos actuadores.
  - Sistemas embebidos móviles e inalámbricos que usan tanto corto alcance (por ejemplo, Bluetooth, 802.15.4) como de largo alcance (por ejemplo, celular, Ethernet) en varias arquitecturas de interconexión.

#### 4.4.7 Circuitos y Procesamiento de Señales

El procesamiento digital de señales puede ser aplicado a la transformación, síntesis y análisis de datos. Por ejemplo, cuando se modela un canal de comunicaciones, filtros, generadores y analizadores pueden utilizarse para eliminar, agregar o medir ruido en el procesamiento de audio, imágenes y video.

Hay 4 características de las señales: número de variables, número de dimensiones, naturaleza discreta de las variables o de las dimensiones, y la naturaleza estadística.

Algunos de los temas más relevantes son los siguientes:

- Principios de muestreo y cuantificación.
- Análisis de transformación.
- Espectros digitales y transformadas discretas.
- Entender la convolución a partir de la definición de respuesta al impulso.
- Diseño e implementación de filtros.

Señales y circuitos constituyen material fundamental para la Ingeniería en Computadores. El eje de Eléctrica/Electrónica proporciona conocimiento básico para el diseño de los circuitos utilizados en la construcción de computadores. El conocimiento de circuitos eléctricos utilizados en realizar circuitos digitales y computadores debe incluir elementos básicos como, circuitos resistivos y reactivos, análisis en corriente alterna, convolución, y circuitos selectivos de frecuencia.

---

Entre los temas que un ingeniero en computadores debe conocer, se encuentran:

- Circuitos electrónicos incluyendo consideraciones entre circuitos analógicos y digitales, así como métodos de aproximación del comportamiento digital con sistemas analógicos.
- Propiedades de los dispositivos semiconductores, su uso como amplificadores e interruptores en la construcción de circuitos.
- Entender las definiciones y representaciones de las variables eléctricas básicas (carga, corriente, tensión, energía, potencia), así como los elementos básicos del circuito (resistencias, inductores, condensadores).
- Problemas usando la ley de Ohm.
- Propiedades de circuitos que involucren combinaciones de elementos de resistencia ( $R$ ), inductancia ( $L$ ) y capacitancia ( $C$ ), incluidos constantes de tiempo, respuestas transitorias, de estado estacionario, y amortiguamiento.
- Características de las fuentes de tensión eléctrica, como la fuente de tensión ideal, las referencias de tensión, los seguidores del emisor y las fuentes de tensión que utilizan amplificadores operacionales.
- Funcionamiento y propiedades de los diodos, incluidas las características corriente-tensión, las regiones de operación, los modelos de circuitos equivalentes y sus limitaciones.
- Propiedades de los transistores bipolares usados como amplificadores e interruptores.
- Polarización del transistor CMOS de tipo n o tipo p y amplificador operacional ideal (op-amp).
- Tipos comunes de circuitos y aplicaciones de señal mixta, incluidos los convertidores digitales a analógico (D / A) y analógico a digital (A / D) así como los circuitos de muestreo y retención.

## 4.5 Ejes transversales

El TEC ha promovido la transversalidad del espíritu emprendedor, la investigación, la equiparación de oportunidades, equidad de género, la ética y el humanismo. Estos ejes transversales se incorporan y son fortalecidos en el quehacer académico de todos y cada uno de los cursos que conforman un plan de estudios. Todos estos ejes han sido consignados en las políticas institucionales y en su Estatuto Orgánico, cabe destacar que el plan Licenciatura Ingeniería en Computadores sigue estas directrices.

El espíritu emprendedor se fortalece en los últimos semestres con el curso de Desarrollo de Emprendedores y su desenlace en el Proyecto de Diseño de Ingeniería en Computadores, que acompañado del curso en Formulación y Administración de Proyectos, permitirán desarrollar las ideas emprendedoras. En el caso de la investigación, las unidades de conocimiento tecnológicas fundamentan sus actividades en procesos investigativos que conducen a la integración de esas destrezas en cursos de final de carrera anteriormente mencionados.

La equiparación de oportunidades y la ética se fortalecen en los cursos de Formación Humanística y en los Seminarios Estudios Filosóficos y costarricenses y son retomados en el desarrollo del Trabajo Final de Graduación, en el cual el estudiante es evaluado no sólo en los aspectos técnicos sino en su desempeño integral.

Por otro lado, Ingeniería en Computadores ha asumido un compromiso con la formación de profesionales líderes, estrechamente vinculados y comprometidos con la tecnología, su impacto en la sociedad y el ambiente. Por lo anterior, se propone incorporar al currículo tres ejes transversales específicos de la carrera: Liderazgo, Vinculación Universidad/Empresa, Creatividad e Innovación.

El Liderazgo se fortalecerá con las actividades de aprendizaje desarrolladas en las disciplinas Curriculares de la carrera, abarcando desde el curso de Ambiente Humano, incluyendo el curso de Desarrollo de Emprendedores, aprovechando la presencia de laboratorios, cursos teóricos/prácticos y del proyecto de diseño de ingeniería, donde se desarrollarán técnicas de trabajo en equipo y aprendizaje colaborativo, para culminar con el Trabajo Final de Graduación. Los proyectos finales estarán en relación directa con las

---

problemáticas de empresas nacionales e internacionales, lo que sienta las bases para la vinculación del estudiante con la empresa y su desarrollo como líder.

La creatividad y la innovación se construyen en los cursos de las unidades de conocimiento que componen los campos de conocimiento y que a su vez forman la disciplina Ingeniería en Computadores, donde paulatinamente el futuro ingeniero evoluciona desde la solución de problemas de hardware y software, hasta la realización de proyectos que implican soluciones altamente creativas e innovadoras a los problemas que involucren diseñar y desarrollar sistemas computacionales.

En síntesis, los diferentes ejes transversales se encuentran diseminados en el currículo, entrelazados con disciplinas Curriculares que los fortalecen y priorizan. Además, cada eje transversal alimenta al otro hacia el perfil profesional que busca la carrera.

## 4.6 Fundamentos Curriculares

El TEC ha establecido como compromiso fundamental en su modelo académico contribuir al desarrollo integral del país mediante la docencia, la investigación y la extensión; manteniendo el liderazgo científico, tecnológico y técnico, la excelencia académica y el estricto apego a las normas éticas, humanísticas y ambientales, desde una perspectiva universitaria estatal de calidad y competitiva a nivel nacional e internacional" (ITCR, 2003 Modelo Académico). Entre las orientaciones que describe para la docencia, establece que esta debe fomentar "la formación de capacidades y disponibilidades personales, tanto en sentido intelectual como ético, social y afectivo". Desde esta visión, el proceso enseñanza aprendizaje se debe gestionar desde una perspectiva para un desarrollo humano integral.

El compromiso que asume el TEC a través del modelo académico propone el respeto de los derechos humanos y el uso compartido del conocimiento, ya que el ser humano es considerado como principio y fin de la acción institucional. Para esto el TEC, asimila, adapta y genera en forma sistemática y continua, el conocimiento científico, técnico, tecnológico y cultural, necesario para el desarrollo humano integral. Además, propone que la formación docente debe fomentar los siguientes saberes:

- El aprender a aprender
- El aprender a emprender
- El aprender a hacer
- El aprender a ser
- El aprender a vivir juntos
- El aprender a resolver

En concordancia con el modelo académico institucional, la carrera de Ingeniería en Computadores promueve una oferta académica centrada en el estudiantado, de tal manera que se le dé la oportunidad de construir por su propia cuenta, el conocimiento necesario para desarrollarse como ingeniero o ingeniera en Computadores. Este conocimiento se encuentra basado en la búsqueda y síntesis de la información obtenidas en base a competencias de comunicación, indagación, pensamiento crítico, destrezas científicas y resolución de problemas. Es así, como el discente tiene un rol altamente activo dentro de su propio aprendizaje.

Como se mencionó anteriormente, esta carrera se fundamenta en el Paradigma educativo centrado en el estudiante. El cual expone que cada persona crea sentido de forma única, porque su naturaleza (natura) y experiencias (nurtura) son particulares. Esta propuesta se articula a partir de tres enfoques que corresponden a categorías de clasificación teórica: Humanista, Cognitivo y Constructivista, las cuales son coherentes y se complementan en sus principios (Reigeluth, Beatty & Myers; 2017).

A continuación, se realizará un breve esbozo de lo que cada propuesta teórica aporta a este paradigma, así como los elementos centrales de cada uno de estos (Reigeluth et al; 2011):

i. Constructivismo	ii. Humanismo	i. Cognitivismo
El constructivismo percibe el proceso de enseñanza-aprendizaje como dinámico, participativo e interactivo; el alumno es el sujeto responsable de construir su propio aprendizaje. Esa construcción incluye la aportación activa y global del estudiantado, su disponibilidad y conocimientos previos en el marco de una situación interactiva, en la cual el profesor actúa de guía y de mediador entre el estudiantado y la cultura. En estos principios se sostiene el Enfoque	Desde el humanismo se concibe al individuo como centro del proceso, de manera que se proveen experiencias para satisfacer necesidades del estudiante en cuanto al logro de su crecimiento personal y búsqueda del desarrollo integral. Se busca ofrecer al individuo vivencias que estimulen su crecimiento personal, el respeto a las diferencias individuales, el desarrollo de sus capacidades y la superación de sus limitaciones o deficiencias. Este enfoque es de influencia filosófica	Esta propuesta teórica se centra en la creación del pensamiento, la construcción del mismo y su significado. Complementa el desarrollo de la mente en la persona autónoma intelectualmente, partiendo de la noción, el concepto, la categoría, el juicio y el raciocinio, lo que permite al estudiante, que sin importar los contenidos y las disciplinas pueda aprender de la realidad directamente por cuanto las ideas son innatas. Este enfoque encuentra su influencia filosófica desde la autonomía

centrado en el estudiante. Se parte de la idea de que el conocimiento es construido mientras los aprendices se involucran en el aprendizaje de un tema a través de la interacción social	reformista, se apoya en la corriente psicológica humanista y ha sido impulsado por Abraham Maslow, Víctor García de la Hoz, Pierre Fauré, Amparo Martínez, Ana M. Pabón, Silvia Alvarez, Wolfgang Paul Sieggel y Carl Rogers. Rogers argumentaba que las personas tienen un deseo innato a aprender, pero no se le puede enseñar directamente, por el contrario, se puede únicamente mediar el proceso. En consecuencia, el proceso de aprendizaje requiere de una participación completa por parte del estudiante	intelectualista, además se apoya en la corriente psicológica desarrollista y ha sido impulsado por Jerome S. Bruner, Robert Gagné y Jean Piaget. Los teóricos cognitivistas tanto de la teoría del procesamiento de la información como de los modelos mentales, explican que todo nuevo aprendizaje debe fundamentarse en la experiencia previa ya que al significar algo para el aprendiz, puede establecer nuevas relaciones y aumenta el conocimiento sobre un tema
--	--	---

Tabla 2 Paradigmas educativos

Desde el Modelo Académico del TEC y la concepción epistemológica expuesta, se conciben los actores del currículo como sigue:

#### Rol del profesorado

Dentro de esta metodología, el profesor pasa de un rol de proveedor de la información a un rol de facilitador y mediador, generando un ambiente totalmente activo de todas las partes. Propiciar en las aulas una mediación pedagógica en busca de la construcción de mejores conocimientos implica romper el paradigma tradicional de la educación, en el que el fin último es la transmisión de conocimientos del profesorado hacia los educandos. En este sentido, el rol de mediación se caracteriza por propiciar diálogo constante, promover el desarrollo del pensamiento complejo, el debate y las experiencias significativas como prácticas cotidianas. Desde esta perspectiva

---

teórica, el docente asumirá el papel de guía que propondrá actividades nuevas que originen conflicto cognitivo en sus estudiantes (León, 2014)

La evaluación del conocimiento será generada de forma conjunta entre el profesorado y el cuerpo estudiantil, luego de acuerdos dados según los objetivos planteados y el avance en la evolución del conocimiento obtenido, de tal manera que la enseñanza y la evaluación se encuentren totalmente entrelazados.

#### Rol del estudiantado

El estudiantado pasa de un rol de receptor de conocimiento a un rol más de generador y experimentador de conocimiento, esto debido a que la metodología expondrá a los estudiantes a un proceso de investigación en la cual recaen responsabilidades tales como búsqueda de conocimiento y la aplicación de talleres y laboratorios con el fin de descubrir o comprobar información. Así, el educando será protagonista de su proceso, buscará soluciones a los conflictos, pensará, reflexionará y formará un criterio propio (León, 2014).

### **Propuesta metodológica y evaluativa del programa**

La propuesta metodológica y evaluativa de la Ingeniería en Computadores tiene como objetivo lograr aprendizajes de calidad en los estudiantes, mediante el uso de estrategias de enseñanza-aprendizaje que se adapten a las necesidades de estos. Por un lado, se utilizarán metodologías de aprendizaje activo las cuales involucran de forma consciente y voluntaria al estudiantado durante el desarrollo de las lecciones (Shekhar, Prince, Finelli, Demonbrun, & Waters, (2019). Entre las estrategias que se emplearán se encuentran “Design thinking”, aula invertida, aprendizaje basado en proyectos, discusiones grupales, lluvias de ideas, elaboración de mapas conceptuales, debates, entre otros. Además, se incentiva el uso de herramientas tecnológicas que fomenten el aprendizaje activo.

El uso de este tipo de estrategias permite la formación de profesionales capaces de enfrentar los desafíos actuales y futuros de la sociedad, es decir, están en la capacidad de resolver problemas a los que ya se hayan enfrentado y a su vez, ser capaces de proponer e implementar soluciones a nuevos retos (Jerez, 2017).

---

Se utiliza el aprendizaje basado en proyectos para la creación de entornos donde el estudiante pueda poner en práctica el conocimiento adquirido. Para esto se promueve la utilización de proyectos donde el estudiante pueda trabajar en equipo. Estos equipos de trabajo deben ser capaces de analizar y definir un problema, establecer propuestas de solución, elaborar prototipos que permitan validar estas propuestas y finalmente implementar una solución al problema que establece cada proyecto (Luka, 2014).

Debido al uso de estrategias no tradicionales como parte de la propuesta metodológica, se hace necesario utilizar estrategias no tradicionales para evaluar el aprendizaje del estudiante. Dado lo anterior, se utilizará evaluación auténtica a lo largo del plan de estudios de Ingeniería en Computadores.

Mediante la evaluación auténtica se determina la comprensión del conocimiento adquirido y también la capacidad de aplicar este conocimiento en la resolución de problemas. Con este tipo de evaluación se busca que el estudiante esté recibiendo constantemente retroalimentación del profesor y a su vez que el profesor tenga información que le permita ajustar la estrategia de enseñanza-aprendizaje de acuerdo con las necesidades de los estudiantes.

Las experiencias de laboratorio son una parte esencial de la carrera de Ingeniería en Computadores, ya que es importante que los estudiantes tengan muchas oportunidades para observar, explorar y manipular las características y comportamientos de los dispositivos, sistemas y procesos reales. Esto incluye diseñar, implementar, probar, documentar hardware y software, diseñar experimentos para adquirir datos, analizar e interpretar esos datos, usarlos para corregir o mejorar el diseño permitiendo verificar que cumpla con las especificaciones. De esta manera se desea que el estudiante adquiera suficiente experiencia en cómo utilizar y comunicar el conocimiento dentro de un contexto relativamente real.

El fin de las evaluaciones en lugar de intentar monitorear el aprendizaje obtenido, tendrá como objetivo el promover y diagnosticar el aprendizaje, colocando como énfasis indispensable la generación de mejores preguntas, hipótesis y la oportuna realimentación de los errores. La evaluación del aprendizaje deseado recaerá directamente en el uso de trabajos, proyectos, prácticas, laboratorios, entre otros. Lo anterior aplicando el concepto

---

denominado "evaluación auténtica", donde se desea averiguar qué sabe el estudiante o qué es capaz de hacer, utilizando diferentes estrategias y procedimientos evaluativos (Ahumada, 2005), sustentándose en una serie de principios constructivistas de aprendizaje en donde se reconoce que:

- hay necesidad de que los conocimientos previos sirvan de unión a los nuevos.
- los estudiantes tienen diferentes ritmos de aprendizaje producto de poseer diferentes estilos, capacidades de razonamiento y memoria, rangos atencionales, entre otros.
- el aprendizaje va a ser motivador en el estudiante cuando asume las metas a conseguir.
- el desarrollo de un pensamiento divergente resulta fundamental para la crítica y la creatividad.

Aprovechando la esencia interdisciplinaria de Ingeniería en Computadores, la metodología de aprendizaje debe fomentar cada uno de los ejes curriculares planteadas en el presente documento.

Es importante que todo el equipo docente, personal administrativo y estudiantes sean conscientes de que esta metodología propicia una cultura colaborativa de trabajo, en donde el objetivo imprescindible es el aprendizaje conjunto, así como la evolución constante de los criterios profesionales deseados para nuestros graduados.

Se debe promover la aplicación exhaustiva de experiencias de laboratorio, en la mayor cantidad de cursos de la carrera. Esta experiencia de laboratorio debe contar con una duración determinada de acuerdo con la naturaleza del mismo, y se debe proveer al estudiantado las instalaciones requeridas, junto con el equipo necesario y especializado para su realización. Los laboratorios introductorios (por ejemplo, los laboratorios de programación) generalmente están dirigidos y diseñados para reforzar fundamentos del estudiante durante la carrera, deben proveer los insumos necesarios para determinar la asimilación de dichos conceptos por parte de los estudiantes.

El profesor debe contemplar el aspecto interdisciplinario en cada uno de los laboratorios de tal manera que permita al estudiante avanzar en su conocimiento tanto a nivel de software como de hardware, en la medida de lo posible.

---

Los estudiantes deben aprender a registrar las actividades de laboratorio para documentar y realizar un seguimiento de todas las actividades de diseño, experimentos realizados y resultados medidos / observados, ya sean que hayan cumplido con los objetivos esperados o bien, no se obtuvieron los resultados deseados.

La experiencia de laboratorio también debería ayudar a los estudiantes a aprender temas prácticos tales como:

- Seguridad en todos los laboratorios, especialmente cuando el manejo de equipos electrónicos y la electricidad representan un peligro.
- Uso adecuado de computadoras y equipos de prueba.
- Construcción de sistemas eléctricos y electrónicos.
- Software de construcción y prueba.
- Comprensión de los procesos y problemas asociados con el desarrollo y la fabricación de productos.
- Reconocer oportunidades para compensaciones (como hardware, software, IP disponible, tiempo / espacio, energía, modularidad, adaptaciones, seguridad y eficiencia) y poder tomar decisiones sobre una base informada.

Los componentes de investigación en tendencias de las soluciones tecnológicas conforman un pilar importante y fundamental en la práctica de la profesión. Además, la investigación constante será la base para forjar la disciplina necesaria para mantener un nivel de actualización requerido en industrias tan cambiantes, y con alto grado de innovación.

La utilización de evaluaciones tradicionales debe reducirse drásticamente, de aplicarse, debe tener como objetivo el comprobar la asimilación por parte del estudiante de principios fundamentales, se debe aplicar de tal forma que promueva el uso correcto de criterios con los que todo ingeniero debe contar.

---

## 5 Objetivos del programa

### **General:**

Desarrollar habilidades en el estudiantado en los campos de hardware y software para implementar soluciones ingenieriles a problemas reales, tomando en cuenta tanto el estado del arte como los aspectos operativos, sociales, ambientales, éticos y económicos de la solución del problema.

### **Específicos:**

- Fomentar el desarrollo del pensamiento abstracto sobre el estudiantado con el fin de que sean capaces de diseñar soluciones parametrizadas a problemas relacionados con hardware y software, utilizando modelos basados en matemática.
- Desarrollar en el estudiantado la capacidad de aplicar los conocimientos y habilidades necesarias para resolver situaciones complejas de la realidad, mediante la participación en proyectos específicos de ambientes multidisciplinarios.
- Desarrollar habilidades tanto en la comunicación individual como colaborativa en el estudiantado para realizar proyectos tomando en cuenta principios y valores de ética, equidad, responsabilidad, respeto y tolerancia.

## 6 Perfil Ocupacional y Académico-Profesional

Los siguientes perfiles emergen del proceso de revisión mencionado en el capítulo 2, bajo consideración de aspectos del entorno nacional, así como las sugerencias procedentes de la experiencia internacional en currículos del área elaborados por la IEEE y la ACM, aunado a las recomendaciones y atributos generados del Proceso Dual de Acreditación CEAB-CFIA (CFIA, 2017).

## 6.1 Perfil Ocupacional

El campo de la ingeniería en Computadores (CE) ha evolucionado, madurado y ampliado en toda la industria. Los profesionales de CE aplican sus habilidades en una amplia gama de sectores que incluyen negocios, industria, gobierno, servicios, organizaciones y otras entidades que hacen uso de software y/o hardware para automatizar o impulsar sus productos o servicios de manera eficiente.

El licenciado en Ingeniería en Computadores está preparado para laborar en empresas públicas y privadas en donde el uso intensivo e innovador de las tecnologías computacionales, tanto a nivel de software como de hardware juegan un papel estratégico en el cumplimiento de su misión. Dentro de las competencias que poseen los graduados de Ingeniería en Computadores.

Puesto	Descripción
Diseñador de sistemas computacionales.	Diseña componentes y sistemas computacionales que involucren el desarrollo de módulos de hardware y software.
Líder de análisis de calidad	Trabaja en empresas relacionadas con el sector de tecnología de la información considerando conceptualización, diseño, manufactura, <i>testing</i> y relacionados.
Arquitecto de sistemas empotrados.	Diseña o modifica equipos de alta tecnología como los sistemas computacionales empotrados en teléfonos celulares, en nodos de redes de sensores, en controladores industriales, en equipo médico, en consolas de video juegos, entre otros.
Ingeniero de hardware computacional.	Trabajar en compañías dedicadas a la fabricación, diseño, validación, y verificación de circuitos integrados por ejemplo, equipo médico, control de automóviles, aviones u otros medios de transporte.
Líder en regulaciones y	Se involucra en establecimiento de lineamientos sobre responsabilidad social, ética, estándares de regulación

estándares computacionales.	en diferentes áreas de la ingeniería que usen tecnología electrónica computacional.
Administrador de proyecto.	Asume roles de liderazgo utilizando comunicación asertiva con su equipo de trabajo y los clientes, tomando en consideración el impacto social, económico y sostenibilidad.
Investigador en sistemas computacionales	Cuenta con las habilidades para el aprendizaje continuo orientadas a solventar las necesidades de la organización en que se desarrolla.

*Tabla 3 Puestos que un ingeniero en computadores podría desempeñar*

El profesional laborará en organizaciones que emplean las tecnologías de información como uno de los pilares en su gestión básica. Algunas de las industrias en las que el profesional en Ingeniería en Computadores se desempeñará son: fabricantes de computadores, compañías dedicadas a la fabricación de dispositivos periféricos computacionales, compañías orientadas a los nuevos modelos de la industria cuyo fundamentos de operación se encuentra en tecnologías de punta como inteligencia artificial, dispositivos inteligentes y sus interconexiones; compañías dedicadas a la fabricación y productos basados en sistemas computacionales, empresas dedicadas al desarrollo de software para control de hardware específico, empresas especializadas en el uso de tecnología de multimedia. Además, el profesional es requerido en organizaciones de desarrollo y distribución de productos de base tecnológica, como son las compañías de microcomponentes, equipo de red, computación, entre otros.

## 6.2 Perfil Académico-Profesional

El Perfil Académico Profesional (PAP) es el conjunto de conocimientos, actitudes, valores, destrezas psicomotoras e intelectuales y emocionales que debe poseer el futuro profesional para que satisfaga con éxito las necesidades y deseos personales y sociales. Este perfil académico profesional se desarrolló a través de un enfoque por resultados de aprendizaje. El mismo rompe con la estructura curricular tradicional y, por el contrario, facilita el desarrollo integral del profesional a través de la promoción de un conjunto de resultados de aprendizaje integradores. Los resultados del aprendizaje son declaraciones verificables de

---

lo que un estudiante debe saber, comprender y ser capaz de hacer tras obtener una cualificación concreta, o tras culminar un programa o sus componentes (Manual del Sistema Europeo de Transferencia de Créditos, citado en Marco de Cualificaciones para la educación superior centroamericana, 2018). Este enfoque está centrado en el aprendiz, aporta claridad y transparencia a la hora de estructurar las estrategias pedagógicas y de evaluación de los resultados de aprendizaje y atributos, además, ofrece mayor información tanto a profesores, estudiantes, entes acreditadores y empleadores sobre las capacidades que tendrá el estudiantado al finalizar su proceso de formación (ANEXA, 2014). Dicho perfil fue estructurado considerando el objeto de estudio de computadores, los hallazgos más recientes en la disciplina y los atributos de la persona graduada del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Además, es el resultado de un proceso de investigación y discusión por parte de personas expertas en la disciplina.

El rápido ritmo de cambio en la tecnología actual requiere que los ingenieros en computadores deban ser versátiles en el conocimiento extraído de los ejes disciplinarios.

El desarrollo del plan de estudios de Ingeniería en Computadores capacita a los estudiantes para planificar, investigar, analizar, conceptualizar, estructurar, diseñar, construir, implantar, verificar, validar y mantener componentes de hardware y software en sistemas computacionales modernos y/o sistemas controlados por computador. La culminación exitosa del plan brinda al profesional la capacidad de aplicar las teorías y los principios de la ciencia y las matemáticas para diseñar e integrar hardware, software, redes y procesos para resolver problemas, desarrollar prototipos de productos, evaluarlos, llevarlos al mercado, innovar, e incorporar desarrollos tecnológicos en productos existentes.

El profesional tiene la capacidad de identificar la pertinencia de las tecnologías computacionales establecidas y sus avances, para proponer elementos innovadores en el desarrollo de las soluciones requeridas por la industria nacional e internacional.

Los graduados deben comprender las responsabilidades asociadas con la práctica de la ingeniería, incluido el contexto profesional, social y ético en el que realizan su trabajo.

Los egresados de Ingeniería en Computadores tendrán los siguientes resultados de aprendizaje de acuerdo con cada una de las áreas de estudio:

- 
- **Electrónica/ Eléctrica o señales y circuitos**

### **Circuitos y señales**

Diseñar soluciones digitales basadas en la evaluación de técnicas de procesamiento de señales, para obtener circuitos aplicables que sirvan a la sociedad, dentro del margen ético y empleando habilidades de comunicación efectivas.

Desarrollar soluciones de hardware para sistemas computacionales basados en fundamentos, propiedades, técnicas, herramientas de circuitos eléctricos, usando elementos activos y pasivos, que sirvan a la sociedad dentro del margen ético para aplicaciones analógicas, digitales y de señal mixta.

- **Ciencias de la computación**

### **Desarrollo de algoritmos de computación**

Emplear la gestión algorítmica computacional y el uso efectivo de recursos computacionales en toda su magnitud desde el uso de distintos paradigmas de programación, estructuras de datos, tecnología de software, y el uso efectivo de la gestión y análisis de datos, con el fin de desarrollar soluciones de hardware y software bajo principios de mejora continua, calidad y trabajo en equipo.

### **Seguridad de la información**

Emplear modelos y algoritmos de protección de recursos, con el fin de asegurar la confidencialidad, integridad, disponibilidad y confiabilidad de la información, bajo los principios de seguridad basados en estándares, regulaciones y mejores prácticas de los sistemas.

- **Estudios fundamentales**

### **Administración de recursos computacionales y redes de computadores**

Diseñar soluciones tecnológicas relacionadas con la comunicación y administración eficiente de recursos computacionales, tomando en consideración los estándares vigentes y evaluando de manera crítica el rendimiento del sistema en general.

### **Arquitectura de computadores**

Evaluando de forma crítica el diseño y organización de computadores, así como otros sistemas digitales, con el fin de desarrollar soluciones computacionales robustas, bajo los márgenes éticos y en función de las necesidades de la sociedad.

---

### **Sistemas empotrados**

Diseñar sistemas empotrados a partir de la especificación y evaluación de metodologías, herramientas, aspectos de comunicación, de potencia e interacción con plataformas móviles y de red, considerando el seguimiento de las normas y principios éticos y de seguridad de la información.

### **Ingeniería de sistemas y gestión de proyectos**

Desarrollar soluciones tecnológicas sustentadas en la aplicación de principios ingenieriles y de la administración de proyectos, que logren impactos positivos en la sociedad.

Evaluar las perspectivas éticas, legales, sociales, económicas, filosóficas, así como los principios ingenieriles y de administración de proyectos, de tal manera que permitan el desarrollo de soluciones tecnológicas, bajo un enfoque de armonía y responsabilidad con la sociedad y el ambiente.

- **Estudios complementarios**

### **Humanidades y comunicación**

Comunicar conceptos complejos de Ingeniería de forma asertiva, dentro de la profesión y con la sociedad, mediante el trabajo en equipo en un proceso de aprendizaje continuo.

### **Idiomas**

Emplear habilidades, técnicas y herramientas de comunicación, con el fin de argumentar y transmitir ideas de forma asertiva y persuasiva, bajo principios de ética y colaboración profesional.

### **Seguridad y salud ocupacional**

Aplicar las medidas de seguridad adecuadas con el objetivo de garantizar la integridad física y mental de los profesionales, dando respuesta efectiva a los requerimientos, normas y regulaciones que la sociedad demanda.

---

## **Ingeniería económica**

Evaluar la factibilidad y sostenibilidad de los proyectos mediante técnicas de ingeniería económica, para que sirvan de apoyo en la toma de decisiones, considerando su impacto en el ambiente y la sociedad.

- **Ciencias Exactas**

### **Física**

Resolver problemas que involucran fenómenos físicos, con el fin de implementar soluciones metódicas, tomando en consideración los avances científicos actuales, así como las implicaciones éticas de dichas soluciones.

### **Matemática**

Razonar de manera abstracta y parametrizada las soluciones a problemas cotidianos e industriales, con el fin de crear modelos de sistemas y con ello estudiar las variables de entorno, considerando las implicaciones económicas y sociales.

### **Química**

Aplicar conocimientos de la Química de tal manera que permitan entender la estructura de la materia para su utilización en sistemas computacionales, considerando las implicaciones éticas en la sociedad.

El perfil profesional se encuentra desglosado de acuerdo a los 12 atributos utilizados para efectos de acreditación (CFIA, 2017) sobre el programa actual de Licenciatura en Ingeniería en Computadores. Cada uno de los atributos se alinea perfectamente al perfil profesional que se espera obtener. A continuación, se detalla cada uno de ellos, determinando su alineación con los conocimientos y habilidades técnicas esperadas, así como también con las habilidades recomendadas en el documento de IEEE/ACM (ACM/IEEE, 2016). Ver la definición de los atributos en el anexo 4.

Atributo	Conocimientos, habilidades y actitudes
<b>Conocimiento de ingeniería</b>	<p>Conoce sobre matemáticas avanzadas de ingeniería            Conoce sobre programación paralela            Conoce sobre sistemas embebidos            Conoce sobre ingeniería de sistemas computacionales            Conoce sobre física de semiconductores            Conoce la metodología para la ejecución de procesos de ingeniería            Conoce sobre señales y circuitos            Conoce sobre lógica digital            Conoce los fundamentos de matemática discreta, probabilidades, cálculo diferencial e integral, y estadísticas descriptivas e inferenciales para apoyar procesos de tecnologías de información y toma de decisiones con métodos cuantitativos            Conoce la teoría algorítmica            Conoce sobre procesamiento digital de señales            Conoce sobre electrónica            Conoce las técnicas y metodologías para el desarrollo de sistemas            Conoce sobre fundamentos de programación y estructuras de datos            Conoce sobre interacción ser humano-máquina</p>
<b>Análisis de Problemas</b>	<p>Promueve la eficiencia en el uso de recursos            Está comprometido con la mejora continua            Conoce fundamentos en ciencias básicas que le permiten afrontar problemas de ingeniería</p>
<b>Diseño</b>	<p>Conoce la organización y arquitectura de computadores.            Conoce los paradigmas de programación y las principales técnicas para la construcción de algoritmos.</p>
<b>Investigación</b>	<p>Es crítico en el análisis de la información disponible, la evaluación de tecnologías computacionales o sistemas basadas en el computador.</p>
<b>Herramientas de Ingeniería</b>	<p>Conoce sistemas de base de datos            Conoce sobre tecnologías de integración electrónicas</p>
<b>Ingeniería y Sociedad</b>	<p>Conoce la normativa referente a género, discapacidad y ambiente, ética, responsabilidad social y emprendedurismo.            Promueve la eficiencia en el uso de los recursos tomando en cuenta además su impacto social            Integra en sus metodológicas la perspectiva de género, discapacidad y ambiente.            Promueve la calidad en las relaciones humanas.</p>
<b>Ambiente y Sostenibilidad</b>	<p>Conoce la normativa referente a género, discapacidad y ambiente, ética, responsabilidad social y emprendedurismo.            Promueve la eficiencia en el uso de los recursos tomando en cuenta además su impacto social            Integra en sus metodológicas la perspectiva de género, discapacidad y ambiente.            Promueve la calidad en las relaciones humanas.</p>
<b>Ética y Equidad</b>	<p>Apoyo al cumplimiento de normas y la ética en ingeniería            Promueve la equidad y la justicia en todo su desempeño</p>
<b>Trabajo individual y en Equipo</b>	<p>Es proactivo e innovador en las tecnologías computacionales.            Promueve la participación y el desempeño exitoso de los individuos            Es objetivo ético en los procesos de evaluación            Promueve la calidad en las relaciones humanas</p>
<b>Habilidades de Comunicación</b>	<p>Sabe expresarse adecuadamente de forma oral y escrita</p>
<b>Administración de proyectos y Finanzas</b>	<p>Conoce las teorías necesarias para la formulación, administración y evaluación de proyectos.</p>
<b>Aprendizaje Continuo</b>	<p>Toma la iniciativa en la búsqueda de nuevas alternativas de capacitación</p>

Figura 11 Agrupación de campos de conocimiento

## Matriz resultados de aprendizaje y atributos de la persona graduada

- Electrónica/ Eléctrica o Señales y Circuitos
  - Señales y Circuitos
    - Conocimiento de Ingeniería (CI)
    - Análisis de Problemas (AP)
    - Diseño (DI)
    - Herramientas de Ingeniería (HI)
    - Habilidades de comunicación (HC)
    - Ingeniería y sociedad (IS)
    - Ética y Equidad (EE)
- Ciencias de la computación
  - Desarrollo de algoritmos de computación
    - Conocimiento de ingeniería (CI)
    - Análisis de problemas (AP)
    - Diseño (DI)
    - Herramientas de ingeniería (HI)
    - Trabajo individual y en equipo (TE)
    - Aprendizaje continuo (AC)
  - Seguridad de la información
    - Conocimiento de ingeniería (CI)
    - Herramientas de Ingeniería (HI)
    - Ingeniería y sociedad (IS)
    - Ética y Equidad (EE)
    - Aprendizaje continuo (AC)
- Estudios fundamentales
  - Administración de recursos computacionales y redes de computadores
    - Conocimiento de ingeniería (CI)
    - Análisis de problemas (AP)
    - Diseño (DI)
    - Herramientas de Ingeniería (HI)
    - Ingeniería y sociedad (IS)
    - Aprendizaje continuo (AC)
  - Arquitectura de computadores
    - Conocimiento de ingeniería (CI)
    - Análisis de problemas (AP)
    - Diseño (DI)
    - Ingeniería y sociedad (IS)
    - Ambiente y sostenibilidad (AS)
    - Ética y Equidad (EE)

- 
- Sistemas empotrados
    - Conocimiento de ingeniería (CI)
    - Análisis de problemas (AP)
    - Diseño (DI)
    - Herramientas de Ingeniería (HI)
    - Ingeniería y sociedad (IS)
    - Ética y Equidad (EE)
  - Ingeniería de sistemas y gestión de proyectos
    - Conocimiento de ingeniería (CI)
    - Análisis de problemas (AP)
    - Diseño (DI)
    - Ingeniería y sociedad (IS)
    - Ambiente y sostenibilidad (AS)
    - Ética y Equidad (EE)
    - Administración de proyectos y finanzas (AF)

➤ Estudios complementarios

- Humanidades y comunicación
  - Trabajo individual y en equipo (TE)
  - Conocimiento de Ingeniería (CI)
  - Habilidades de comunicación (HC)
  - Ingeniería y sociedad (IS)
  - Aprendizaje continuo (AC)
  - Investigación (IN)
- Idiomas
  - Trabajo individual y en equipo (TE)
  - Habilidades de comunicación (HC)
  - Ética y Equidad (EE)
- Seguridad y salud ocupacional
  - Análisis de problemas (AP)
  - Habilidades de comunicación (HC)
  - Herramientas de Ingeniería (HI)
  - Ingeniería y sociedad (IS)
- Ingeniería económica
  - Análisis de problemas (AP)
  - Herramientas de Ingeniería (HI)
  - Ingeniería y sociedad (IS)
  - Habilidades de comunicación (HC)

➤ Ciencias Exactas

- Física y Química

- 
- Conocimiento de ingeniería (CI)
  - Aprendizaje continuo (AC)
  - Trabajo Individual y en Equipo (TE)
  - Habilidades de Comunicación (HC)
  - Ingeniería y Sociedad (IS)
  - Matemática
    - Conocimiento de ingeniería (CI)
    - Trabajo individual y en equipo (TE)
    - Aprendizaje continuo (AC)

## Matriz resultados de aprendizaje y cursos de la malla curricular

### ➤ Electrónica/ Eléctrica o señales y circuitos

- Circuitos y señales
  - EL2113 Circuitos Eléctricos En Corriente Continua
  - CE2201 Laboratorio De Circuitos Eléctricos
  - EL2114 Circuitos Eléctricos En Corriente Alterna
  - EL2207 Elementos Activos
  - EL2206 Laboratorio De Elementos Activos
  - EL3212 Circuitos Discretos
  - EL3307 Diseño Lógico
  - CE3201 Taller De Diseño Digital
  - EL3213 Circuitos Integrados Lineales
  - CE4202 Taller De Diseño Analógico
  - EL4703 Señales Y Sistemas
  - CE5502 ELECTIVA CE 3 Procesamiento Digital de Imágenes

### ➤ Ciencias de la computación

- Desarrollo de algoritmos de computación
  - CE1101 Introducción A La Programación
  - CE1102 Taller De Programación
  - CE1103 Algoritmos Y Estructuras De Datos I
  - CE2103 Algoritmos Y Estructuras De Datos II
  - CE3104 LENGUAJES, COMPILADORES E INTERPRETES
  - CE3101 Bases De Datos
  - CE5501 Electiva CE 2 SOA
  - CE5502 Electiva CE 3 Procesamiento Digital de Imágenes

### ➤ Seguridad de la información

- Ninguna

### ➤ Estudios fundamentales

- 
- Administración de recursos computacionales y redes de computadores
    - CE4303 Principios De Sistemas Operativos
    - CE5301 Redes De Computadores
  - Arquitectura de computadores
    - CE3201 Taller de Diseño Digital
    - EL3310 Diseño De Sistemas Digitales
    - CE4301 Arquitectura de Computadores I
    - CE4302 Arquitectura de Computadores II
  - Sistemas empotrados
    - CE4501 Electiva CE 1 Sistemas Empotrados
  - Ingeniería de sistemas y gestión de proyectos
    - CE4101 Especificación y Diseño de Software
    - CE5302 Proyecto de Diseño de Ingeniería En Computadores
    - CE5401 Formulación y Administración de Proyectos
    - CE5600 Trabajo Final De Graduación

➤ Estudios complementarios

- Humanidades y comunicación
  - CS1502 Intr. Tec. Ciencia y Tecnología
  - CI1403 Comunicación Técnica
  - FH1000 Centros de Formación Humanística
  - CS2101 Ambiente Humano
  - CS3401 Seminario de Estudios Filosóficos Históricos
  - CS4402 Seminario De Estudios Costarricenses
- Idiomas
  - CI3203 Ingles Especializado para Ingeniería en Computadores
- Seguridad y salud ocupacional
  - QU1102 Laboratorio de Química Básica I
  - QU1104 Laboratorio de Química Básica II
  - CE2201 Laboratorio de Circuitos Eléctricos
- Ingeniería económica
  - AE4208 Desarrollo de Emprendedores

➤ Ciencias Exactas

- Física
  - FI1101 Física General I
  - FI1201 Laboratorio Física General I
  - FI1102 Física General II
  - FI1202 Laboratorio Física General II
  - FI2103 Física General III
  - FI2104 Física General IV

---

- Matemática

- MA1102 Calculo Diferencial e Integral
- MA1403 Matemática Discreta
- MA1103 Calculo y Algebra Lineal
- MA2104 Calculo Superior
- MA2105 Ecuaciones Diferenciales
- CE3102 Análisis Numérico para Ingeniería
- EL4702 Probabilidad y Estadística
- EL4703 Señales y Sistemas

- Química

- QU1102 Laboratorio de Química Básica I
- QU1106 Química Básica I
- QU1104 Laboratorio de Química Básica II
- QU1107 Química Básica II

---

## 8 Elementos operativos del programa

La actualización del plan de estudios es resultado de talleres realizados con profesores, graduados, empleadores y estudiantes actuales. En estos talleres se fomentó la participación e interacción entre los asistentes para llegar a un consenso sobre la composición que debe tener la malla curricular del Programa para que se ajuste a las circunstancias del entorno empresarial y las tendencias de investigación actuales.

### 8.1. Plan de Estudios

El plan de estudios de la carrera de Licenciatura en Ingeniería en Computadores cuenta con un total de 56 cursos y 171 créditos distribuidos en 10 semestres.

Al final del periodo de estudios se entregará al estudiante un diploma, cuyo título indica que es un Ingeniero en Computadores, con grado académico de Licenciatura. El Diploma será firmado por el Rector del TEC, y el Coordinador del Área Académica Ingeniería en Computadores.

En la **Error! Reference source not found.** y Figura se presentan la lista de cursos con sus nombres, posibles códigos, requisitos, co-requisitos, número de créditos, número de horas presenciales y número de horas de trabajo individual o grupal.

Semestre I						
Codigo	Curso	Requisito	CoReq.	Creditos	Hora	Hora-Clase
CE1101	Introducción a la Programación			3	4	5
CE1102	Fundamentos de Sistemas Computacionales	CE1101		3	4	5
MA1403	Matemática Discreta			4	4	8
MA1102	Cálculo diferencial e integral	MA0101		4	5	7
SE1100	Actividad Cultural I			0	2	0
SE1200	Actividad Deportiva I			0	2	0
QU1106	Química Básica I	QU1102		3	4	5
QU1102	Laboratorio de Química Básica I	QU1106		1	2	1
				18	27	31

Semestre II						
Codigo	Curso	Requisito	CoReq.	Creditos	Hora	Hora-Clase
CI1403	Comunicación Técnica	CS1502		2	4	2
CE1103	Algoritmos y Estructuras de Datos I	CE1101, CE1102, MA1403		4	4	8
MA1103	Cálculo y Álgebra Lineal	MA1102		4	4	8
FI1101	Física General I	MA1102		3	4	5
FI1201	Laboratorio de Física General I	FI1101		1	2	1
SE1400	Actividad Cultural o Deportiva			0	2	0
CExx	Principios de Modelado en Ingeniería	CE1102		3	4	5
CS1502	Introducción a la Ciencia, Técnica y Tecnología			1	2	1
				18	26	30

Semestre III						
Codigo	Curso	Requisito	CoReq.	Creditos	Hora	Hora-Clase
CS2101	Ambiente Humano	CI1403		2	3	3
CE2103	Algoritmos y Estructuras de Datos II	CE1103, CExx		4	4	8
EL2113	Circuitos Eléctricos en Corriente Continua	FI1101, MA1102		4	4	8
MA2104	Cálculo Superior	MA1103		4	4	8
FI1102	Física General II	FI1101	MA1102	3	4	5
FI1202	Laboratorio Física General II	FI1201	FI1102	1	2	1
FH1000	Centros de Formación Humanística			0	2	0
				18	23	33

Semestre IV						
Codigo	Curso	Requisito	CoReq.	Creditos	Hora	Hora-Clase
EL2114	Circuitos Eléctricos en Corriente Alterna	EL2113	EL2207	4	4	8
CE2201	Laboratorio de Circuitos Eléctricos	FI1202		1	2	1
EL2207	Elementos Activos	EL2113		4	4	8
PI2609	Probabilidad y Estadística	MA2104		3	4	5
CExx	Paradigmas de Programación	CE2103		3	4	5
CExx	Salud Ocupacional	FI1102		3	4	5
				18	22	32

Semestre V						
Codigo	Curso	Requisito	CoReq.	Creditos	Hora	Hora-Clase
CE3101	Bases de Datos	CExx		4	4	8
CE3201	Taller de Diseño Digital	CE2201	CExx	2	4	2
MA2105	Ecuaciones Diferenciales	MA1103		4	4	8
CExx	Fundamentos de Arquitectura	EL2207		4	4	8
PI5516	Ingeniería Económica	PI2609		3	4	5
				17	20	31

Figura 12 Primeros cinco semestres del plan de estudio

Semestre VI						
Codigo	Curso	Requisito	CoReq.	Creditos	Hora	Hora-Clase
CExx	Compiladores e Intérpretes	CExx	CE4301	4	4	8
CExx	Circuitos Analógicos	EL2207, SO4604		4	4	8
CE4301	Arquitectura de Computadores I	CE3201, CExx		4	4	8
CI3203	Inglés Especializado para CE			2	6	0
CExx	Análisis de Señales Mixtas	EL2114, MA2105		4	4	8
				18	22	32

Semestre VII						
Codigo	Curso	Requisito	CoReq.	Creditos	Hora	Hora-Clase
CE4101	Diseño y Calidad de Productos Tecnológicos	CE3101, PI5516, CE4301		4	4	8
CE4303	Principio de Sistemas Operativos	CExx		4	4	8
CE3102	Análisis Numérico para la Ingeniería	MA2105		3	4	5
CE4302	Arquitectura de Computadores II	CE4301	CE4303	4	4	8
CE4202	Taller de Señales Mixtas	CExx, CExx		3	4	5
				18	20	34

Semestre VIII						
Codigo	Curso	Requisito	CoReq.	Creditos	Hora	Hora-Clase
CS3404	Seminario de Ética para la Ingeniería	CS2101		2	3	3
CExx	Sistemas Empotrados	CE4303		3	4	5
CE5301	Redes de Computadores	CE4303, CE4101		4	4	8
CE4501	Electiva CE1	CE4302, CI3203		3	4	5
AE4208	Desarrollo de Emprendedores	CS2101		4	4	8
				16	19	29

Semestre IX						
Codigo	Curso	Requisito	CoReq.	Creditos	Hora	Hora-Clase
CS4402	Seminario de Estudios Costarricenses	CS3401		2	3	3
CE5401	Formulación y Gestión de Proyectos	CE5301	CES302	3	4	5
CE5302	Proyecto de Aplicación de la Ingeniería en Computadores	CExx, AE4208, CE4202		4	4	8
CExx	Seguridad de la Información	CE5301		3	4	5
CE5501	Electiva CE 2	CE4501		3	4	5
CE5502	Electiva CE 3	CE4501		3	4	5
				18	23	31

Semestre X						
Codigo	Curso	Requisito	CoReq.	Creditos	Hora	Hora-Clase
CE5600	Trabajo Final de Graduación	CExx, CE5401, CE5302, CE5501, CE5502, CE3102, CS4402		12	36	0
				12	36	0

Total 171 238 283

Total Cursos	Total Creditos	Total Horas	Total Horas Extra
56	171	238	283

Figura 13 Últimos cinco semestres del plan de estudio

A continuación se presenta el diagrama de la malla curricular.

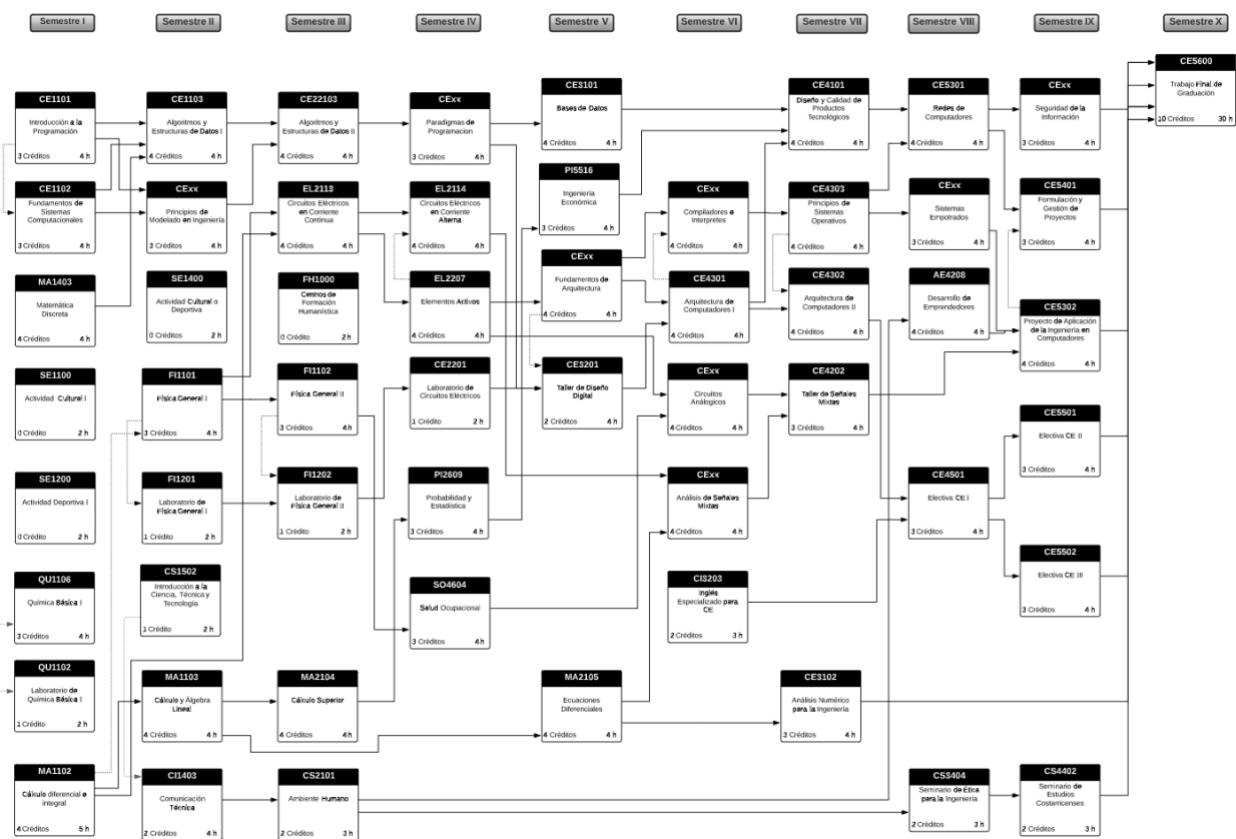


Figura 13 Malla Curricular 2100

## 8.2. Cambios Implementados

A continuación, se detalla cada uno de los cambios realizados, con su respectiva justificación, sobre el plan original (Plan 2100), producto del análisis interno y externo que se llevó a cabo durante todo el proceso de revisión curricular.

Código Curso	Descripción	Cambio	Creditos	Horas
<b>Transformación y/o eliminación de Cursos</b>				
No se alinean totalmente con el Perfil Académico Profesional				
QU1107	<b>Química Básica II</b>	Conversión en Electiva	3	4
QUI1104	<b>Laboratorio de Química Básica II</b>	Eliminado	1	2
FI2103	<b>Física General III</b>	Conversión en Electiva	3	4
FI2104	<b>Física General IV</b>	Conversión en Electiva	3	4
EL3307	<b>Diseño Lógico</b>	Absorbido por MA1403 Matemática Discreta, Fundamentos de Sistemas Computacionales, Fundamentos de Arquitectura de Computadores	4	4
EL4703	<b>Señales y Sistemas</b>	Absorbido por Análisis de Señales Mixtas, Taller de Señales Mixtas y Sistemas Empotrados	4	4
Curso eliminado para ofertarlo de forma Separada				
CE3104	<b>Lenguajes, Compiladores, Intérpretes</b>	Se convierte en 2 Cursos	4	4
Por re-distribución y coherencia de temas y contenidos				
EL3212	<b>Circuitos Discretos</b>	Integrado en Circuitos Analógicos	4	4
EL2206	<b>Laboratorio de Elementos Activos</b>	Absorbido Taller de Señales Mixtas	1	2
EL3213	<b>Circuitos Integrados Lineales</b>	Integrado en Circuitos Analógicos	4	4
EL3310	<b>Diseño de Sistemas Digitales</b>	Absorbido por Fundamentos de Arquitectura de Computadores, Taller de Diseño Digital y Arquitectura de Computadores	4	4
CE4202	<b>Taller de Diseño Analógico</b>	Absorbido por Taller de Señales Mixtas	2	4
<b>Total Transformados y/o Eliminados</b>				<b>37 44</b>

Fig 10 Cursos propuestos a eliminar en la Revisión Curricular

Código Curso	Descripción	Creditos	Horas	Justificación
<b>Cursos Nuevos</b>				
CE-xx	<b>Paradigmas de Programación</b>	3	4	La creación de nuevos cursos se realizó basado en los siguientes factores: - Adecuación de la malla curricular según el proceso de acreditación y los requerimientos que toda carrera debe tener dentro del ITCR bajo el compromiso de mejora: <i>Ingeniería Económica, Salud Ocupacional</i> . - División del curso "Lenguajes, Compiladores e Intérpretes" en <i>Paradigmas de Programación y Compiladores e Intérpretes</i> - Análisis de lo solicitado por IEEE/ACM para las carreras de computadores conjuntamente con lo requerido según nuestra realidad local: <i>Principios de Modelado en Ingeniería, Seguridad de la Información, Fundamentos de Arquitectura</i> . - Curso electiva que luego de un análisis se concluyó su necesidad de pertenecer permanentemente en la malla curricular: <i>Sistemas Empotrados</i> - Luego de un análisis del temario de varios cursos, se acordó en la creación de: <i>Taller de Señal Mixta, Circuitos de Arquitectura</i> .
CE-xx	<b>Compiladores e Intérpretes</b>	4	4	
CE-xx	<b>Principios de Modelado en Ingeniería</b>	3	4	
PI-5516	<b>Ingeniería Económica</b>	3	4	
CE-xx	<b>Sistemas Empotrados</b>	3	4	
SO-4604	<b>Salud Ocupacional</b>	2	4	
CE-xx	<b>Taller de Señales Mixtas</b>	3	4	
CE-xx	<b>Seguridad de la Información</b>	3	4	
CE-xx	<b>Fundamentos de Arquitectura</b>	4	4	
CE-xx	<b>Análisis de Señales Mixtas</b>	4	4	
EL-xx	<b>Circuitos Analógicos</b>	4	4	
		<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>44</b>

Fig 11 Cursos nuevos propuestos en la Revisión Curricular

Código Curso	Descripción	Semestre Malla Anterior	Semestre Malla Propuesta	Justificación
<b>Cambio de ubicación semestral en la Malla</b>				
CI3203	Inglés Especializado para CE	V	VI	
PI2609	Probabilidad y Estadística	VII	IV	
CE4301	Arquitectura de Computadores I	VII	VI	
CE4302	Arquitectura de Computadores II	VIII	VII	
CE5301	Redes de Computadores	IX	VIII	
CS4402	Seminario de Estudios Costarricenses	X	IX	
FH1000	Centros de Formación Humanística	II	III	
CE3101	Bases de Datos	VI	V	
CE3201	Taller de Diseño Digital	VI	V	
CE3102	Análisis Numérico para la Ingeniería	VI	VII	
CS1502	Introducción a la Ciencia, Técnica y Tecnología	I	II	
MA2105	Ecuaciones Diferenciales	IV	V	
CE4303	Principio de Sistemas Operativos	VIII	VII	

Fig 12 Propuesta de reubicación de cursos

Código Curso	Descripción	Cambio	Justificación
<b>Modificación de Créditos</b>			
CE1102	Taller de Programación	Aumento Crédito - De 2 créditos pasa a 3 créditos	
CE5600	Trabajo Final de Graduación	Aumento Crédito - De 10 créditos pasa a 12 créditos	
CE3102	Ánalisis Numérico para la ingeniería	Disminuye Crédito - De 4 créditos a 3 créditos	
CE4501	Electiva CE 1	Disminuye Crédito - De 4 créditos a 3 créditos	
CE5501	Electiva CE 2	Disminuye Crédito - De 4 créditos a 3 créditos	
CE5502	Electiva CE 3	Disminuye Crédito - De 4 créditos a 3 créditos	Luego de un profundo análisis, se optó por el cambio en cantidad de créditos por las siguientes razones: - Para estandarizar con la mayoría de las carreras del ITCR se disminuyen los créditos de las electivas - El "Trabajo Final de Graduación" se revalora para que el estudiante se vea beneficiado en su trabajo final - Se aumenta un crédito en el Taller de Programación como proporción por la complejidad y el valor agregado generado de este curso.
<b>Cambio de nombre de Cursos</b>			
CE4101	Diseño y Calidad en Productos Tecnológicos	Cambiar el nombre de "Especificación y Diseño de Software" a "Diseño y Calidad en Productos Tecnológicos"	
CE5401	Formulación y Gestión de Proyectos	Se cambia el nombre de "Formulación y Administración de Proyectos" a "Formulación y Gestión de Proyectos"	
CE5302	Proyecto de aplicación de la Ingeniería en Computadores	Se cambia el nombre del curso "Proyecto de Diseño de Ingeniería en Computadores" a "Proyecto de aplicación de la Ingeniería en Computadores"	Luego de un análisis exhaustivo, se ha decidido renombrar algunos cursos con el objetivo de que su nombre sea más significativo dentro del contexto de los temas que se imparten en dicho curso, así como actualizarlos a los significados más modernos y vigentes en el mercado actual.
CE1102	Fundamentos de Sistemas Computacionales	Se cambia el nombre del Curso "Taller de Programación" a "Fundamentos de Sistemas Computacionales"	
<b>Cambio de Curso</b>			
EL-4702	Probabilidad y Estadística	El contenido programático de este curso se estará cubriendo en el curso PI2610 Probabilidad y Estadística, cuyo enfoque favorece al perfil profesional de Ingeniería en Computadores, pues promueve un énfasis práctico de diversas industrias sobre el uso de estos conceptos. Esto promueve la multidisciplinariedad de Ingeniería en Computadores con otras carreras	

Fig 13 Propuesta de otros cambios

A continuación se detalle por cada semestre de la malla curricular 2010 y por cada uno de los cursos definidos en dicha malla, la justificación del cambio a realizar, y el porcentaje de cambio en los cursos que se mantienen.

Código	Semestre I	Créditos	Horas	Descripción del Cambio	% de Impacto cosas nuevas	Observaciones
CS1502	Introducción a la Ciencia, Técnica y Tecnología	1	2			
CE1101	Introducción a la Programación	3	4			
CE1102	Fundamentos en Sistemas Computacionales	2	4			
MA1403	Matemática Discreta	4	4			
MA1102	Cálculo Diferencial e Integral	4	5			
QU1106	Química Básica I	3	4			
QU1102	Laboratorio de Química Básica I	1	2			
SE1101	Actividad Cultural I	0	2			
SE1201	Actividad Deportiva I	0	2			
		18	29			
Código	Semestre II	Créditos	Horas	Descripción del Cambio	% de Impacto cosas nuevas	Observaciones
CI1403	Comunicación Técnica	2	4			
CE1103	Algoritmos y Estructuras de Datos I	4	4			
MA1103	Cálculo y Álgebra Lineal	4	4			
FI1101	Física General I	3	4			
FI1201	Laboratorio de Física General I	1	2			
QU1107	Química Básica II	3	4			
QUI1104	Laboratorio de Química Básica II	1	2			
FH1000	Centros de Formación Humanística	0	2			
SE1400	Actividad Cultural-Deportiva	0	2			
XX	Principios de Modelado en Ingeniería	3	4			
		18	28			
Código	Semestre III	Créditos	Horas	Descripción del Cambio	% de Impacto cosas nuevas	Observaciones
CS2101	Ambiente Humano	2	3			
CE2103	Algoritmos y Estructuras de Datos II	4	4			
EL2113	Circuitos Eléctricos en Corriente Continua	4	4			
MA2104	Cálculo Superior	4	4			
FI1102	Física General II	3	4			
FI1202	Laboratorio de Física General II	1	2			
		18	21			
Código	Semestre IV	Créditos	Horas	Descripción del Cambio	% de Impacto cosas nuevas	Observaciones
EL2114	Circuitos Eléctricos en Corriente Alterna	4	4			
CE2201	Laboratorio de Circuitos Eléctricos	1	2			
EL2207	Elementos Activos	4	4			
FI2103	Física General III	3	4			
MA2105	Ecuaciones Diferenciales	4	4			
XX	Paradigmas de Programación	3	4			
XX	Salud Ocupacional	2	4			
		16	18			
Código	Semestre V	Créditos	Horas	Descripción del Cambio	% de Impacto cosas nuevas	Observaciones
CI3203	Inglés Especializado para CE	2	6	Se mueve al semestre VI		
CE3104	Lenguajes, Compiladores, Intérpretes	4	4	Eliminado		Se elimina con el fin de crear de forma independiente los cursos de "Paradigmas de Programación" y "Compiladores e Interpretes"
EL3212	Circuitos Discretos	4	4	Eliminado		Los temas específicos de Computadores se trasladan al curso de "Circuitos Analógicos"
EL2206	Laboratorio de Elementos Activos	1	2	Eliminado		Parte del contenido no contribuye significativamente para el perfil profesional de Computadores y se traslada otro contenido hacia al curso de "Señal Mixta"
EL3307	Diseño Lógico	4	4	Eliminado		Los temas específicos de Computadores son tratados por los cursos de "Matemática Discreta" y trasladados a "Fundamentos de Arquitectura"
FI2104	Física General IV	3	4	Eliminado		No genera valor agregado al Perfil profesional de Computadores
PI5516	Ingeniería Económica	3	4	Nuevo Curso	100%	Se requiere contenido dirigido hacia Matemática Financiera
XX	Fundamentos de Arquitectura	4	4	Nuevo Curso	25%	Se centralizan temas provenientes de "Diseño de Circuitos Digitales", y de "Arquitectura I" y se incluyen nuevos temas
		18	24			

Código	Semestre VI	Créditos	Hora	Descripción del Cambio	% de Impacto cosas nuevas	Observaciones
CE3101	Bases de Datos	4	4	Se mueve al semestre V		
EL3213	Circuitos Integrados Lineales	4	4	Eliminado		Los contenidos temáticos específicos de Computadores son trasladados a Circuitos Analógicos
EL3310	Diseño de Sistemas Digitales	4	4	Eliminado		Los contenidos temáticos específicos de Computadores son trasladados a Fundamentos de Arquitectura
CE3201	Taller de Diseño Digital	2	4	Se mueve al semestre V		
CE3102	Análisis Numérico para la Ingeniería	4	4	Se mueve al semestre VII		
XX	Compiladores e Intérpretes	4	4	Nuevo Curso	50%	Se requiere el 50% adicional del curso de Compiladores por tanto se separa el curso "Lenguajes, Compiladores e Interpretes"
XX	Circuitos Analógicos	4	4	Nuevo Curso	10%	El 90% del curso se hereda de Circuitos Discretos y Circuitos Lineales
XX	Ánalisis de Señal Mixta	4	4	Nuevo Curso		Es un curso adaptado al perfil de Computadores y se convierte en Teórico-Práctico
		18	20			
Código	Semestre VII	Créditos	Hora	Descripción del Cambio	% de Impacto cosas nuevas	Observaciones
CE4101	Especificación y Diseño de Software	4	4	Se cambia el nombre por "Diseño y Calidad en Productos Tecnológicos", se eliminaron temas y se profundizan en otros	15%	
CE4301	Arquitectura de Computadores I	4	4	Se mueve al semestre VI, se profundizan en temas, se mueve temas a otro curso	10%	
CE4202	Taller de Diseño Analógico	2	4	Eliminado		Los temas son absorbidos por Taller de Señal Mixta
EL4701	Modelos de Sistemas	4	4	Eliminado		No contribuye significativamente al perfil profesional deseado en Computadores
XX	Probabilidad y Estadística	3	4	Se reestructura todo el contenido (cambio de escuela) y se mueve al semestre V	70%	
CE4202	Taller de Señal Mixta	3	4	Nuevo Curso	20%	El 80% se hereda del curso Taller de Diseño Analógico
		17	20			
Código	Semestre VIII	Créditos	Hora	Descripción del Cambio	% de Impacto cosas nuevas	Observaciones
CS3401	Seminario de Estudios Filosóficos e Históricos	2	3			
CE4303	Principio de Sistemas Operativos	4	4	Se mueve al semestre VII, se introduce un tema y se generaliza en otros	15%	
CE4302	Arquitectura de Computadores II	4	4	Se mueve al semestre VII		
CE4501	Electiva CE 1	4	4	Se disminuye 1 crédito		
AE4208	Desarrollo de Emprendedores	4	4			
XX	Sistemas Empotrados	3	4	Curso Nuevo	0%	Curso pasa de electiva a curso obligatorio
		18	19			
Código	Semestre IX	Créditos	Hora	Descripción del Cambio	% de Impacto cosas nuevas	Observaciones
CE5301	Redes de Computadores	4	4	Se mueve al semestre VIII, se cambia metodología de evaluación	10%	
CE5401	Formulación y Administración de Proyectos	3	4	Se actualiza el nombre por "Formulación y Gestión de Proyectos"		
CE5302	Proyecto de Diseño de Ingeniería en Computadores	3	4	Se cambia el nombre a "Proyecto de Aplicación de la Ingeniería en Computadores". Se formaliza cambios en el contenido del curso.		
CE5501	Electiva CE 2	4	4	Se disminuye 1 crédito		
CE5502	Electiva CE 3	4	4			
XX	Seguridad de la Información	3	4	Nuevo Curso	100%	Se introduce por ausencia del temario en la malla actual
		18	20			
Código	Semestre X	Créditos	Hora	Descripción del Cambio	% de Impacto cosas nuevas	Observaciones
CS4402	Seminario de Estudios Costarricenses	2	3	Se mueve al semestre IX		
CE5600	Trabajo Final de Graduación	10	20	Se aumenta 2 créditos		
		12	23			

Fig 14 Justificación cambios detallada

## 8.3. Trabajo Final de Graduación

En el décimo semestre se realiza el Trabajo Final de Graduación, siendo este la culminación del proceso de aprendizaje de los estudiantes de la Licenciatura en Ingeniería en Computadores, reflejará la calidad, formación integral, conocimientos adquiridos y formalidad por lo que los graduados de esta carrera se distinguirán en el ámbito nacional e internacional.

En concordancia con lo establecido por el “Reglamento de Trabajos Finales de Graduación del Instituto Tecnológico de Costa Rica”, el cual define los macroobjetivos. En el caso específico de Ingeniería en Computadores, el objetivo general del Trabajo Final de Graduación (TFG):

“Desarrollar un proyecto de innovación o mejoramiento tecnológico en un ambiente laboral similar al que el estudiante de la carrera se enfrentará en su ejercicio profesional, de tal manera que como resultado se obtenga un aporte innovador por parte del estudiante a las organizaciones”.

El estudiante de Licenciatura en Ingeniería en Computadores, podrá matricular el curso de Trabajo Final de Graduación una vez que cumpla con los requisitos académicos establecidos en el respectivo plan de estudios y contar con la aprobación formal de su anteproyecto de graduación.

En casos excepcionales se podrá solicitar la matrícula el curso de TFG sin que cumpla con los requisitos establecidos, lo cual será sujeto a la aprobación Consejo de Área.

Se anexa al presente documento llamado “Lineamientos para los Trabajos Finales de Graduación” de Ingeniería en Computadores, Curso CE-5600  
V3.4

---

## 8.4. Matemática General

Para ingresar a la carrera Ingeniería en Computadores se asume dominio de la matemática de secundaria, para comprobar el nivel debe realizarse un examen de dominio de esta materia. En caso de no aprobar dicho examen, la persona interesada deberá matricular el curso MA-0101 antes de iniciar la línea que parte del curso Cálculo Diferencial e Integral (MA-1102). Nótese que el plan de estudios está diseñado para no atrasar al estudiante en caso de que él requiera dicho curso, el cual, no se considera como curso regular del plan.

Convenios del ITCR con otras instituciones mantienen su validez, de modo que estudiantes egresados de Colegios Científicos, o aquellos que hayan realizado el examen del curso MA-125 Matemática Elemental de la UCR podrán ingresar directamente al curso MA-1102.

## 8.5. Inglés

La persona egresada de la carrera Ingeniería en Computadores debe dominar el idioma inglés. La primera razón para ello es que la literatura técnica en gran cantidad de casos se encuentra disponible ampliamente en este idioma. La segunda razón es que el mercado laboral para los egresados de la carrera propuesta exige el dominio oral y escrito de dicho idioma. El carácter internacional del trabajo disponible obliga frecuentemente al egresado a participar en grupos de trabajo multiculturales, con los cuales debe interactuar.

La inclusión de un curso en el plan de estudios no es suficiente para alcanzar el dominio del idioma requerido. Por esta razón, de forma paralela a la malla curricular, el estudiante debe cumplir una serie de cursos cuyo objetivo es desarrollar destrezas orales y escritas del idioma. Un examen de ubicación permitirá medir el nivel de dominio.

El requisito de graduación será obtener un nivel B2 según el Marco Común Europeo para Referencias de Idiomas.

## 8.6. Ingreso y admisión

En cuanto a políticas, criterios y procedimientos de ingreso a la carrera para estudiantes provenientes de otras instituciones, aplican los siguientes lineamientos institucionales:

- Para ser candidato(a) a eximirse de realizar el examen de admisión, por tanto para ingresar a la Institución, se necesita haber aprobado un mínimo de tres asignaturas en otra Institución de Educación Superior Universitaria reconocida.

- 
- El puntaje que regirá para la admisión será el promedio ponderado de las calificaciones presentadas.
  - Que el (la) estudiante sea admitido(a) no implica que le sean reconocidas las materias aprobadas en otro centro de educación, por lo tanto deberá tramitar el reconocimiento de las materias de acuerdo con los procedimientos que establece la Institución en su “Reglamento de Reconocimiento de Créditos y Títulos Profesionales”.
  - El número de admisiones por exención será de por lo menos el cinco por ciento (5%) del total de estudiantes nuevos(as) a admitir en cada carrera. Correspondrá al Área Académica señalar el número máximo de estudiantes admitidos(as) por exención.

El Convenio de Articulación y Cooperación de la Educación Superior Estatal de Costa Rica se establece entre la Comisión Nacional de Rectores (Conare) y las universidades estatales con los colegios universitarios, la Escuela Centroamericana de Agricultura y Ganadería y el Centro de Investigación y Perfeccionamiento para la Educación Técnica. Tiene el fin de brindar a los graduados de estas instituciones la oportunidad de continuar sus estudios universitarios en el país.

Al existir el convenio de articulación, los graduados que deseen ingresar a la universidad no deben realizar la prueba de admisión.

Es importante destacar que los cupos disponibles por carrera son definidos por la Vicerrectoría de Docencia.

El Acuerdo sobre Articulación Académica acordado por el Consejo de Articulación de la Educación Superior Estatal de Costa Rica el 13 de noviembre del 2000, según el Reglamento de Admisión del Instituto Tecnológico de Costa Rica y sus reformas establece:

Con respecto a las exenciones, la institución cuenta con la siguiente normativa especificada en el capítulo 8.

### **Artículo 23**

Será candidato(a) a eximirse de realizar el examen de admisión, aquel (lla) aspirante a ingresar, que haya aprobado un mínimo de tres asignaturas en otra Institución de Educación Superior Universitaria reconocida, y que presente constancia por escrito, al Departamento de Admisión y Registro, en el período establecido en el Calendario Académico. (Modificado por el Consejo Institucional en S/1349/19, celebrada el 26 de junio, 86)

### **Artículo 24**

El puntaje que regirá para su admisión será el promedio ponderado de las calificaciones presentadas.

---

## **Artículo 25**

Que el (la) estudiante sea admitido(a) bajo estas condiciones no implica que le sean reconocidas las materias aprobadas en otro centro de educación, aspecto que deberá tramitar de acuerdo con los procedimientos que para tal efecto establece la Institución en su “Reglamento de Reconocimiento de Créditos y Títulos Profesionales”.

## **Artículo 26**

El número de admisiones por exención será de por lo menos el cinco por ciento (5%) del total de estudiantes nuevos(as) a admitir en cada carrera. Correspondrá al departamento señalar el número máximo de estudiantes admitidos(as) por exención. (Modificado por el Consejo Institucional en S/1349/19, celebrada el 26 de junio, 86)

Por otro lado, se cuenta con los siguientes lineamientos y normativas para el sistema de calificaciones.

- El sistema de calificaciones tiene una escala numérica de cero a cien en múltiplos de cinco, utilizando el sistema de redondeo convencional.
- El estudiante aprobará el curso con una nota mínima de 70.
- El estudiante cuya nota final sea igual o mayor a sesenta pero inferior a setenta, tendrá derecho a presentar un examen de reposición de esa asignatura.
- En cada uno de los cursos el profesor que lo imparte define de antemano el tipo, número y valor de los criterios de evaluación que se utilizarán.

El Reglamento del Régimen Enseñanza-aprendizaje del Instituto Tecnológico de Costa Rica y sus Reformas señala:

## **Artículo 61**

La naturaleza sistemática de la evaluación exigirá que en cada uno de los cursos el profesor que lo imparte defina de antemano el tipo, número y valor de los criterios de evaluación que se utilizarán. Asimismo, debe indicarse si el estudiante tiene posibilidad de eximirse de alguna evaluación, en tal caso, debe aparecer la nota promedio necesaria para ello.

## **Artículo 68**

Las calificaciones numéricas para la evaluación acumulativa se otorgarán haciendo uso de múltiplos de cinco en la escala de cero a cien, utilizando los sistemas de redondeo convencional.

## **Artículo 69**

La nota numérica mínima de aprobación será de setenta (70). Esta se obtendrá mediante un promedio ponderado de las calificaciones parciales, cuyo valor esté definido en el programa del curso comunicado al estudiante al iniciar el semestre o

---

en las modificaciones realizadas por mutuo acuerdo entre profesor y estudiantes que consten por escrito con las firmas de ambos.

### **Artículo 78**

El estudiante cuya nota final sea igual o mayor a sesenta pero inferior a setenta, tendrá derecho a presentar un examen de reposición de esa asignatura. Se exceptuarán los laboratorios, talleres, seminarios, cursos de casos y proyectos, así definidos por el Consejo de Departamento respectivo con anterioridad al inicio del curso. El estudiante aprobará la asignatura si en el examen de reposición obtiene una calificación mayor o igual a setenta en cuyo caso la nota final de la asignatura será igual a setenta. En caso contrario, su nota será la obtenida antes del examen de reposición.

Para la matrícula y permanencia en la carrera, la institución cuenta con las siguientes normas y lineamientos:

Es responsabilidad del estudiante realizar el proceso de matrícula cada ciclo lectivo. El estudiante podrá interrumpir sus estudios después de matriculado a través del procedimiento de retiro que permite durante las primeras seis semanas del semestre trasladar las asignaturas matriculadas a una condición de “no cursadas”. Luego de esas seis semanas el retiro de materias genera su reprobación y así consta en el informe de calificaciones. El estudiante en situaciones calificadas podrá solicitar la congelación de sus estudios en el ITCR. En ese caso una Comisión formada por un representante del Departamento de Orientación y Psicología, uno de Trabajo Social y Salud y uno de la Federación de Estudiantes dictaminará técnicamente la procedencia de la congelación. Si procede las materias matriculadas se considerarán temporalmente suspendidas. El reingreso después de haber suspendido estudios por un año o más implica que el estudiante debe cumplir con los requisitos que estipula el Reglamento de Admisión del ITCR. A estos efectos el Reglamento del Régimen Enseñanza-Aprendizaje del Instituto Tecnológico de Costa Rica y sus Reformas señala:

### **Artículo 14**

Los derechos de estudio se calcularán multiplicando el valor ordinario del crédito con los créditos matriculados por el estudiante, pero para calcular la suma que debe pagar el estudiante se restarán los montos otorgados como becas ordinarias, becas especiales, préstamos y exoneraciones que sean establecidas en otros reglamentos o normativas institucionales y en particular en las establecidas en el Reglamento de Becas y Préstamos Estudiantiles del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Incluido por el Consejo Institucional en Sesión No. 2164/10, celebrada el 23 de marzo, 2001. Gac. 114

### **Artículo 15**

Para todos los casos de retiros que se establecen en este Reglamento, la suma a pagar por los estudiantes que tengan becas, préstamos y exoneraciones definidas en el Reglamento de Becas y Préstamos Estudiantiles del Instituto Tecnológico de

---

Costa Rica, se calculará en función del veinte por ciento (20%) del valor ordinario del crédito.

Incluido por el Consejo Institucional en Sesión No. 2164/10, celebrada el 23 de marzo, 2001. Gac. 114

#### **Artículo 16**

El estudiante que así lo requiera podrá retirarse formalmente de la Institución mediante la presentación de una solicitud al Departamento de Admisión y Registro. Si el retiro se realiza durante las primeras seis semanas del curso, las asignaturas aparecerán en el informe de calificaciones con la abreviatura RT (retirado), académicamente se considerarán como no cursadas.

Si se retira después de seis semanas o si no se formaliza, las asignaturas se consignarán en el informe como reprobadas.

El estudiante deberá cancelar los créditos correspondientes a los cursos retirados, según las normas establecidas para el efecto en este Reglamento.

Así reformado por el Consejo Institucional, Sesión No. 2164/10, celebrada 23 de marzo, 2001. Gac. 114

#### **Artículo 17**

El estudiante que así lo requiera podrá realizar ante el Departamento de Admisión y Registro el trámite de congelamiento de estudios.

Una comisión, formada por un representante del Departamento de Orientación y Psicología, uno de Trabajo Social y Salud y uno de la Federación de Estudiantes dictaminará técnicamente, dentro de un plazo máximo de 10 días hábiles, la procedencia de dicha suspensión. Si la solicitud fuera considerada procedente, las asignaturas se consignarían en el informe como C (congeladas) y se considerarán como temporalmente suspendidas.

El estudiante deberá cancelar el veinte por ciento (20%) del valor ordinario de los créditos correspondientes a los cursos que tenía matriculados.

Así reformado por el Consejo Institucional, Sesión No. 2164/10, celebrada 23 de marzo, 2001. Gac. 114

#### **Artículo 18**

En caso de que el estudiante desee reincorporarse al Instituto, aún cuando no haya vencido el período de congelamiento, podrá hacer la solicitud de cancelación de congelamiento y reingreso, y hacer los trámites de matrícula para el semestre siguiente.

#### **Artículo 19**

El estudiante que desee reingresar después de haber suspendido sus estudios por un año o más, deberá hacer la solicitud ante el Departamento de Admisión y Registro en el período establecido para tal efecto en el Calendario Académico y cumplir con los requisitos que estipula al respecto el Reglamento de Admisión del ITCR.

---

## **Artículo 20**

El estudiante que haya sido separado de la Institución por un período determinado, no podrá aspirar al reingreso por ningún medio antes del vencimiento de dicho período.

Los requisitos para graduarse implican el cumplimiento del programa de estudios, no poseer compromisos y/o sanciones pendientes con la Institución y ejecutar el procedimiento correspondiente.

La graduación conlleva la entrega de un diploma al graduado como documento probatorio de que esa persona ha cumplido con los requisitos correspondientes a un plan de estudio. En este caso el título será Ingeniero en Computadores o Ingeniera en Computadores, con el grado académico de Licenciado o Licenciada, y así debe especificarse en el Diploma.

El Reglamento de Normas Generales de Graduación en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, establece:

## **Artículo 2**

“Diploma” es el documento probatorio de que una persona ha cumplido con los requisitos correspondientes a un plan de estudio extendido por una Institución de Educación Superior. En el diploma se especificará:

- a. El nombre de la institución
- b. El nombre del egresado
- c. El título y grado obtenido
- d. La fecha
- e. Las firmas del Rector y el director de la carrera a que pertenece el egresado
- f. El número de registro

## **Artículo 5**

Los requisitos indispensables para obtener el diploma del Instituto son los siguientes:

- a. Haber cumplido con el programa de estudios correspondientes a alguna de las carreras que se imparten en el Instituto.
- b. No estar cumpliendo con algún tipo de sanción académica, impuesta por alguna dependencia del Instituto.
- c. Solicitar la expedición de su diploma al Departamento de Admisión y Registro en las fechas establecidas para ese efecto y según el trámite que se le indique.
- d. No tener compromisos con la Institución.

(Se eliminó el inciso b, de este Artículo (Ver Gaceta. 27) y por consiguiente se corre la numeración, según Sesión No 1819/5 del 20 de abril de 1995. Gaceta. 69).

A este último respecto debe indicarse que es requisito de graduación la aprobación de tres “Centros de Formación Humanística” a lo largo de la carrera. Cada centro

---

durará cinco semanas, y tendrá una asignación horaria de dos horas semanales. Éstos centros no tienen una evaluación convencional ni créditos asignados.

## **Artículo 6**

Toda solicitud de expedición de diploma deberá hacerse en papel sellado del Instituto y venir acompañada de los siguientes documentos:

- a. Recibo extendido por el Departamento Financiero por concepto de “Derecho de Graduación”.
- b. Constancia del Departamento Financiero de que el solicitante está al día con sus deudas en la Institución.
- c. Constancia de la Biblioteca de que el solicitante no adeuda material prestado por esta dependencia.
- d. Constancia de Registro Judicial de Delincuentes.
- e. Boleta de empadronamiento de Graduado debidamente llena ante el Departamento de Admisión y Registro.
- f. Fotocopia de la cédula de identidad por ambos lados.

## **Artículo 7**

Cada diploma será registrado en el Libro de Actas de Graduación de la Institución mediante un código compuesto por: Las siglas de la carrera a que pertenece el graduado, el año de graduación y un número consecutivo de alumno dentro de los graduados de la misma carrera.

## 8.7 Plan de Transición

El Plan de Transición tiene como finalidad favorecer y asegurar la continuidad educativa del cuerpo estudiantil que cursa la carrera de Ingeniería en Computadores con anterioridad a la vigencia del Nuevo Plan de Estudios.

El Plan de Transición se organiza de la siguiente manera:

1. Los nuevos ingresos a partir del primer semestre del año lectivo 2022, accederán directamente al Nuevo Plan, al igual que aquellos estudiantes que no hubiesen aprobado ninguna materia del plan actualmente vigente, al final del segundo semestre del año lectivo 2021.
2. La implementación del nuevo Plan de Estudios se realizará en forma progresiva y se prevé para el primer semestre del año lectivo 2022.
3. **Comunicación e información con el cuerpo estudiantil:** A partir de su aprobación por parte del Consejo de Docencia del Instituto Tecnológico de Costa Rica y durante el resto del año académico se realizarán reuniones de comunicación e información de los aspectos más relevantes del Nuevo Plan. Así mismo, se dará a conocer las equivalencias entre ambos planes, se evacuarán dudas acerca del cambio de plan durante el siguiente año.
4. **Vigencia del “Plan de Estudios 2100”:** Se mantendrá vigente durante cinco (5) años, a contar desde la aprobación del Nuevo Plan.
5. Finalizado el periodo de vigencia del “Plan de Estudios 2100” el cuerpo estudiantil que no haya finalizado el plan de estudios en que se matriculó en ese tiempo, pasarán automáticamente al Nuevo Plan de Estudios.
6. **Solicitudes de cambio “Plan de Estudios 2100” al Nuevo Plan de Estudios:** se ha diseñado un Sistema de Equivalencias entre las asignaturas de ambos planes. La equivalencia consiste en determinar qué cursos o bloques de cursos aprobados, equivalen a un curso que forma parte del Nuevo Plan de Estudios. En el contexto del nuevo diseño curricular, existen cursos que mantienen su denominación, otras que han cambiado, y otras que son nuevas.
7. **Cuadro de Equivalencias.**
  - a. Se describe a continuación el Sistema de Equivalencias entre los cursos del “Plan de Estudios 2100” y las correspondientes del Nuevo Plan de Estudios.

Sem.	Curso Aprobado	Sem.	Cursos Convalidado
I	<i>Plan Anterior</i> CE1102 Taller de Programación	I	<i>Plan Nuevo</i> CE1102 Fundamentos en Sistemas Computacionales
II	<i>Plan Anterior</i> QU1107 Química Básica II	VIII	<i>Plan Nuevo</i> Electiva
VII	<i>Plan Anterior</i> CE4101 Especificación y Diseño de Software	II	<i>Plan Nuevo</i> Principios de Modelado en Ingeniería
II	<i>Plan Nuevo</i> Principios de Modelado en Ingeniería	VII	<i>Plan Anterior</i> CE4101 Especificación y Diseño de Software
IV	<i>Plan Anterior</i> FI2103 Física General III	VIII	<i>Plan Nuevo</i> Electiva
IV	<i>Plan Nuevo</i> Paradigmas de Programación	V	<i>Plan Anterior</i> CE3104 Lenguajes, Compiladores, Intérpretes
V	<i>Plan Anterior</i> CE3104 Lenguajes, Compiladores, Intérpretes	VI	<i>Plan Nuevo</i> Compiladores e Intérpretes
V	<i>Plan Anterior</i> EL3212 Circuitos Discretos	VIII	<i>Plan Nuevo</i> Electiva
V	<i>Plan Anterior</i> FI2104 Física General IV	VIII	<i>Plan Nuevo</i> Electiva
VII	<i>Plan Anterior</i> Probabilidad y Estadística	V	<i>Plan Nuevo</i> Probabilidad y Estadística
VI	<i>Plan Anterior</i> EL3213 Circuitos Integrados Lineales	VI	<i>Plan Nuevo</i> Circuitos Analógicos
VI	<i>Plan Anterior</i> EL3310 Diseño de Circuitos Digitales	V	<i>Plan Nuevo</i> Fundamentos de Arquitectura
VII	<i>Plan Anterior</i> EL4701 Modelos de Sistemas	VI	<i>Plan Nuevo</i> Análisis de Señales Mixtas
VII	<i>Plan Anterior</i> CE4101 Especificación y Diseño de Software	VII	<i>Plan Nuevo</i> Diseño y Calidad de Productos Tecnológicos
VII	<i>Plan Anterior</i> CE4202 Taller de Diseño Analógico	VII	<i>Plan Nuevo</i> Taller de Señal Mixta
VIII	<i>Plan Anterior</i> Electiva - Introducción a Sistemas Embebidos	VIII	<i>Plan Nuevo</i> Sistemas Empotrados
VIII	<i>Plan Anterior</i> CE4501 Electiva CE 1	VIII	<i>Plan Nuevo</i> Electiva CE 1
VIII	<i>Plan Anterior</i> Electivas	VIII	<i>Plan Nuevo</i> Electivas
IX	<i>Plan Anterior</i> CE5302 Proyecto de Diseño de Ingeniería en Computadores	IX	<i>Plan Nuevo</i> Proyecto de Aplicación de la Ingeniería en Computadores

- 
- b. Los cursos nuevos que deben tener uno o más cursos equivalentes en el plan de transición son:
- Paradigmas de Programación
  - Compiladores e Intérpretes
  - Principios de Modelado en Ingeniería
  - Ingeniería Económica
  - Sistemas Empotrados
  - Salud Ocupacional
  - Taller de Señales Mixtas
  - Seguridad de la Información
  - Fundamentos de Arquitectura
  - Análisis de Señales Mixtas
  - Circuitos Analógicos
- c. Para el cuerpo estudiantil que desee continuar con el “Plan de Estudios 2100”, pero quiera llevar algunos de los cursos nuevos del Nuevo Plan, se podrá permitir usar las electivas para tal caso, si es que aún no las ha cursado.
8. Comisión de Coordinación Académica del Plan de Estudios: Teniendo en consideración que los procesos de acreditación, gestión institucional, aseguramiento de la calidad educativa y de mejora continua, se encuentran totalmente vinculados, el Área Académica Ingeniería en Computadores trabajará para desarrollar las tareas de gestión y articulación necesarias, analizando cada caso que se presente, a fin de promover el cumplimiento efectivo de la transición del “Plan de Estudios 2100” al Plan de Estudios nuevo.

## 8.8 Lista de los Cursos

Se presenta a continuación, la lista de cursos ofrecidos en el nuevo plan de estudios. Por la cantidad de cursos y el volumen de información correspondiente a cada uno de ellos, se han agrupado los programas correspondientes en el anexo C. La siguiente tabla especifica el número de página en el anexo donde se encuentra cada programa de cada curso.

Código	Curso
CS1502	Introducción a la Ciencia, Técnica y Tecnología
CE1101	Introducción a la Programación
CE1102	Fundamentos en Sistemas Computacionales
MA1403	Matemática Discreta
MA1102	Cálculo diferencial e integral
QU1106	Química Básica I
SE1101	Actividad Cultural I
SE1201	Actividad Deportiva I
CI1403	Comunicación Técnica
CE1103	Algoritmos y Estructuras de Datos I
MA1103	Cálculo y Álgebra Lineal
FI1101	Física General I
FI1201	Laboratorio de Física General I
QU1102	Laboratorio de Química Básica I
SE1400	Actividad Cultural-Deportiva
CExx	Principios de Modelado en Ingeniería
CS2101	Ambiente Humano
CE2103	Algoritmos y Estructuras de Datos II
EL2113	Circuitos Eléctricos en Corriente Continua
MA2104	Cálculo Superior
FH1000	Centros de Formación Humanística
FI1202	Laboratorio de Física General II
FI1102	Física General II
EL2114	Circuitos Eléctricos en Corriente Alterna
CE2201	Laboratorio de Circuitos Eléctricos
EL2207	Elementos Activos
MA2105	Ecuaciones Diferenciales
CExx	Paradigmas de Programación
SO4604	Salud Ocupacional
CE3101	Bases de Datos
CE3201	Taller de Diseño Digital

PI5516	Ingeniería Económica
CExx	Fundamentos de Arquitectura
PI2610	Probabilidad y Estadística
CE4301	Arquitectura de Computadores I
CI3203	Inglés Especializado para CE
CExx	Compiladores e Intérpretes
CExx	Circuitos Analógicos
CExx	Análisis de Señales Mixtas
CEXXXX	Diseño y Calidad de Productos Tecnológicos
CE3102	Análisis Numérico para la Ingeniería
CE4303	Principio de Sistemas Operativos
CE4302	Arquitectura de Computadores II
CE4202	Taller de Señales Mixtas
CS3401	Seminario de Estudios Filosóficos e Históricos
CE5301	Redes de Computadores
CE4501	Electiva CE 1
AE4208	Desarrollo de Emprendedores
CExx	Sistemas Empotrados
CS4402	Seminario de Estudios Costarricenses
CE5401	Formulación y Gestión de Proyectos
CE5302	Proyecto de Aplicación de la Ingeniería en Computadores
CE5501	Electiva CE 2
CE5502	Electiva CE 3
CExx	Seguridad de la Información
CE5600	Trabajo Final de Graduación

---

## 9 Recursos del programa

Con respecto al Modelo de contratación docente, los concursos de antecedentes internos y externos, se rigen por normativa institucional y nacional, específicamente, por el Reglamento para Concursos de Antecedentes Internos y Externos del Personal del ITCR, Estatuto Orgánico del ITCR, Segunda Convención Colectiva de Trabajo y sus Reformas, el Manual Descriptivo de Clases de Puestos del ITCR, que contiene el perfil del puesto de Profesor, a partir del cual las dependencias solicitantes definen la formación académica, áreas de capacitación y experiencia que serán solicitadas para un determinado concurso.

Es importante indicar, que los procesos de selección, incluyen una serie de técnicas de selección, dentro de las cuales se destaca la Clase Muestra, que consiste en una prueba de simulación, que no se limita a una simple exposición o presentación magistral de un tema, sino que tiene como objetivo, simular una situación real dentro de un entorno de aula, laboratorio o auditorio, en el cual, la persona participante deberá presentar una clase ante un grupo de estudiantes y ante la Comisión de Selección de Personal, que tiene un rol de observadora y evaluadora. Para el desarrollo de la clase muestra, la persona participante previamente debe elaborar el planeamiento didáctico que respalda la clase a desarrollar. Esta técnica de selección se constituye en una prueba muy importante, que ha permitido establecer un mecanismo de selección en relación con las habilidades blandas que debe poseer toda persona que aspire a ejercer como docente en la Institución. Además, al complementarse con otras técnicas de selección, se logra garantizar el principio de idoneidad establecido en el artículo 192 de nuestra Constitución Política.

Con respecto al detalle de los docentes con plaza en propiedad o equivalente en el Área Académica Ingeniería en Computadores, se detalla la siguiente información:

**DEPARTAMENTO DE GESTIÓN DEL TALENTO HUMANO**  
**PROFESORES POR DEPARTAMENTO - CENTRO FUNCIONAL SEGÚN PLAZAS ASIGNADAS**  
**JUNIO 2021**

CEDULA	NOMBRE	PUESTO	CENTRO FUNCIONAL	CONTRATO	TIPO DE CONTRATO	PORCENTAJE
602490899	GONZALEZ TORRES ANTONIO	Profesor (a)	AREA LIC.ING.EN COMPUTADORES	En propiedad		
303140331	HERNANDEZ VASQUEZ MARCO	Profesor (a)	AREA LIC.ING.EN COMPUTADORES	En propiedad		
701500388	NOGUERA MENA LUIS DIEGO	Profesor (a)	AREA LIC.ING.EN COMPUTADORES	En propiedad		
304120477	RAMIREZ HERRERA JOSE ISAAC	Profesor (a)	AREA LIC.ING.EN COMPUTADORES	En propiedad		
303730849	RIVERA MENESSES MARCO	Profesor (a)	AREA LIC.ING.EN COMPUTADORES	En propiedad		
106220581	SOLANO CORDERO JENNIER	Profesor (a)	AREA LIC.ING.EN COMPUTADORES	En propiedad		
303980655	SOTO QUIROS JUAN PABLO	Profesor (a)	AREA LIC.ING.EN COMPUTADORES	En propiedad		
016161289	VILLEGAS LEMUS MILTON ENRIQUE	Profesor (a)	AREA LIC.ING.EN COMPUTADORES	En propiedad		
304750099	ARAYA MARTINEZ LEONARDO ANDRES	Profesor (a)	AREA LIC.ING.EN COMPUTADORES	Interino		
115620733	BARBOZA ARTAVIA LUIS ALONSO	Profesor (a)	AREA LIC.ING.EN COMPUTADORES	Interino		
115340401	CHAVARRIA ZAMORA LUIS ALBERTO	Profesor (a)	AREA LIC.ING.EN COMPUTADORES	Interino		
134000032529	CUBAS EUCEDA GUSTAVO ADOLFO	Profesor (a)	AREA LIC.ING.EN COMPUTADORES	Interino		
116110036	LEITON JIMENEZ JASON	Profesor (a)	AREA LIC.ING.EN COMPUTADORES	Interino		
111830234	MADRIZ HUERTAS DANIEL EDUARDO	Profesor (a)	AREA LIC.ING.EN COMPUTADORES	Interino		
110540978	TACSAN CHAVES RODOLFO	Profesor (a)	AREA LIC.ING.EN COMPUTADORES	Interino		

*Fig 10 Docentes del área Ingeniería en Computadores (Vicerrectoría de Docencia, 2019)*

El Área Académica Ingeniería en Computadores cuenta con el edificio F2, el cual es de dos plantas, cuya distribución es:

- Primera planta:

- Asociación de estudiantes.
- Oficina de secretaría.
- Oficina de coordinación.
- Oficina de asistente de administración.
- Cuatro oficinas dobles para profesores.
- Cinco oficinas simples para profesores.
- Sala de defensas de proyectos, la cual se utiliza para la presentación de trabajos finales de graduación, así como visita nacionales y extranjeras.
- Área de impresión para el cuerpo docente y administrativo.
- Cuarto de servidores.
- Área social.
- Bodega.

- Segunda planta:

- Sala de operadores de laboratorios.
- Bodega de equipo.
- Oficina de soporte y redes.
- Dos laboratorios computacionales con 24 computadoras cada uno.
- Laboratorios Prototipos de Sistemas Computacionales el cual se encuentra totalmente equipado.

---

Aula interactiva, la cual es un espacio para aplicación de técnicas de aprendizaje activo.

Laboratorio de investigación extensión (LuTec).

Además, el Área Académica Ingeniería en Computadores cuenta con el laboratorio de K1-207, el cual cuenta con 18 computadoras, esto debido a que el vicerrector estableció por resolución que el Área Académica contaría con un laboratorio en el edificio K1.

Los laboratorios administrados por Ingeniería en Computadores se utilizan tanto para impartir lecciones, como para el desarrollo de programas de apoyo al estudiantado, por ejemplo, tutorías, talleres, asistencias, entre otros que son orientados a mejorar los índices de rendimiento de los estudiantes.

Los estudiantes de Ingeniería en Computadores cuentan con un espacio de recreación proporcionado por la asociación de estudiantes donde se hacen diferentes actividades tales como videojuegos, juegos de mesa, deportes, entre otros. También cabe resaltar que existe una semana computadores donde se realizan actividades para fomentar la integración de la población estudiantil, docente y administrativa de Ingeniería en Computadores, de igual manera en la semana de bienvenida de los primeros ingresos donde se tiene el primer contacto con estudiantes – personal docente/administrativo.

## 10Bibliografía

- 2010, I. (2010). *Misión y valores escuela ingeniería en Electrónica*. Obtenido de ITCR: <https://www.tec.ac.cr/escuelas/escuela-ingenieria-electronica>
- ACM/IEEE. (15 de Diciembre de 2016). *Computer Engineering Curricula 2016 CE2016*. Obtenido de <https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/ce2016-final-report.pdf>
- Ahumada, P. (2005). *LA EVALUACIÓN AUTÉNTICA: UN SISTEMA PARA LA OBTENCIÓN DE EVIDENCIAS Y VIVENCIAS DE LOS APRENDIZAJES*. Chile.
- Alvarado Moya, P., & Villegas Lemus, M. (2008). *Propuesta de creación de programa de Ingeniería en Computadores con grado de licenciatura*. Cartago.
- Barquero, K. (10 de Mayo de 2019). *Diez carreras que le darán empleo en tecnología*. Obtenido de LaRepública.net: <https://www.larepublica.net/noticia/estas-son-las-diez-carreras-que-le-daran-empleo-en-el-sector-de-tecnologia>
- Bureau of Labor Statistics. (30 de Enero de 2018). Obtenido de <https://www.bls.gov/emp/tables/emp-by-detailed-occupation.htm>
- Columbus, L. (13 de Mayo de 2017). *IBM Predicts Demand For Data Scientists Will Soar 28% By 2020*. Obtenido de Forbes.com: <https://www.forbes.com/sites/louiscolombus/2017/05/13/ibm-predicts-demand-for-data-scientists-will-soar-28-by-2020/#4e3112f27e3b>
- Computer Science, o. (10 de 10 de 2019). *computerscienceonlineorg*. Obtenido de Computer Science Web site: <https://www.computerscienceonline.org/careers/computer-engineering/>
- Cooney, M. (4 de Enero de 2017). *BM: Next 5 years AI, IoT and nanotech will literally change the way we see the world*. Obtenido de NetworkWorld: <https://www.networkworld.com/article/3154724/ibm-next-5-years-ai-iot-and-nanotech-will-literally-change-the-way-we-see-the-world.html>
- Council, N. R. (2011). *Reference Manual on Scientific Evidence*. National Academies Press.
- Deloitte. (2014). *Computer hardware engineers*. Obtenido de <https://datausa.io/profile/soc/172061/>
- Denning, P. J. (1999). *COMPUTER SCIENCE: THE DISCIPLINE*.
- Dua, S. a. (2016). *Data mining and machine learning in cybersecurity*. Auerbach Publications.
- Hub, M. (23 de Marzo de 2018). *Six significant announcements from IBM Think 2018*. Obtenido de <https://www.themsphub.com/six-significant-announcements-from-ibm-think-2018/>
- ITCR. (Junio de 1986). *Misión y valores escuelas del TEC*. Obtenido de ITCR: <https://www.tec.ac.cr/escuelas>
- ITCR-CE. (2019). Obtenido de <https://www.tec.ac.cr/programas-academicos/licenciatura-ingenieria-computadores>
- Jerez, O. y. (2017). *Innovando en Educación Superior: Experiencias clave en Latinoamérica y el Caribe 2016-2017*. Santiago, CHile: Creative Commons Atribution.
- Jiménez, K. C. (15 de Enero de 2017). *Estos son los empleos tecnológicos más apetecidos en Costa Rica*. Obtenido de ElFinanciero:

- 
- <https://www.elfinancierocr.com/tecnologia/estos-son-los-empleos-tecnologicos-mas-apetecidos-en-costa-rica/J7TMNWXADBHRVCZPSUAQL2CBUQ/story/>
- KBarquero. (17 de Enero de 2017). *Ingenieros en sistemas y software con empleo seguro este año*. Obtenido de <https://www.larepublica.net/noticia/ingenieros-en-sistemas-y-software-con-empleo-seguro-este-ano>
- Luka, I. (2014). Design thinking in pedagogy. *Journal of Education Culture and Society*, 63-74.
- Madrid, U. C. (2019). *Ingeniería de Computadores Grado y Doble Grado. Curso 2018/2019*. Obtenido de <https://www.ucm.es/estudios/grado-ingenieriadecomputadores>
- Mash, C. (13 de Febrero de 2013). *Computer Engineer*. Obtenido de <http://careermash.ca/careers/career-profiles/computer-engineer>
- Moyo, A. (6 de Enero de 2017). *ITWeb*. Obtenido de <https://www.itweb.co.za/content/xo1Jr5Mx98EqKdWL>
- OCDE. (2018). *ESTUDIOS ECONÓMICOS DE LA OCDE: COSTA RICA 2018*. Obtenido de <https://www.oecd.org/eco/surveys/Costa-Rica-2018-Estudios-Economicos-de-la-OCDE.pdf>
- PEN-CONARE. (2018). *Programa Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible*. Obtenido de <https://estadonacion.or.cr/2018/assets/en2018.pdf>
- Perkins, W. (1998). *Introduction to “A Brief History of Electrical Engineering Education”*. IEEE.
- Science, C. (2019). *CAREERS IN COMPUTER ENGINEERING: A GUIDE TO IN-DEMAND SPECIALTIES, EMPLOYERS, AND SKILLS*. Obtenido de <https://www.computerscienceonline.org/careers/computer-engineering/>
- USAJOBS. (2019). *COMPUTER ENGINEER*. Obtenido de <https://www.usajobs.gov/GetJob/ViewDetails/509756200>
- usnews. (2019). *Best Computer Engineering Programs*. Obtenido de usnews.com: <https://www.usnews.com/best-colleges/rankings/engineering-doctorate-computer>
- Vicerrectoria de Docencia, I. (2019). *Informe de labores: Area academica ingenieren computadores*. Cartago. Obtenido de Informe de labores: Area academica ingenieren computadores.
- Youngblood, G. (1970). *EXPANDED CINEMA*. Clarke, Irwin & Company Limited.
- Reigeluth, C; Beatty, B & Myers, R (2017). *The learner-centered paradigm of education*.
- Reigeluth, C; Myers, D y Lee, D (Eds). *Instructional-design theories and models* (pp. 5-30) Routledge.
- Quesada, S., & Marta, E. Ma. Agustina Cedeño, José Ml. Zamora. 2001. *El diseño curricular en los planes de estudio: aspectos teóricos y guía metodológica*. Heredia, Costa Rica. EUNA.
- Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (2014). *Guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de los resultados del aprendizaje*. ANECA.
- Consejo Superior Universitario Centroamericano (2018). *Marco de cualificaciones para la educación suerior centroamericana*. CSUCA

---

## ANEXO 1

### Cambios realizados por revisión curricular 2018

Sección	Descripción del cambio	Justificación
Dimensión Externa	En el presente documento se ahonda en conocer las necesidades socioeconómicas y políticas que persigue ayudar el presente programa, las ofertas curriculares similares, las características de la población meta, así como las tendencias mundiales de desarrollo dentro del contexto de ingeniería en computadores.	En el documento original se obvió este detalle o bien, se modificó el dato original con datos más actualizados.
Dimensión Administrativa	Se separa la sección de la dimensión interna de tal manera que se pueda detallar con mayor precisión.	En el documento original se unieron la dimensión administrativa con la interna no mostrando las particularidades de cada sección.
Áreas Disciplinarias	En el documento original se habló de “Ejes Curriculares” pero se actualizó dicho concepto	El cambio se realizó a solicitud del CEDA y basado principalmente en el principio de que Ingeniería en

	por el de “Áreas Curriculares”	Computadores es la intersección de varias áreas de conocimiento en sí.
Áreas Disciplinarias	<p>Se modificaron las áreas disciplinarias de tal manera que sea más concisas. De esta manera las áreas disciplinarias son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniería</li> <li>• Ciencias de la computación</li> <li>• Señales y circuitos.</li> </ul>	<p>En el documento original se presentaban 4 “ejes curriculares” a decir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocimientos y competencias fundamentales</li> <li>• Fundamentos de computación.</li> <li>• Componentes y sistemas computacionales</li> <li>• Señales y circuitos eléctricos y electrónicos</li> </ul>
Ejes Curriculares	Se modificaron los ejes curriculares actualizándolas según los ejes recomendados.	Se tomó como base el documento de IEEE/ACM para tomar en cuenta la actualización de conocimiento requerido en Ingeniería en Computadores.
Fundamentos Curriculares	Se modificó la metodología pedagógica y los mecanismos de enseñanza que hasta el momento se han realizado en la carrera, con el fin de utilizar	A solicitud del CEDA y debido a los esfuerzos el TEC en lo que respecta a actualización en los métodos pedagógicos de

	mecanismos más actualizados y con resultados comprobables.	enseñanza es que se actualizó dicha sección.
Perfil Ocupacional y Académico-Profesional	<p>Se actualiza el perfil ocupacional de la carrera.</p> <p>Se modifica el perfil académico-profesional actualizándolo y alineándolo de acuerdo a los atributos.</p>	<p>Se actualiza el perfil ocupacional luego de haber investigado y comprendido los cambios tanto a nivel tecnológico como a nivel de empleabilidad que la rama ha experimentado en los últimos años.</p> <p>Se modifica el perfil académico-profesional actualizándolo y alineándolo de acuerdo a los atributos usados en la acreditación y configurados según la realidad actual de la carrera de Ingeniería en Computadores</p>
Bibliografía	Se actualizaron las referencias y menciones con conceptos más actualizados como por ejemplo los enfoques y conceptos de las recomendaciones del más reciente documento de la IEEE/ACM	Actualización del documento con las recomendaciones de la IEEE/ACM
Dimensión interna	Se substituye la información correspondiente a las	El plan Licenciatura Ingeniería en Computadores es

	escuelas involucradas y se coloca la del Área Académica Ingeniería en Computadores, su historia, el rol dentro del TEC y como se desempeña de manera general.	administrado por el área académica, la cual depende jerárquicamente de la vicerrectoría de docencia.
Varios	Cambio de redacción en los párrafos en general para obtener mejor formalismo en la escritura y corrección de errores ortográficos, así como los gramaticales. Cabe resaltar que este tipo de modificaciones no cambian el contenido de fondo del documento, ya que son sólo cambios de forma.	Claridad al lector, así como implementar el formalismo en cada párrafo y por motivos de estética tanto en las imágenes como en el texto.

---

## Anexo 2

A continuación se presenta el Plan de Estudios completo del programa Ingeniería de Computadores de Grado y Doble Grado de la **Universidad Complutense de Madrid** (Madrid, 2019).

Primer Curso	ECTS
Gestión Empresarial	6
Fundamentos de Electricidad y Electrónica	6
Métodos Matemáticos de la Ingeniería	12
Matemática Discreta y Lógica Matemática	12
Fundamentos de Programación	12
Fundamentos de los Computadores	12

Segundo Curso	ECTS
Electrónica	6
Tecnología de Computadores	6
Bases de Datos	6
Estructura de Computadores	6
Métodos Estadísticos	6
Ingeniería del Software	9
Estructuras de Datos y Algoritmos	9
Tecnología de la Programación	12

<b>Tercer Curso</b>	<b>ECTS</b>
Sistemas Operativos	6
Redes	6
Diseños y Algoritmos	6
Lenguajes de Programación y Procesadores de Lenguaje	6
Arquitectura de Computadores	6
Ampliación de Sistemas Operativos	6
Ampliación de Redes	6
Sistemas Web	6
Programación de Sistemas y Dispositivos	6
Una Optativa	6

<b>Cuarto Curso</b>	<b>ECTS</b>
Ética, Legislación y Profesión	6
Sistemas Empotrados	6
Programación de Sistemas Distribuidos	6
Sistemas Inteligentes	6
Cuatro Optativas	24
Trabajo Fin de Grado	12

<b>Optativas de Tercer y Cuarto Curso</b>	<b>ECTS</b>
Percepción Computacional	6
Análisis de Redes Sociales	6
Aprendizaje Automático y Big Data	6
Arquitectura Interna de Linux y Android	6
Bases de Datos noSQL	6
Calculabilidad y Complejidad	6
Cloud y Big Data	6
Criptografía y Teoría de Códigos	6
Creación de Empresas	6
Desarrollo de Videojuegos Mediante Tecnologías Web	6
Diseño Automático de Sistemas	6
Gestión de la Información en la Web	6
Herramientas Informáticas para los Juegos de Azar	6
Informática Gráfica	6
Ingeniería Web	6
Interfaces de Usuario	6
Investigación Operativa	6
Los Escenarios Científicos y Tecnológicos Emergentes y la Defensa	6
Minería de Datos y el Paradigma Big Data	6
Programación de Aplicaciones para Dispositivos Móviles	6
Programación con Restricciones	6
Programación de GPUs y Aceleradores	6
Programación Paralela para Móviles y Multicores	6
Robótica	6
Seguridad en Redes	6
Prácticas en Empresas I	6
Prácticas en Empresas II	6

Créditos de Participación (cualquier curso)

6

## Anexo 3

Lineamientos para los Trabajos Finales de Graduación

# [Escriba el título del documento]

[Escriba el subtítulo del documento]

Curso CE-5600

V3.4

[Seleccione la fecha]

[Escriba el nombre de la compañía]

# Contenido

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>2.</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN.....</b>	<b>7</b>
2.1.	REQUISITOS DE MATRÍCULA DEL CURSO PROYECTO DE GRADUACIÓN. ....	7
2.2.	ÁREAS PARA REALIZAR EL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN.....	8
2.3.	PROFESOR ASESOR.....	8
2.4.	DEDICACIÓN AL CURSO PROYECTO DE GRADUACIÓN. ....	8
2.5.	INFORME FINAL DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN. ....	8
2.6.	SISTEMA DE EVALUACIÓN .....	9
<b>3.</b>	<b>ROLES Y RESPONSABILIDADES: .....</b>	<b>10</b>
3.1.	FUNCIONES DEL CONSEJO DE ÁREA (COA) .....	10
3.2.	ESTUDIANTE (EST) .....	10
3.3.	PROFESOR ASESOR (PRA).....	11
3.4.	COORDINADOR DE PROYECTOS DE GRADUACIÓN (CPG).....	12
3.5.	CONTRAPARTE ORGANIZACIONAL (COO) .....	13
<b>4.</b>	<b>PROCESOS ASOCIADOS A LA REALIZACIÓN DE PROYECTOS DE GRADUACIÓN.....</b>	<b>13</b>
4.1.	BLOQUE DE INICIO .....	13
4.2.	BLOQUE DE CONTROL Y SEGUIMIENTO. ....	14
4.3.	BLOQUE DE FINALIZACIÓN.....	15
<b>5.</b>	<b>CONSIDERACIONES PARTICULARES SOBRE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACIÓN .....</b>	<b>17</b>
5.1.	OPORTUNIDAD DE LAS DECISIONES Y ACCIONES. ....	17
5.2.	MANEJO DE LA CONFIDENCIALIDAD .....	17
5.3.	AJUSTES EN EL CONTENIDO DEL INFORME DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN .....	17
5.4.	IMPORTANCIA MULTIDIMENSIONAL DEL PROCESO .....	17

**Ingeniería en Computadores**  
**Curso CE-5600**  
**Lineamientos para trabajos finales de graduación**

## **1.1. Introducción**

El objetivo de este documento es especificar las pautas que rigen la realización de los trabajos finales de graduación de los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Computadores.

Siendo el proyecto de graduación la culminación del proceso de aprendizaje de los estudiantes de la Licenciatura en Ingeniería en Computadores, este debe ser reflejo de la calidad, formación integral, conocimientos adquiridos, formalidad y madurez por lo que los graduados de esta carrera se deben distinguir en el ámbito nacional e internacional.

En concordancia con lo establecido por el “Reglamento de Trabajos Finales de Graduación del Instituto Tecnológico de Costa Rica”, el cual define los macro objetivos del trabajo final de graduación, en específico para la carrera de Ingeniería en Computadores se estipula como objetivo general:

“Desarrollar un proyecto de innovación o mejoramiento tecnológico en un ambiente laboral similar al que el estudiante de la carrera se enfrentará en su ejercicio profesional, de tal manera que como resultado se obtenga un aporte innovador por parte del estudiante a las organizaciones”.

Para cumplir con el objetivo anterior, el estudiante estará regulado en su accionar en su trabajo final de graduación por lo que establece el presente reglamento.

## **1.2. Características del trabajo final de graduación**

### **1.3. Requisitos de matrícula del curso proyecto de graduación.**

El estudiante de la Licenciatura en Ingeniería en Computadores, podrá matricular el curso de trabajo final de graduación una vez que cumpla con los requisitos académicos establecidos en la respectivo plan de estudios de la carrera y contar con la aprobación formal de su anteproyecto de graduación.

En casos excepcionales se podrá matricular el curso de proyecto de graduación sin el cumplimiento del primero de los requisitos establecidos anteriormente, lo cual quedará sujeto a la aprobación conjunta entre el Coordinador del curso Proyecto de Graduación y el Coordinador de la Carrera, así como del respectivo aval por parte del Consejo de Área.

## 1.4. Áreas para realizar el trabajo final de graduación.

El trabajo final de graduación a ser realizado por el estudiante de la carrera de la Licenciatura en Ingeniería en Computadores debe enmarcarse en las áreas de conocimiento que caracterizan el perfil del profesional egresado de esta carrera, las cuales se detallan a continuación:

- Computación de alto desempeño
- Sistemas empotrados
- Internet de las cosas
- Reconocimiento de patrones
- Reconocimiento y procesamiento de imágenes
- Desarrollos en áreas de sistemas operativos y arquitectura
- Inteligencia artificial
- Aplicaciones en el área de la robótica
- Sistemas operativos en tiempo real
- Traductores y compiladores
- Aplicaciones de alta complejidad algorítmica
- Diseños y verificación de circuitos computacionales
- Verificación de hardware y software

## 1.5. Profesor asesor.

El trabajo final de graduación será dirigido por un profesor asesor específico para cada estudiante o grupo de estudiantes, el cual funge como guía para que el estudiante pueda aplicar los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería en Computadores. El profesor asesor se deberá guiar según lo especificado en los artículos establecidos en este reglamento.

## 1.6. Dedicación al curso proyecto de graduación.

Para cumplir con los objetivos establecidos en el presente reglamento, el estudiante del curso de proyecto de graduación de la carrera de Ingeniería en Computadores deberá dedicar 30 horas semanales, por el periodo de un semestre sujeto a las fechas establecidas según el calendario institucional del Tec. Además, podría contar con un subsidio económico por parte de la organización en donde se lleva a cabo el proyecto, esto en función de las políticas particulares de cada organización y las condiciones particulares que cada estudiante acuerde para este proceso.

## 1.7. Informe final del trabajo final de graduación.

Cada estudiante deberá presentar un informe final que respalda su trabajo final de graduación, el cual se rige por lo establecido en el Anexo 3 denominado: “Guía para la presentación del Informe del Trabajo Final de Graduación”.

Tal y como se define en la “Propuesta de creación de programa de Ingeniería en Computadores” del 14 de agosto del 2008 y en consonancia con lo establecido por el “Reglamento de Trabajos Finales de Graduación del Instituto Tecnológico de Costa Rica”, este informe tiene dos posibilidades de composición en función de la modalidad elegida por el estudiante para realizar su trabajo final de graduación, a saber:

1. **Proyecto de graduación:** El Proyecto de Graduación es una actividad teórica-práctica dirigida al análisis de un problema, su evaluación y propuesta de solución y/o la ejecución de éste, mediante el uso de modelos u otros medios adecuados
2. **Tesis de graduación:** La Tesis de Graduación es un proceso de investigación que aporta algo original sobre el asunto investigado. En la tesis se origina una respuesta concreta a un hecho o fenómeno y se establece una respuesta a una pregunta o hipótesis. El trabajo de tesis busca aumentar el conjunto de conocimientos de una disciplina o probar ciertas postulaciones teóricas.

La elección de la modalidad por parte del estudiante se produce desde la formulación de su anteproyecto y determina la estructura de las tareas y productos de su trabajo final de graduación.

## 1.8. Sistema de Evaluación

Cada profesor asesor de trabajos finales de graduación, los profesores lectores, la organización que recibió al estudiante y el tribunal designado para evaluar la defensa oral deberán completar la evaluación del o los estudiantes que tuviese a su cargo bajo la siguiente distribución de criterios:

Ítem	Descripción	Porcentaje
<b>Criterio organizacional</b>	Evaluación emitida por la contraparte organizacional. (Ver Anexo 2)	10%
<b>Informes quincenales de avance y productos intermedios fijados con el Asesor</b>	El profesor asesor mediante dos evaluaciones intermedias pondera la completitud, puntualidad y proactividad reflejada en los informes de avance y de los diferentes productos intermedios que desarrollen sus estudiantes a lo largo del trabajo final de graduación. (Ver Anexo 7)	15%
<b>Evaluación del proceso - Asesor</b>	El profesor asesor evalúa aspectos relacionados con el accionar del estudiante a lo largo del proceso de su trabajo final de graduación, se centra en aspectos de carácter conductual, profesionalismo y manejo de la comunicación. (Ver Anexo 7)	10%
<b>Informe final - Asesor</b>	El profesor asesor evalúa el cumplimiento de metas, la profundidad del trabajo, el impacto generado, el aporte de conocimiento y la calidad general del informe final. (Ver Anexo 7)	25%
<b>Informe final - Lectores</b>	Este rubro corresponde al promedio de las evaluaciones que remitan los lectores del trabajo final de graduación, bajo los mismos criterios aplicados por el profesor asesor. (Ver Anexo 5)	15%
<b>Defensa oral del trabajo final de graduación</b>	Se evalúa el dominio del tema, la solidez en la defensa de los criterios utilizados en el trabajo y la organización de la presentación. Se calcula en función del promedio de los	25%

Ítem	Descripción	Porcentaje
	integrantes del tribunal asignado para la defensa oral. (Ver Anexo 5)	

## 1.9. Roles y Responsabilidades:

En el proceso de gestión de los trabajos finales de graduación se identifican los siguientes roles y sus respectivas responsabilidades.

### 1.10. Funciones del Consejo de Área (COA)

- a. Nombrar o remover al Coordinador del curso trabajo final de graduación.
- b. Aprobar las actualizaciones que se apliquen sobre el reglamento específico de proyecto de graduación.
- c. Resolver los casos especiales presentados por el Coordinador.
- d. Avalar según la recomendación del Coordinador del curso trabajos finales de graduación lo correspondiente a:
  - i. Asignación de organizaciones y estudiantes
  - ii. Nombramiento de los profesores asesores
  - iii. Cronograma del proyecto
  - iv. Conformación de los tribunales examinadores
- e. Establecer anualmente el monto sugerido para la remuneración económica que las organizaciones podrían reconocer como subsidio a los estudiantes que realice su trabajo final de graduación.
- f. Resolver en definitiva recursos de apelación contra las resoluciones que en materia del trabajo final de graduación se presenten.

### 1.11. Estudiante (EST)

Es el principal actor proyecto de graduación, siendo responsable de:

- a. Buscar las organizaciones potenciales para realizar su trabajo final de graduación y proponer estas al Coordinador (CPG) en un documento de anteproyecto según las especificaciones definidas para este efecto.
- b. Cumplir con los lineamientos de actuación, profesional, ética y personal, que establece la organización en la que realiza su trabajo final de graduación.
- c. Desarrollar las labores de su proyecto con el mayor profesionalismo, responsabilidad y compromiso, pues no solo se forja su reputación individual, sino que también representa al Tec y a la carrera de Ingeniería en Computadores como entidad educativa.
- d. Mantener un registro detallado de los intercambios de comunicación sostenidos con el profesor asesor, así como con la contraparte organizacional.
- e. Acatar todas las disposiciones que contempla el presente reglamento del Área de Ingeniería en Computadores, la normativa institucional y la reglamentación interna de la organización en que se desarrolla el trabajo final de graduación.

- f. Cumplir con la realización y entrega oportuna de informes de avance y adelantos del informe final de su trabajo final de graduación, en función de la periodicidad y forma establecidos en este documento y pactados con su profesor asesor (ver Anexo 1).
- g. Cumplir con los requisitos de forma y fondo en lo que respecta a los entregables que se obtenga de su proyecto de graduación, refiriéndose tanto a productos intermedios como finales (ver Anexo 3).
- h. Acatar las recomendaciones y observaciones que sobre su proyecto realicen tanto el profesor asesor como la contraparte organizacional y los lectores asignados para la defensa final del trabajo realizado.
- i. Acudir a las sesiones presenciales que convoque el Coordinador del curso, así como comunicarle a este mismo cualquier situación que afectase su desempeño en este curso.
- j. Actuar de manera proactiva en la comunicación de cualquier evento que pudiese atentar contra el cumplimiento de su trabajo final de graduación o que afectase al Área de Ingeniería en Computadores o al Tec.
- k. Preparar y realizar por lo menos una presentación formal de su trabajo final de graduación, esto en coordinación con su profesor asesor.
- l. Hacer entrega formal al coordinador del curso del informe final así como del material que se utilice para la defensa oral.

### 1.12. Profesor asesor (PRA)

Este rol funge como el principal contacto para el estudiante para aspectos de asesoramiento técnico y administrativo, además de ser el responsable y cara del Tec ante la organización en donde se realiza el trabajo final de graduación. Sus principales responsabilidades son:

- a. Reunirse con el estudiante en el transcurso de las primeras dos semanas del período del curso para definir los detalles de ejecución, comunicación y coordinación para el desarrollo del trabajo final de graduación.
- b. Asesorar y guiar al estudiante en lo que respecta a aspectos técnicos y administrativos en la realización de su proyecto.
- c. Fungir como contacto principal, inmediato y activo ante la organización en la que se realiza el trabajo final de graduación.
- d. Revisar y retroalimentar oportunamente al estudiante, en función de los informes de avance, productos intermedios y finales que se generen como resultado del trabajo final de graduación.
- e. Determinar de manera oportuna y comunicarlo al estudiante sobre la necesidad de aplicar revisiones filológicas al documento resultante del trabajo final de graduación.
- f. Visitar al estudiante en el sitio donde realiza el trabajo final de graduación, al menos una visita al inicio del proceso y otra al finalizar el mismo, esto cuando sea posible en función de la ubicación geográfica de la organización en que se realiza el proyecto.

- g. Realizar y comunicar al coordinador del curso dos evaluaciones intermedias formales respecto del avance de cada uno de los estudiantes que tuviese asignados. Estas evaluaciones se aplican y comunican en la semana nueve y trece del semestre.
- h. Informar al coordinador del proceso del curso de trabajo final de graduación sobre el avance del o los estudiantes que tuviese a cargo y alertar eventuales problemas o riesgos que se presenten en el proceso.
- i. Procurar que la organización contraparte ofrezca las condiciones necesarias, tales como espacio físico, acceso a información, conocimientos particulares, equipo de trabajo y otros suministros de oficina, para que el estudiante pueda realizar su trabajo final de graduación.
- j. Obtener la evaluación de la contraparte organizacional sobre el trabajo final de graduación y en si del proceso general de relación con el Tec (ver Anexo 2).
- k. Desarrollar un proceso de evaluación objetivo y apegado al desempeño del estudiante, el cual debe estar debidamente razonado tanto ante el estudiante como ante la coordinación del proceso de trabajos finales de graduación.

### 1.13. Coordinador de proyectos de graduación (CPG)

Este coordinador tiene como principal función el mantener una visión integrada del proceso de trabajos finales de graduación, atendiendo las necesidades de estudiantes, docentes, organizaciones participantes y de la misma Área de Ingeniería en Computadores sobre este particular. Sus principales responsabilidades son:

- a. Facilitar el proceso de trabajos finales de graduación a los respectivos participantes, en consonancia con las responsabilidades y expectativas de cada uno de ellos.
- b. Programación de la logística para cada periodo de trabajos finales de graduación.
- c. Revisar y retroalimentar los anteproyectos propuestos para cada trabajo final de graduación.
- d. Proponer, en conjunto con la coordinación de la carrera, al Consejo de Área el nombramiento de los profesores asesores de los trabajos finales de graduación. Para tal efecto tomará en cuenta: desempeño en procesos anteriores, área de especialidad e interés de cada profesor, cargas de trabajo semestrales y disponibilidad.
- e. Programar y convocar la defensa oral de los trabajos finales de graduación.
- f. Apoyar a los estudiantes en la identificación de organizaciones y centros de investigación.
- g. Orientar a profesores asesores sobre las características y lineamientos definidos para los trabajos finales de graduación.
- h. Coordinar la debida firma de las actas de los trabajos finales de graduación.
- i. Recolectar informes finales de trabajos finales de graduación y cuando corresponde enviarlos a la Biblioteca.
- j. Velar por la actualización y cumplimiento de este reglamento.

- k. Atender y canalizar las respectivas soluciones a las eventuales problemáticas que planteen los participantes en el proceso.
- l. Establecer y difundir los procedimientos y herramientas de gestión que se requieran a lo largo del proceso de los trabajos finales de graduación.

### 1.14. Contraparte organizacional (COO)

Esta contraparte organizacional es la cara ante el ITCR de la organización en que se realiza el trabajo final de graduación. Sus principales responsabilidades son:

- a. Crear las condiciones internas para la realización exitosa del trabajo final de graduación que estuviesen realizando estudiantes de Ingeniería de Computadores en su organización.
- b. Brindar al estudiante de manera oportuna los insumos necesarios para realizar su trabajo de graduación.
- c. Asesorar al estudiante en aspectos técnicos y conocimientos particulares del proyecto o investigación que involucre el TFG.
- d. Resolver cualquier situación interna de la organización y que pudiese obstaculizar el desarrollo efectivo del trabajo final de graduación.
- e. Mantener un eficiente canal de comunicación con el profesor asesor del ITCR para atender oportunamente cualquier problema o riesgo potencial a lo largo del proceso del trabajo final de graduación.
- f. Evaluar y calificar de manera objetiva el desempeño del estudiante en el trabajo final de graduación, lo cual debe ser debidamente razonado tanto ante el estudiante como el profesor asesor.

## 1.15. Procesos asociados a la realización de proyectos de graduación

El proceso de realización de trabajos finales de graduación se divide en tres bloques principales, los cuales se pasan a describir a continuación.

### 1.16. Bloque de inicio

Como su nombre lo indica, este bloque se orienta a lograr un adecuado inicio del proceso de trabajos finales de graduación, considerando los siguientes eventos:

- a. Selección y asignación de trabajos finales de graduación a estudiantes en función de los anteproyectos presentados (CPG)
- b. Determinación y aprobación de cargas de trabajo para profesores asesores para cada semestre (COA)
- c. Selección y asignación de trabajos finales de graduación a profesores asesores (CPG)
- d. Aprobación de la asignación de profesores asesores (COA)
- e. Preparación de materiales para profesores asesores y estudiantes (CPG)

- f. Gestionar los acuerdos o condiciones de confidencialidad que sean necesario que cumplan los profesores asesores o cualquier otro participante en el proceso (EST)
- g. Notificación a estudiantes sobre los profesores asesores asignados (CPG)
- h. Llevar a cabo sesión inicial con estudiantes del curso para explicar lineamientos de los TFG (CPG)
- i. Sesión inicial de presentación y coordinación con la organización, esto en las instalaciones de esta última (PRA, EST y COO)
- j. Comprobar el inicio efectivo y condiciones adecuadas del estudiante para su proceso de trabajo final en la organización (PRA)

### 1.17. Bloque de control y seguimiento.

Una vez que el trabajo final quede debidamente instaurado, se inicia con el proceso de control y seguimiento, el cual considera los siguientes eventos:

- a. Desarrollo y envío de informes de avance quincenales (ver Anexo 1) por parte del estudiante al profesor asesor (EST)
- b. Revisión y retroalimentación al estudiante por parte del profesor asesor respecto de cada producto intermedio o informe presentado, esto en los siguientes cinco días hábiles posteriores a la recepción del mismo (PRA)
- c. Remisión vía correo electrónico de informes de avance y de la retroalimentación respectiva por parte del profesor al coordinador del proceso de trabajos finales de graduación, incluyendo cualquier observación adicional que se considere pertinente (PRA)
- d. Desarrollo y envío de productos intermedios por parte del estudiante al profesor asesor. Los productos intermedios se obtendrán según el cronograma establecido para el semestre (EST)
- e. Retroalimentación al estudiante por parte del profesor asesor (presencial o remota), remitiendo copia o referencia de esta al coordinador de los trabajos finales de graduación (PRA)
- f. Evaluación de los productos intermedios según el formato establecido y remisión de esta al coordinador de los trabajos finales de graduación (PRA).
- g. Atención de consultas o asesoramiento técnico que soliciten estudiantes en su respectivo trabajo final de graduación (PRA)
- h. Atención de incidencias que reporten estudiantes, profesores asesores u organizaciones respecto del proceso de trabajos finales de graduación (CPG)
- i. Mantener y actualizar el registro y evidencias del proceso de ejecución y control de los trabajos finales de graduación (CPG).
- j. Alertar y elevar al Consejo de Área la necesidad de toma de decisiones sobre eventos sucedidos en el desarrollo de los trabajos finales de graduación (CPG)

- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- k. Determinar y notificar al estudiante y al coordinador de los trabajos de graduación sobre la necesidad de aplicar revisiones filológicas al documento resultante del trabajo final de graduación (PRA).

### 1.18. Bloque de finalización.

El cierre del proceso de trabajos finales de graduación implica el desarrollo de actividades orientadas a maximizar la experiencia del estudiante, la satisfacción de la organización participante y la proyección del Tec. Los eventos que conlleva este bloque son:

- a. Verificar el cumplimiento de los compromisos establecidos para el trabajo final (EST y PRA)
- b. Revisar y retroalimentar oportunamente al estudiante respecto de los productos del trabajo final (PRA)
- c. Entregar al profesor asesor los productos finales (siempre que sea permitido por la organización) y de las respectivas aprobaciones de la contraparte organizacional (EST)
- d. Seleccionar profesores lectores para los trabajos finales de graduación, así como para integrantes del Tribunal Evaluador de las respectivas defensas (CPG).
- e. Gestionar los acuerdos o condiciones de confidencialidad que deban completar los profesionales elegidos como lectores e integrantes del tribunales para la defensa oral (EST)
- f. Evaluación de los trabajos finales de graduación según el sistema definido en este documento y entrega de los productos finales al coordinador del proceso de trabajos finales de graduación (PRA)
- g. Solicitar y obtener aprobación formal de los productos finales por parte de la contraparte organizacional, completando la visita de cierre y agradecimiento a la organización (PRA).
- h. Desde la perspectiva de la contraparte organizacional, evaluar los resultados de los trabajos finales de graduación (ver Anexo 2) (COO).
- i. Remitir las evaluaciones de los trabajos finales de graduación al coordinador del proceso (PRA).
- j. Coordinar y realizar la defensa oral de los trabajos finales de graduación, siguiendo el protocolo definido en el Anexo 4 de este documento (PRA, EST y CPG).
- k. Realización de la defensa oral de los trabajos finales de graduación (EST, PARA, CPG, Lectores).
- l. Entrega de versiones finales del informe aprobado con la respectiva acta de aprobación incluida (ver Anexo 8) y de los materiales utilizados para el proceso de defensa oral (EST).
- m. Revisión final de evaluación y entrega de productos de los trabajos finales de graduación (CPG).

A manera de resumen, se presenta a continuación un cronograma de actividades en que se plasman las principales actividades antes señaladas, con la respectiva visualización de la línea de tiempo en que se sugiere se realice.

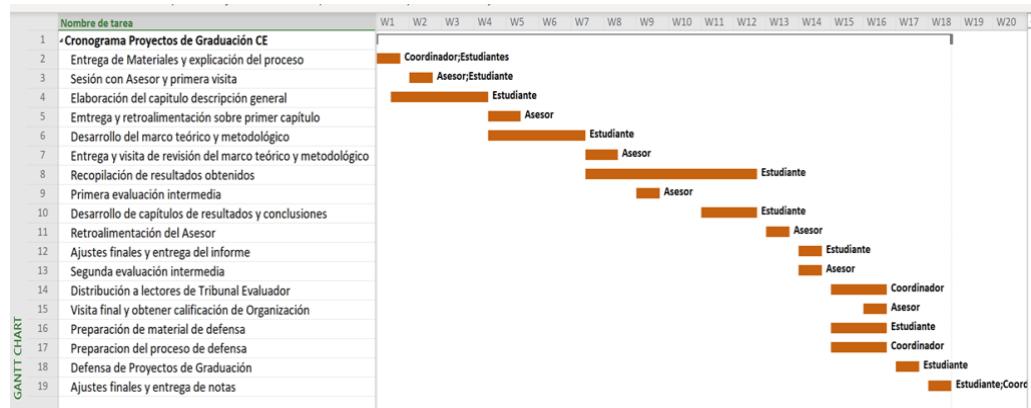
Este cronograma está sincronizado con el calendario institucional, por lo que cualquier desviación del mismo podría generar afectación en procesos administrativos y afectar las actividades asociadas a la graduación del estudiante. Ante la eventualidad de atrasos, se presentan dos escenarios potenciales para la gestión de estas posibles demoras.

**Escenario 1: Se concluye el TFG dentro del período de posible modificación de actas.** En este escenario, al no cumplirse con las fechas establecidas, al estudiante se le asigna como nota del curso “Incompleto”, pero en este caso el estudiante logra concluir su trabajo final dentro del período que posibilita el Departamento de Registro del Tec para una modificación de actas, permitiendo así entrar dentro del período de graduación ordinario. Se aclara que esta opción queda sujeta a la disponibilidad de asesores y lectores. Se calendarizará una sola jornada para la realización de estas defensas atrasadas.

**Escenario 2: El TFG no se concluye dentro del período de posible modificación de actas.** En este caso las actividades administrativas y de cierre del trabajo final se trasladarán para el siguiente semestre, colocándole “Incompleto” como nota del curso en el acta de notas al estudiante, el cual quedará a la espera del siguiente proceso de graduación ordinaria o extraordinaria. En ningún caso la asignación de “incompleto” se extenderá por más de un semestre. Igualmente, se calendarizará una sola jornada el semestre siguiente para la realización de las respectivas defensas orales que hubiesen quedado en la condición de incompleto.

Para ambos escenarios es importante tener presente que se debe documentar de manera formal las condiciones que llevan a la necesidad de la condición de IN, el estudiante deberá formalizar la solicitud mediante carta dirigida con Coordinador de lo TFG, así como carta también del respectivo profesor asesor.

Se recalca que, en ambos escenarios, la realización de las tareas administrativas y de cierre no están garantizados en plazo, pues dependen de la disponibilidad de los recursos y de las fechas definidas a nivel institucional.



## 1.19. Consideraciones particulares sobre los trabajos finales de graduación

Existen algunas consideraciones que deben tener presentes los diferentes actores participantes en este proceso con miras a lograr un proceso exitoso, las cuales se describen a continuación.

### 1.20. Oportunidad de las decisiones y acciones.

El proceso de los trabajos finales de graduación se lleva a cabo en un período relativamente corto, por lo que la oportunidad en el accionar se convierte en un factor crítico de éxito, por lo tanto todas las partes involucradas deben establecer como pauta de acción la prevención en preferencia de la reacción. Esto viene acompañado de la comunicación oportuna con los diferentes participantes, para garantizar un entorno libre de sorpresas no gratas para cada uno de los roles en el proceso.

### 1.21. Manejo de la confidencialidad

Dada la naturaleza de los proyectos que se desarrollan, existen altas posibilidades que estos deban observar algún nivel de confidencialidad. Este tipo de compromisos están revestidos de una altísima seriedad, pues trascienden a las personas e involucran también a las organizaciones representadas en el proceso. Por lo tanto, la confidencialidad se convierte en un aspecto a cuidar y respetar para todos los involucrados, por lo que se insta que a menos que se indique de manera expresa la no existencia de condiciones de confidencialidad, se debe presumir que la información de cada proyecto implica un manejo discrecional.

### 1.22. Ajustes en el contenido del informe del trabajo final de graduación

Dependiendo del tipo de proyecto es posible efectuar ajustes al formato y contenido del informe final del trabajo final de graduación, esto en función de maximizar el aporte de este tanto para la organización que hospeda el proyecto como para la experiencia formativa del estudiante.

Cualquier ajuste en el formato y alcance del informe debe ser aprobado por el profesor asesor de manera previa, y este último lo deberá también consultar con el coordinador de los trabajos finales de graduación para obtener una posición conjunta. El acuerdo de cambio debe quedar oficializado de forma escrita. En ningún caso estos cambios a lo establecido pueden ser unilaterales, ya sea por parte del estudiante, la organización contraparte o el profesor asesor.

### 1.23. Importancia multidimensional del proceso

El proceso de los trabajos finales de graduación tiene la particularidad de presentar múltiples dimensiones de importancia para los participantes. Para los estudiantes en su oportunidad de inmersión en un entorno organizacional que podrá a pruebas sus conocimientos y habilidades, que además le servirá de plataforma de exposición personal y profesional.

Para las organizaciones la relevancia de poder contar y evaluar las calidades profesionales de futuros colaboradores en un entorno controlado, con lo cual potencian sus procesos de reclutamiento y selección. Para los docentes e investigadores, se abre también la oportunidad para extender sus redes de contactos, así como para la incursión en nuevos conocimientos a partir de los trabajos planteados en este proceso.

No menos importante para la carrera de CE, en donde puede no solo hacer evaluaciones desde diferentes perspectivas de su accionar e impacto, sino que le permite también lograr vinculación externa y alimentar sus procesos de evolución interna.

Estas razones marcan de sobra la importancia del proceso de los trabajos finales de graduación, por lo que deben ser asumidos de la manera más profesional y formal posible por parte de todos sus participantes.

#### *10.1.1.1 ANEXO 1 – Informe Quincenal*

El informe quincenal de avance que los estudiantes en el curso de trabajos finales de graduación deben remitir a sus respectivos profesores asesores y al coordinador del proceso trabajos finales de graduación debe contener al menos los siguientes apartados:

1. Nombre del estudiante
2. Organización en donde se realiza el trabajo final de graduación
3. Nombre del proyecto
4. Periodo que comprende el informe
5. Lista de tareas realizadas en el período que comprende el informe
6. Lista de tareas que se planea realizar en el siguiente periodo.
7. Breve análisis de la situación actual de proyecto y proyecciones.

Este informe debe ser remitido electrónicamente al profesor asesor en formato PDF con copia al coordinador del proceso de trabajos finales de graduación. El profesor asesor completará este informe con un documento adicional de retroalimentación, que considera:

1. Retroalimentación sobre el avance logrado
2. Recomendaciones sobre siguientes acciones en el proceso de trabajos finales de graduación

### 3. Observaciones generales

Esta retroalimentación le será remitida al estudiante con copia al coordinador del proceso de trabajos finales de graduación.

*10.1.1.2 ANEXO 2 – Evaluación organizacional*

**TEC – Área Ingeniería en Computadores (CE)**  
**Trabajo final de graduación**  
**Criterios básicos de evaluación por parte de la Organización**

**Nota:** Esta es una guía que contiene criterios básicos para la evaluación de los estudiantes del curso trabajo final de graduación por parte de las contrapartes organizacionales. Se compone de 3 secciones y en cada una se debe evaluar los aspectos indicados en una ponderación de 0 a 10 considerando la siguiente distribución:

- » De 0 a 5: El estudiante no cumple con el aspecto señalado.
- » De 6 a 8: El estudiante debe mejorar en ese aspecto.
- » De 9 a 10: El estudiante cumple con el aspecto señalado.

NOMBRE DEL  
ESTUDIANTE:

ORGANIZACIÓN:

**A. ASPECTOS  
CONDUCTUALES (35%)**

Aspecto	Evaluación del aspecto										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. El estudiante mostró un adecuado nivel de responsabilidad y puntualidad en el cumplimiento de las labores asignadas.											
2. El estudiante mostró iniciativa en el desarrollo de sus funciones.											
3. El estudiante mostró una actitud acorde con la responsabilidad que demanda ser un ingeniero profesional.											
4. El estudiante se comportó correctamente según las normas definidas por la organización.											
5. El comportamiento del estudiante evidenció profesionalismo en el tratamiento de sus labores.											
6. El estudiante evidenció capacidad de aprendizaje y autonomía en el desempeño de sus labores.											
7. El estudiante evidenció buen manejo de las relaciones interpersonales y de la comunicación.											

**B. ACERCA DEL TRABAJO REALIZADO (40%)**

Aspecto	Evaluación del aspecto										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Cumplió con los objetivos planteados para el proyecto.											
2. Los resultados obtenidos están acordes con la calidad esperada.											
3. Se evidenció un nivel adecuado de conocimiento en el trabajo realizado.											
4. Nivel de satisfacción con los resultados obtenidos.											
5. Se evidenció dominio de los principios, técnicas y herramientas ingenieriles aplicadas.											
6. Se evidenció creatividad en la búsqueda de soluciones a las problemáticas enfrentadas.											
7. Se integraron adecuadamente conocimientos en el desarrollo de su trabajo.											
8. Se evidenció capacidad de investigación en el desarrollo de su trabajo.											

### C. ASPECTOS ACERCA DE LOS INFORMES Y COMUNICACIÓN GENERADA (25%)

Aspecto	Evaluación del aspecto										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Mostró claridad en el planteamiento de las ideas.											
2. Presentó un uso correcto del soporte bibliográfico en la producción de sus documentos.											
3. Evidencia buena ortografía, presentación y redacción de sus documentos.											
4. Evidenció formalidad la presentación de sus documentos y comunicación.											
5. Evidenció un manejo adecuado de la comunicación oral en la realización de su trabajo.											

COMENTARIOS SOBRE EL TRABAJO DEL ESTUDIANTE:

COMENTARIOS SOBRE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN COMPUTADORES:

SI ESTUVIERA DENTRO DE SUS POSIBILIDADES, ¿RECOMENDARÍA USTED LA CONTRATACIÓN DE ESTE ESTUDIANTE PARA TRABAJAR EN SU ORGANIZACIÓN?

NOMBRE DEL  
EVALUADOR:

FIRMA:

FECHA:

*10.1.1.3 ANEXO 3 – Guía para la presentación del Informe Final del Proyecto de Graduación*

## ***Presentación***

Para finalizar el programa de estudios de la Licenciatura en Ingeniería en Computadores se requiere la preparación de un informe final en el cual se plasma el trabajo realizado a lo largo de todo el periodo del trabajo final de graduación.

Independientemente de las características específicas del proyecto que cada estudiante produzca, la Licenciatura en Ingeniería en Computadores establece normas lógicas y formales para la presentación de este basadas en los reglamentos del ITCR en las experiencias acumuladas en la carrera.

En esta sección se presentan los aspectos de contenido para la presentación del informe del trabajo final de graduación. Los aspectos generales y de presentación del documento están definidos en las Normas de Presentación de los Informes de Prácticas de Especialidad, Tesis, Seminarios y otros del ITCR en Formato Digital, elaborado por la Biblioteca José Figueres Ferrer.

Cada trabajo final de graduación es diferente, una obra que se construye por la interacción entre el profesor asesor, el estudiante y el entorno organizacional en que se desarrolla el trabajo. Por esta razón no es posible hacer una propuesta que se ajuste a las necesidades de todos los proyectos. Sin embargo, el presente documento es una referencia bastante precisa a partir de la cual se puede modificar, ampliar y mejorar el documento escrito para el trabajo final de graduación, siempre con previa coordinación con el profesor responsable del curso.

Es importante señalar que se establece una extensión máxima de 70 páginas para este el cuerpo de este informe final, es decir sin considerar los anexos y apéndices que se incluyan.

Se establecen dos tipos de informe en función de tipo de trabajo que desarrolló el estudiante, la primera opción corresponde a la opción de un proyecto de graduación, es decir uno que considera un trabajo de orden profesional o académico en un entorno que implicó el desarrollo de una investigación aplicada, la creación de un nuevo producto, la evaluación de elementos tecnológicos, el desarrollo de pruebas de concepto o el rediseño y optimización de productos existentes.

La segunda opción corresponde a tesis de graduación, típicamente desarrollados en proyectos de investigación, que implican la ampliación de conocimientos mediante la indagación, validaciones teóricas, propuestas de modelos y la abstracción de soluciones

tecnológicas, entre otras. Esta última implica la comprobación de una hipótesis mediante métodos formales de investigación.

Cada una de estas opciones tiene una estructura con algunas diferencias para su informe, la cual se describe a continuación.

## **Opción 1: Proyecto de graduación**

### **A. Secciones del informe final**

Las secciones fundamentales que se esperan son las siguientes:

- i. Portada
- ii. Hoja de aprobación
- iii. Dedicatoria
- iv. Agradecimientos
- v. Resumen
- vi. Abstract
- vii. Índice general
- viii. Índice de tablas
- ix. Índice de figuras
- 1. Capítulo 1: Introducción
  - 1.1. Antecedentes del proyecto
    - 1.1.1. Descripción de la organización
    - 1.1.2. Descripción del área de conocimiento del proyecto
    - 1.1.3. Trabajos similares encontrados
  - 1.2. Planteamiento del problema
    - 1.2.1. Contexto del problema
    - 1.2.2. Justificación del problema
    - 1.2.3. Enunciado del problema
  - 1.3. Objetivos del proyecto
    - 1.3.1. Objetivo general
    - 1.3.2. Objetivos específicos
  - 1.4. Alcances, entregables y limitaciones del proyecto
- 2. Capítulo 2: Marco de referencia teórico
- 3. Capítulo 3: Marco metodológico
- 4. Capítulo 4: Descripción del trabajo realizado
  - 4.1. Descripción del proceso de solución.
  - 4.2. Análisis de los resultados obtenidos.

5. Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones
6. Anexos y apéndices
7. Referencias bibliográficas

## **B. Contenido de las Secciones del Informe Final**

### i. Portada

El primer contacto de un lector con una obra es siempre a través de sus aspectos exteriores. De esta manera la portada es el primer elemento visible del proyecto de graduación.

La portada tiene como función ofrecer los datos principales del texto presentado, de manera tal que sus lectores, el jurado del proyecto, estudiantes o personas interesadas en el tema, puedan disponer rápidamente de la información mínima necesaria para contextualizar el proyecto dentro de los parámetros académicos y prácticos.

La portada debe contener como mínimo lo estipulado en el documento Normas de Presentación de los Informes de Prácticas de Especialidad, Tesis, Seminarios y otros del ITCR en Formato Digital, elaborado por la Biblioteca José Figueres Ferrer. A pesar de contar como la hoja número "1", el número no debe aparecer en su pie de página. Ver el Anexo 5 para visualizar el estándar para el formato de la página de portada.

### ii. Hoja de Aprobación

La hoja de aprobación indica que tanto el Profesor Asesor como el Tribunal evaluados han dado su visto bueno al documento presentado. Indica que se han cumplido todos los requisitos formales administrativos por lo que el informe final puede ser aceptado como requisito parcial para obtener el grado académico de Licenciado en Ingeniería en Computadores. Esta hoja de aprobación se elabora el día de la defensa, en caso de ser ésta exitosa, por lo cual el estudiante deberá digitalizar esta hoja, integrarla al informe y remitirlo nuevamente al Coordinador del curso de TFG.

### iii. Dedicatoria.

Esta sección es opcional y deberá escribirse en una página separada. El estudiante puede dedicar su trabajo final de graduación a alguna persona o grupo de personas. Para ello se escribirá la palabra DEDICATORIA centrada y en la esquina inferior izquierda de la página se escribe la correspondiente dedicatoria. La dedicatoria debe comprender una página en forma exclusiva.

iv. Agradecimientos.

Los agradecimientos son una extensión de la dedicatoria. En ella se puede incluir a un mayor número de personas. Los agradecimientos deben comprender una página en forma exclusiva.

v. Resumen

El resumen es una descripción breve del proyecto. Se deben resaltar especialmente los aspectos centrales de su proyecto de graduación. Este resumen debe venir escrito en español. Además del resumen se deben incluir las palabras clave. Las palabras claves cumplen una función muy importante en el proceso de catalogación y búsqueda de información. Para elegir las palabras claves se debe seguir un proceso que va de lo general a lo específico. La extensión del resumen no deberá sobrepasar dos páginas.

vi. Abstract

Este corresponde a la traducción del resumen presentado en la sección anterior, en formato idéntico y fiel del original, pero en idioma inglés, considerando también las respectivas palabras clave. En el caso de documentos escritos en inglés, se invierte el sentido y esta sección se convierte en el resumen en español.

vii. Índice general

Para efectos de facilitar el manejo del documento escrito se incluirá un índice general en el que se deben identificar todas las secciones y apartados del informe. En el índice general debe aplicarse el sistema numérico progresivo, el mismo que se usa en el trabajo.

Cada capítulo se identifica con números y se divide en títulos que son colocados en el índice e identificados con letras mayúsculas. Para estructurar el índice se escribe la frase ÍNDICE GENERAL centrada en la página y un espacio más abajo y hacia la derecha se escribe la palabra Página. Luego se desglosan los contenidos comenzando con las páginas iniciales del documento y se anota el número respectivo bajo la palabra página. El Índice General puede generarse

automáticamente a partir de los estilos de encabezado del editor que se utilice Word, Open Office, etc.

viii. Índice de tablas

Se debe colocar una lista de todas las tablas que se encuentren en el documento. Para ello, se escribe la frase **ÍNDICE DE TABLAS** centrada en una página y luego la palabra **TABLA No.** en el extremo izquierdo, la palabra **Descripción** en el centro y la palabra **Página** en el extremo derecho de la página. Esto se repite en cada página del índice. El número de la tabla puede ser por capítulo (Ejemplo Tabla 1.5) o continuo (Ejemplo Tabla 9). El Índice de Tablas puede generarse automáticamente a partir de los estilos de encabezado del editor que se utilice Word, Open Office, etc.

ix. Índice de figuras

Se debe colocar una lista de todas las figuras que se encuentren en el documento. Para ello, se escribe la frase **ÍNDICE DE FIGURAS** centrada en una página y luego la palabra **FIGURA No.** en el extremo izquierdo, la palabra **Descripción** en el centro y la palabra **Página** en el extremo derecho de la página. Esto se repite en cada página del índice. El número de la figura puede ser por capítulo (Ejemplo Figura 2.3) o continuo (Ejemplo Figura 6).

El Índice de Figuras puede generarse automáticamente a partir de los estilos de encabezado del editor que se utilice Word, Open Office, etc.

1. Capítulo 1: Introducción

Este es el primer capítulo formal del informe del trabajo final de graduación y es clave en la contextualización del proyecto para los futuros lectores.

Las partes que integran de este capítulo son:

1.1. Antecedentes del proyecto

    1.1.1. Descripción de la organización

    1.1.2. Descripción del área de conocimiento del proyecto

    1.1.3. Trabajos similares encontrados

1.2. Planteamiento del problema

    1.2.1. Contexto del problema

    1.2.2. Justificación del problema

- 1.2.3. Enunciado del problema
- 1.3. Objetivos del proyecto
  - 1.3.1. Objetivo general
  - 1.3.2. Objetivos específicos
- 1.4. Alcances, entregables y limitaciones del proyecto

## 2. Capítulo 2: Marco de referencia teórico

El marco de referencia teórico, también conocido como marco referencial o marco conceptual, tiene el propósito de dar a la investigación un sistema sólido, coordinado y coherente de conceptos, definiciones, teorías y herramientas con las cuales se abordar el proyecto.

En esta sección se describen los conceptos teóricos y prácticos que sustentan el desarrollo del estudio. Se debe realizar una búsqueda de publicaciones, antecedentes sobre otras soluciones, artículos y trabajos similares para analizar la manera como otros han resuelto el problema en cuestión o problemas similares. Este servirá para sustentar de manera contundente la solución que se proponga, siempre con base en las prácticas y principios de la ingeniería.

Como estructura del marco teórico se recomienda:

- a. Introducción al capítulo
- b. Mapa conceptual.
- c. Explicación y discusión de los principales elementos.

Es fundamental que las referencias bibliográficas sean estandarizadas a lo largo de todo el informe y muy claramente en el marco teórico, ya sea por el estándar APA o IEEE, pero solo utilizando uno de ellos a lo largo de todo el documento.

## 3. Marco metodológico

En el capítulo del marco metodológico es donde se describe con detalle la metodología y fundamentos de ingeniería seguidos para el desarrollo del proyecto, señalando las técnicas, herramientas, secuencia de pasos realizados, estrategias de validación, las formas de análisis empleadas y los actores participantes en el proceso.

Con el desarrollo de este marco metodológico se pretende que los lectores del informe del TFG comprendan la estrategia y táctica que se utilizaron para enfrentar la solución del problema planteado.

Como estructura para presentar el marco metodológico se propone:

1. Introducción al capítulo.
2. Explicación y justificación de la estrategia elegida.
3. Diagrama de la secuencia del proceso seguido.
4. Tabla de desglose del marco metodológico que contiene para cada objetivo específico: nombre del objetivo, principales actividades para lograr el objetivo, entregables asociados, técnicas o herramientas para alcanzar el objetivo y estrategias de verificación y validación de los diferentes entregables.

#### 4. Descripción del trabajo realizado

Esta sección tiene dos partes, en la primera se detalla el proceso de solución aplicado en función del marco metodológico descrito en el apartado anterior. Esta primera parte debe evidenciar de manera contundente los pasos seguidos y la aplicación de los principios de ingeniería propios de la Ingeniería en Computadores, lo que incluye: abstracciones realizadas, aplicación de herramientas para el análisis y la síntesis, aplicación de principios y herramientas de diseño, comparaciones de opciones de solución, contrastes teóricos y demás labores realizadas para alcanzar los objetivos fijados para el proyecto.

La segunda parte evidencia el análisis de los resultados finales del proyecto, aquel que precisamente comprueban el logro de los objetivos y solución al problema definidos como derroteros del proyecto. Esta sección debe evidenciar el aporte crítico del estudiante de acuerdo con el grado de profundidad con que el problema fue abordado y sus implicaciones tanto desde la perspectiva de la ingeniería como del contexto. En esta sección la ayuda de elementos gráficos, tales como diagramas de bloques, abstracción de componentes, interacciones, tablas comparativas, diagramas de contexto o similares son de importancia para transmitir de manera efectiva la solución obtenida.

#### 5. Conclusiones y recomendaciones

En este capítulo se presenta un resumen con los descubrimientos más relevantes del proyecto realizado, mediante las conclusiones y recomendaciones que nacen de la experiencia obtenida.

Debe reflejar de forma contundente y ordenada si se lograron los objetivos propuestos y si se cumplieron los entregables que se habían definido en el

anteproyecto. Además debe mostrar aquellos hallazgos que se consideran relevantes como experiencia que deja en proyecto desde la perspectiva de la práctica ingenieril.

En lo que respecta a las recomendaciones, se deben incluir los aspectos en que no se ahondó en el estudio pero que se consideran relevantes y quedaron como trabajos futuros, así como otras recomendaciones que el estudiante considere importantes para la continuación y aprovechamiento de los resultados obtenidos con su proyecto.

## 6. Anexos y apéndices

Esta sección se compone de los materiales generados o utilizados de forma complementaria por el autor pero que, para efectos de facilitar la lectura, se incluyen al margen del informe. Deberán ser aludidos de manera explícita en el cuerpo del trabajo. Estos materiales pueden ser documentos, instructivos, instrumentos de encuestas, programas, algoritmos, etc., que se adosarán al final del trabajo.

De manera obligatoria, el apéndice 1 del informe debe existir en todos los casos y en concreto su nombre es “Apéndice 1: Implicaciones sociales, éticas y de equidad del proyecto”, en el cual el estudiante debe incluir una reflexión objetiva y con amplia proyección respecto del entorno sobre las implicaciones e impactos actuales y potenciales relacionados con aspectos sociales, éticos y de equidad que conlleva su proyecto de ingeniería para la sociedad en general y en especial para la práctica de la ingeniería y el ejercicio profesional del ingeniero en computadores.

Si bien este apéndice es parte integral del informe del TFG, también se debe entregar una copia del mismo en un documento separado, al cual se le adiciona la portada original del informe y se entrega en formato PDF.

## 7. Referencias bibliográficas

Esta sección incluye la lista de materiales (libros, revistas, sitios web, etc.) y otros medios de recolección de información (congresos, entrevistas, tesis, etc.) que fueron consultados. A lo largo de todo el documento, las citaciones de referencias en el texto deberán usar el formato de la APA versión 7 o el estándar IEEE de manera rigurosa.

## Opción 2: Tesis de graduación

### A. Secciones del informe final

Las secciones fundamentales que se esperan son las siguientes:

- x. Portada
  - xi. Hoja de aprobación
  - xii. Dedicatoria
  - xiii. Agradecimientos
  - xiv. Resumen
  - xv. Abstract
  - xvi. Índice general
  - xvii. Índice de tablas
  - xviii. Índice de figuras
1. Introducción
    - 1.1. Descripción de tema de estudio

Describe las áreas de conocimiento involucradas en la investigación, señalando los principales conceptos y tendencias al respecto.
    - 1.2. Justificación de la investigación

Describe la importancia de la investigación desde la perspectiva de los aportes de conocimiento y eventuales aplicaciones prácticas que se deriven.
    - 1.3. Antecedentes
      - 1.3.1. Descripción del contexto de la investigación

Describe la organización o laboratorio en donde se desarrolló la investigación, así como el proyecto de investigación al que se vincula el proyecto.
      - 1.3.2. Trabajos similares

Análisis de trabajos similares o relacionados con el que se describe en la tesis en cuestión, busca identificar vinculaciones y la identificación del aporte del trabajo realizado.
    - 1.4. Planteamiento del problema de investigación
      - 1.4.1. Justificación del problema

Describe el problema partiendo desde el contexto en que se encuentra hasta las condiciones específicas que evidencian la existencia de este.
      - 1.4.2. Enunciado del problema
      - 1.4.3. Hipótesis

La hipótesis es la pregunta o preguntas por resolver o afirmaciones a ser comprobadas mediante el proceso de indagación.

1.5. Objetivos de la investigación

    1.5.1. Objetivo general

    1.5.2. Objetivos específicos

1.6. Alcances, entregables y limitaciones de la investigación

2. Marco teórico

Describe el estado del arte en el área de conocimiento en que se desarrolla la investigación, incluye sus conceptos fundamentales, teorías y tendencias en el desarrollo del conocimiento.

3. Marco metodológico

4. Resultados de la investigación

5. Conclusiones y recomendaciones

6. Anexos y apéndices

7. Referencias bibliográficas

El cambio respecto del modelo de proyecto de graduación es básicamente el giro hacia la investigación, por lo que la descripción de cada sección no descrita en este apartado aplica lo indicado para la opción 1.

## Aspectos generales sobre ambas opciones

Para ambos esquemas es importante que se tomen consideración los siguientes aspectos:

5. El informe debe garantizar correcta ortografía y redacción, no solo porque este sea un elemento que se evalúa, sino porque evidencia el esmero y profesionalismo del estudiante en la construcción de este producto.
6. De preferencia se debe utilizar un esquema numerado para títulos y listas, de manera que facilite su referencia posterior y se comprenda mejor la organización y profundidad de los diferentes puntos del informe.
7. Los tamaños de letra y estilos deben garantizar legibilidad y estética. Para el texto normal se recomienda tamaños entre 11 y 12 puntos, mientras que para los títulos la recomendación es dimensiones que permitan claramente su diferenciación y nivel de anidamiento.
8. Todas las páginas, figuras, tablas e imágenes deben estar numeradas.
9. En función del estándar de referencias bibliográficas utilizado (APA o IEEE), se debe garantizar que este sea aplicado de manera correcta y no combinar esquemas.

*10.1.1.4 ANEXO 4 – Protocolo para defensa del Trabajo Final de Graduación*

El siguiente protocolo describe la manera en que se debe desarrollar el proceso para la defensa de los trabajos finales de graduación.

1. El coordinador del curso de trabajos finales de graduación, en conjunto con el coordinador del área, convocarán formalmente al proceso de defensa de los trabajos finales de graduación.
2. De manera previa al proceso de defensa, el coordinador de los trabajos finales de graduación distribuirá a los profesores lectores los informes finales, así como los instrumentos para reflejar su respectiva calificación.
3. Los lectores deben remitir al menos con dos días de antelación a la defensa la calificación en el rubro correspondiente al informe final.
4. El profesor asesor debe remitir al Coordinador de los trabajos finales de graduación, al menos con dos días de antelación a la defensa de los estudiantes que tuviese a cargo su hoja de calificación y la evaluación de la contraparte organizacional.
5. El tribunal para la defensa de cada trabajo final de graduación debe estar compuesto por dos profesores lectores y el profesor asesor. También participan como testigos del evento el Coordinador del Área, así como el Coordinador de los trabajos finales de graduación.
6. Cada estudiante contará con 20 minutos para su exposición, luego se establece un período de 10 minutos para preguntas del tribunal, para pasar luego a la deliberación y asignación de la nota final de la defensa. Inmediatamente después le será notificada al estudiante la resolución final del tribunal, así como cualquier recomendación que debiese ser acatada respecto de su informe.
7. La ceremonia de la defensa es presidida por el Coordinador del área, es quién invita al estudiante a iniciar su proceso, explica las reglas de este y hacer lectura del acta final del tribunal evaluador (según formato adjunto).
8. El coordinador de los trabajos finales de graduación será el encargado de completar los cálculos y completar las evaluaciones de cada estudiante, para así llenar las respectivas actas y calificaciones finales ante la Secretaría del Área.
9. El estudiante completará al finalizar su defensa una herramienta de evaluación del todo el proceso de su trabajo final de graduación, el cual entregará al Coordinador de este curso.

Este protocolo puede sufrir alteraciones en situaciones excepcionales, tales como tele-presencia o participantes con capacidades diferenciadas. Las modificaciones excepcionales serán comunicadas de previo por el Coordinador de los trabajos finales de graduación.

*10.1.1.5 ANEXO 5 – Criterios de evaluación para lectores y defensa oral*

# TEC – Área Ingeniería en Computadores (CE)

## Trabajo de Graduación

### Criterios de evaluación para los lectores sobre los informes de TFG

**Nota:** Esta es una guía que contiene criterios básicos para la evaluación de los estudiantes del curso trabajo final de graduación por parte de los lectores asignados al tribunal evaluador. Cada uno de los aspectos se evalúa en una ponderación de 0 a 10, en donde 0 es la puntuación mínima y 10 la máxima calificación, considerando la siguiente distribución:

- » De 0 a 5: El estudiante no cumple con el aspecto señalado.
- » De 6 a 8: El estudiante debe mejorar en ese aspecto.
- » De 9 a 10: El estudiante cumple con el aspecto señalado.

NOMBRE DEL  
ESTUDIANTE:  
ORGANIZACIÓN:

Aspectos del informe final	Evaluación del aspecto										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Se logra el cumplimiento de los objetivos planteados para el TFG.											
2. Se hace un uso correcto de los conceptos teóricos y del soporte bibliográfico en la producción y presentación del informe final.											
3. Se logra claridad en la contextualización y abordaje metodológico de la investigación y/o resolución del problema planteado.											
4. Se evidencia el dominio y correcta aplicación de los principios, técnicas y herramientas ingenieriles que demanda el proyecto.											
5. Se evidencia un nivel de profundidad en el abordaje del proyecto realizado acorde con las posibilidades tecnológicas existentes.											
6. Se evidencia de manera clara y ordenada el proceso seguido y los resultados obtenidos en el desarrollo del proyecto.											
7. Se evidencia creatividad en la búsqueda de soluciones a las problemáticas enfrentadas.											
8. Las conclusiones y recomendaciones reflejan el trabajo realizado y se realizan aportes relevantes para futuros trabajos.											
9. Se evidencia en el trabajo realizado la aplicación de capacidades para la investigación.											
10. Se evidencia en el informe final una buena organización, ortografía, diagramación y redacción.											

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS:

NOMBRE DEL LECTOR:

FIRMA:\_\_\_\_\_

FECHA:

**TEC – Área Ingeniería en Computadores (CE)**  
**Trabajo final de graduación**  
**Criterios de evaluación sobre la defensa oral por parte del tribunal evaluador**

**Nota:** Esta es una guía que contiene criterios básicos para la evaluación de los estudiantes del curso trabajo final de graduación por parte de los lectores asignados al tribunal evaluador. Cada uno de los aspectos se evalúa en una ponderación de 0 a 10, en donde 0 es la puntuación mínima y 10 la máxima calificación, considerando la siguiente distribución:

- » De 0 a 5: El estudiante no cumple con el aspecto señalado.
- » De 6 a 8: El estudiante debe mejorar en ese aspecto.
- » De 9 a 10: El estudiante cumple con el aspecto señalado.

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:**

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL:**

Aspectos de la defensa	Evaluación del aspecto										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. El material utilizado para la exposición se presentó libre de errores, legible y ordenado de forma correcta.											
2. Se logró una exposición clara de las ideas y de la secuencia de estas.											
3. Se mostró un dominio claro del tema y del trabajo realizado durante la defensa.											
4. Se mostró seguridad y dominio en la resolución de las preguntas planteadas por el tribunal.											
5. Se logró un manejo del tiempo acorde con los límites establecidos para el proceso de defensa.											
6. Se evidencia congruencia entre el informe final y la defensa presentada.											
7. Se evidenció la Integración de herramientas y habilidades para lograr una adecuada comunicación en la defensa.											
8. El lenguaje utilizado y el acompañamiento gestual contribuyeron a la presentación de las ideas.											
9. Mostró con claridad la aplicación de los fundamentos ingenieriles utilizados en su proyecto											
10. Ponderación general de la defensa presentada.											

**OBSERVACIONES Y COMENTARIOS:**

**FIRMA:** \_\_\_\_\_

**FECHA:**



*10.1.1.6 ANEXO 6 – Portada para el informe del Trabajo Final de Graduación*

**Instituto Tecnológico de Costa Rica**

**Área Académica de Ingeniería en Computadores**

(Computer Engineering Academic Area)

**Programa de Licenciatura en Ingeniería en Computadores**

(Licentiate Degree Program in Computer Engineering)



**<Título completo del proyecto en español >**

(<Full Title of the project in English>)

**Informe de Trabajo de Graduación para optar por el título de Ingeniero en  
Computadores con grado académico de Licenciatura**

(Report of Graduation Work in fulfillment of the requirements for the degree of Licentiate in Computer Engineering)

**<ponga aquí su nombre completo>**

**Cartago, <Mes>, <año>**

(Cartago, <Month>, <year>)

*10.1.1.7 ANEXO 7 – Criterios de evaluación definidos para el profesor asesor*

**TEC – Área Ingeniería en Computadores (CE)**  
**Trabajo de Graduación**  
**Evaluación intermedia No. 1 del profesor asesor**

**Nota:** Esta es una guía que contiene criterios básicos para la evaluación de los estudiantes del curso trabajo final de graduación por parte de los asesores asignados. Cada uno de los aspectos se evalúa en una ponderación de 0 a 10, en donde 0 es la puntuación mínima y 10 la máxima calificación, considerando la siguiente distribución:

- » De 0 a 5: El estudiante no cumple con el aspecto señalado.
- » De 6 a 8: El estudiante debe mejorar en ese aspecto.
- » De 9 a 10: El estudiante cumple con el aspecto señalado.

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** \_\_\_\_\_

**PROFESOR ASESOR:** \_\_\_\_\_

Aspecto	Evaluación del aspecto										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Secumplió con la calendarización establecida para la entrega de los informes de avance y productos.											
2. Se apegaron estos informes y productos al formato y contenido definidos, así como a los acuerdos y retroalimentaciones generadas.											
3. Los objetivos del proyecto son congruentes con el problema definido.											
4. Se logró un marco teórico acorde con las características y exigencias del proyecto.											
5. El proceso propuesto para abordar el proyecto está debidamente fundamentado.											
6. Los productos presentados a la fecha reflejan la aplicación correcta de conceptos de ingeniería.											
7. Los productos entregados a la fecha denotan buena ortografía, redacción y organización.											

**OBSERVACIONES Y COMENTARIOS:**

_____
-------

**FIRMA:** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

_____
-------

**TEC – Área Ingeniería en Computadores (CE)**  
**Trabajo de Graduación**  
**Evaluación intermedia No. 2 del profesor asesor**

**Nota:** Esta es una guía que contiene criterios básicos para la evaluación de los estudiantes del curso trabajo final de graduación por parte de los lectores asignados al tribunal evaluador. Cada uno de los aspectos se evalúa en una ponderación de 0 a 10, en donde 0 es la puntuación mínima y 10 la máxima calificación, considerando la siguiente distribución:

- » De 0 a 5: El estudiante no cumple con el aspecto señalado.
- » De 6 a 8: El estudiante debe mejorar en ese aspecto.
- » De 9 a 10: El estudiante cumple con el aspecto señalado.

**NOMBRE DEL**

**ESTUDIANTE:**

**PROFESOR ASESOR:**

Aspecto	Evaluación del aspecto										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Se cumplió con según la calendarización establecida para la entrega de los informes de avance y productos.											
2. Se apegan los informes y productos al formato, contenido y lineamientos definidos, así como a los acuerdos y retroalimentaciones generadas.											
3. El proceso seguido evidencia la aplicación de capacidad investigativa por parte del estudiante.											
4. Se integraron adecuadamente los conceptos teóricos y prácticos en el trabajo realizado.											
5. El trabajo realizado evidencia el logro de los objetivos planteados.											
6. Los productos presentados a la fecha reflejan la aplicación correcta de conceptos de ingeniería.											
7. Los productos entregados a la fecha denotan buena ortografía, redacción y organización.											

**OBSERVACIONES Y COMENTARIOS:**

**FIRMA:** \_\_\_\_\_

**FECHA:**

# TEC – Área Ingeniería en Computadores (CE)

## Trabajo de Graduación

### Evaluación final del profesor asesor

**Nota:** Esta es una guía que contiene criterios básicos para la evaluación de los estudiantes del curso trabajo final de graduación por parte de los lectores asignados al tribunal evaluador. Cada uno de los aspectos se evalúa en una ponderación de 0 a 10, en donde 0 es la puntuación mínima y 10 la máxima calificación, considerando la siguiente distribución:

- » De 0 a 5: El estudiante no cumple con el aspecto señalado.
- » De 6 a 8: El estudiante debe mejorar en ese aspecto.
- » De 9 a 10: El estudiante cumple con el aspecto señalado.

NOMBRE DEL  
ESTUDIANTE:

PROFESOR ASESOR:

#### A. Sobre aspectos conductuales y la comunicación a lo largo del proceso (10%)

Aspecto	Evaluación del aspecto										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. El estudiante mostró un adecuado nivel de responsabilidad en el cumplimiento de las labores asignadas.											
2. El estudiante mostró iniciativa en el desarrollo de sus funciones.											
3. El comportamiento del estudiante evidenció profesionalismo en el tratamiento de sus labores, en particular con preocupación por el interés público y el comportamiento ético.											
4. El estudiante evidenció capacidad de aprendizaje y autonomía en el desempeño de sus labores.											
5. El estudiante evidenció buen manejo de las relaciones interpersonales y de la comunicación.											

#### B. Sobre el informe final (25%)

Aspecto	Evaluación del aspecto										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Se logra el cumplimiento de los objetivos planteados para el TFG.											
2. Se hace un uso correcto de los conceptos teóricos y del soporte bibliográfico en la producción y presentación del informe final.											

Aspecto	Evaluación del aspecto										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3. Se logra claridad en la contextualización y abordaje metodológico de la investigación y/o resolución del problema planteado.											
4. Se evidencia el dominio y correcta aplicación de los principios, técnicas y herramientas ingenieriles que demanda el proyecto.											
5. Se evidencia un nivel de profundidad en el abordaje del proyecto realizado acorde con las posibilidades tecnológicas existentes.											
6. Se evidencia de manera clara y ordenada el proceso seguido y los resultados obtenidos en el desarrollo del proyecto.											
7. Se cumple en el informe final con los contenidos estipulados en los respectivos lineamientos para los TFG..											
8. Las conclusiones y recomendaciones reflejan el trabajo realizado y se realizan aportes relevantes para futuros trabajos.											
9. Se evidencia en el trabajo realizado la aplicación de capacidades para la investigación.											
10. Se evidencia en el informe final una buena organización, ortografía, diagramación y redacción.											

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS:

--	--

FIRMA: \_\_\_\_\_

FECHA:

*10.1.1.8 ANEXO 8 – Formato acta de graduación*

## TEC – Área Ingeniería en Computadores (CE)

### Acta de Aprobación de Trabajo Final de Graduación

Con fundamento en lo que establece el “Reglamento de Trabajos Finales de Graduación del Instituto Tecnológico de Costa Rica”, el Tribunal Examinador del Trabajo Final de Graduación , nombrado con el propósito de evaluar el proyecto.

#### “Nombre del Proyecto”

Habiendo analizado el resultado general del trabajo presentado por el/la estudiante

Primer Apellido	Segundo Apellido	Nombre	No. De carné

Emite el siguiente dictamen:

APROBADO

CALIFICACION: \_\_\_\_\_ puntos.

REPROBADO

SE  
RECOMIENDA

NO SE  
RECOMIENDA

Brindarle una nueva oportunidad para la  
DEFENSA PUBLICA de su Trabajo Final

NUEVA FECHA: \_\_\_\_\_

Dando fe de lo aquí expuesto firmamos

\_\_\_\_\_  
XXX  
Profesor Asesor

\_\_\_\_\_  
XXXX  
Profesor Lector

\_\_\_\_\_  
XXXX  
Profesor Lector

Fecha

## Anexo 4

Atributos del egresado y sus rubricas

**Rúbrica 01: Conocimiento de ingeniería**

Capacidad para aplicar los conocimientos a nivel universitario de matemáticas, ciencias naturales, fundamentos de ingeniería y conocimientos especializados de ingeniería para la solución de problemas complejos de ingeniería.		
I. Capacidad para aplicar conceptos matemáticos y de ciencias naturales relevantes, a nivel universitario, en el campo de la ingeniería.	M. Capacidad para colaborar de forma activa en equipos de trabajo para la realización de las labores	A. Capacidad para aplicar los conocimientos especializados en los diversos campos de la ingeniería.

Nivel de desarrollo	Dimensión	Niveles de desempeño esperado			
		1	2	3	4
I	Conceptos matemáticos o de ciencias naturales para la resolución de problemas.	Carece de aplicación de conceptos matemáticos o ciencias naturales para la resolución de problemas.	Tiene dificultades para aplicar conceptos matemáticos o de ciencias naturales para la resolución de problemas.	Aplica conceptos matemáticos o de ciencias naturales sin lograr la resolución del problema.	Aplica conceptos matemáticos o de ciencias naturales para la resolución de problemas.
M	Fundamentos de ingeniería en el campo de especialidad para la resolución de problemas.	Carece de aplicación de conceptos de fundamentos de ingeniería en el campo de su especialidad para la resolución de problemas.	Tiene dificultades para aplicar conceptos de fundamentos de ingeniería en el campo de su especialidad para la resolución de problemas.	Aplica conceptos de fundamentos de ingeniería en el campo de su especialidad sin lograr la resolución de problemas.	Aplica conceptos de fundamentos de ingeniería en el campo de su especialidad para la resolución de problemas.
A	Conocimiento especializado de ingeniería en el campo de su especialidad para la resolución de problemas.	Carece de aplicación de conocimiento especializado de ingeniería en el campo de su especialidad para la resolución de problemas.	Tiene dificultades para aplicar conocimiento especializado de ingeniería en el campo de su especialidad para la resolución de problemas.	Aplica conocimiento especializado de ingeniería en el campo de su especialidad sin lograr la resolución de problemas.	Aplica conocimiento especializado de ingeniería en el campo de su especialidad para la resolución de problemas.

**Rúbrica 02: Análisis de Problemas**

<p>Capacidad para utilizar los conocimientos y habilidades apropiadas para identificar, formular, investigar en la literatura, analizar, y resolver problemas complejos de ingeniería con el fin de llegar a conclusiones fundamentadas, utilizando principios de matemática, ciencias naturales y ciencias de la ingeniería.</p>																																										
I. Capacidad para identificar la naturaleza de problemas ingeniería de acuerdo con su campo de estudio		M. Capacidad para analizar y resolver problemas de ingeniería bajo los principios fundamentales del área		A. Capacidad para evaluar soluciones de problemas complejos de ingeniería con el fin de llegar a conclusiones fundamentadas																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nivel de desarrollo</th><th rowspan="2">Dimensión</th><th colspan="4">Niveles de desempeño esperado</th></tr> <tr> <th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td><td>Identificación de un problema complejo de ingeniería</td><td>Carece de identificación del problema complejo de ingeniería.</td><td>Tiene dificultades para identificar un problema complejo de ingeniería.</td><td>Identifica un problema complejo de ingeniería sin establecer relación con su área de especialidad.</td><td>Identifica un problema complejo de ingeniería según su área de especialidad.</td></tr> <tr> <td rowspan="3">M</td><td>Análisis de un problema complejo de ingeniería</td><td>Carece de análisis de un problema complejo de ingeniería</td><td>Tiene dificultades para analizar un problema complejo de ingeniería</td><td>Analiza el problema complejo de ingeniería sin considerar las variables pertinentes según su campo de especialidad</td><td>Analiza un problema complejo de ingeniería considerando las variables pertinentes según su campo de especialidad</td></tr> <tr> <td>Formulación de plan de solución al problema</td><td>Carece de formulación de plan de solución al problema</td><td>Tiene dificultades para formular un plan de solución para el problema</td><td>Formula un plan de solución para un problema sin considerar aspectos fundamentales de su campo especialidad.</td><td>Formula un plan de solución para un problema complejo de ingeniería según su campo especialidad.</td></tr> <tr> <td>Resolución del problema</td><td>Carece de resolución al problema de ingeniería</td><td>Tiene dificultades para resolver el problema de ingeniería</td><td>Resuelve un problema complejo de ingeniería sin considerar las variables pertinentes según su campo de especialidad</td><td>Resuelve el problema propuesto considerando las variables pertinentes.</td></tr> <tr> <td>A</td><td>Evaluación de las soluciones al problema</td><td>Carece de evaluación de las soluciones planteadas al problema complejo de ingeniería.</td><td>Tiene dificultades para evaluar las soluciones planteadas al problema complejo de ingeniería</td><td>Evalúa las soluciones planteadas al problema complejo de ingeniería, sin utilizar criterios objetivos, precisos o válidos.</td><td>Evalúa de forma objetiva, válida y precisa las soluciones planteadas al problema complejo de ingeniería.</td></tr> </tbody> </table>					Nivel de desarrollo	Dimensión	Niveles de desempeño esperado				1	2	3	4	I	Identificación de un problema complejo de ingeniería	Carece de identificación del problema complejo de ingeniería.	Tiene dificultades para identificar un problema complejo de ingeniería.	Identifica un problema complejo de ingeniería sin establecer relación con su área de especialidad.	Identifica un problema complejo de ingeniería según su área de especialidad.	M	Análisis de un problema complejo de ingeniería	Carece de análisis de un problema complejo de ingeniería	Tiene dificultades para analizar un problema complejo de ingeniería	Analiza el problema complejo de ingeniería sin considerar las variables pertinentes según su campo de especialidad	Analiza un problema complejo de ingeniería considerando las variables pertinentes según su campo de especialidad	Formulación de plan de solución al problema	Carece de formulación de plan de solución al problema	Tiene dificultades para formular un plan de solución para el problema	Formula un plan de solución para un problema sin considerar aspectos fundamentales de su campo especialidad.	Formula un plan de solución para un problema complejo de ingeniería según su campo especialidad.	Resolución del problema	Carece de resolución al problema de ingeniería	Tiene dificultades para resolver el problema de ingeniería	Resuelve un problema complejo de ingeniería sin considerar las variables pertinentes según su campo de especialidad	Resuelve el problema propuesto considerando las variables pertinentes.	A	Evaluación de las soluciones al problema	Carece de evaluación de las soluciones planteadas al problema complejo de ingeniería.	Tiene dificultades para evaluar las soluciones planteadas al problema complejo de ingeniería	Evalúa las soluciones planteadas al problema complejo de ingeniería, sin utilizar criterios objetivos, precisos o válidos.	Evalúa de forma objetiva, válida y precisa las soluciones planteadas al problema complejo de ingeniería.
Nivel de desarrollo	Dimensión	Niveles de desempeño esperado																																								
		1	2	3	4																																					
I	Identificación de un problema complejo de ingeniería	Carece de identificación del problema complejo de ingeniería.	Tiene dificultades para identificar un problema complejo de ingeniería.	Identifica un problema complejo de ingeniería sin establecer relación con su área de especialidad.	Identifica un problema complejo de ingeniería según su área de especialidad.																																					
M	Análisis de un problema complejo de ingeniería	Carece de análisis de un problema complejo de ingeniería	Tiene dificultades para analizar un problema complejo de ingeniería	Analiza el problema complejo de ingeniería sin considerar las variables pertinentes según su campo de especialidad	Analiza un problema complejo de ingeniería considerando las variables pertinentes según su campo de especialidad																																					
	Formulación de plan de solución al problema	Carece de formulación de plan de solución al problema	Tiene dificultades para formular un plan de solución para el problema	Formula un plan de solución para un problema sin considerar aspectos fundamentales de su campo especialidad.	Formula un plan de solución para un problema complejo de ingeniería según su campo especialidad.																																					
	Resolución del problema	Carece de resolución al problema de ingeniería	Tiene dificultades para resolver el problema de ingeniería	Resuelve un problema complejo de ingeniería sin considerar las variables pertinentes según su campo de especialidad	Resuelve el problema propuesto considerando las variables pertinentes.																																					
A	Evaluación de las soluciones al problema	Carece de evaluación de las soluciones planteadas al problema complejo de ingeniería.	Tiene dificultades para evaluar las soluciones planteadas al problema complejo de ingeniería	Evalúa las soluciones planteadas al problema complejo de ingeniería, sin utilizar criterios objetivos, precisos o válidos.	Evalúa de forma objetiva, válida y precisa las soluciones planteadas al problema complejo de ingeniería.																																					

**Rúbrica 03: Diseño**

Capacidad para diseñar soluciones de problemas complejos de ingeniería, con final abierto y diseñar sistemas, componentes o procesos que cumplan con necesidades específicas, considerando la salud pública, seguridad, estándares pertinentes, así como los aspectos culturales, sociales, económicos y ambientales		
I. Capacidad para describir un problema complejo de ingeniería en términos de requerimientos de diseño y limitantes.	M. Capacidad para elaborar y comparar propuestas de diseño de ingeniería para sistemas, componentes o procesos, de acuerdo con requerimientos establecidos.	A. Capacidad para validar un diseño final a partir de la comparación de posibles soluciones y su implementación

Nivel de desarrollo	Dimensión	Niveles de desempeño esperado			
		1	2	3	4
I	Determinación de requerimientos	Carece de determinación de los requerimientos de ingeniería para un problema complejo.	Determina parcialmente los requerimientos de ingeniería para un problema complejo.	Determina los requerimientos de ingeniería para un problema complejo sin considerar las partes involucradas, estado del arte, estándares, normas, entre otros.	Determina los requerimientos de ingeniería para un problema complejo considerando partes involucradas, estado del arte, estándares, normas, entre otros.
M	Elaboración de opciones de solución	Carece de opciones de solución para el problema.	Elabora parcialmente una opción de solución para el problema.	Elabora una opción de solución para el problema.	Elabora opciones de solución para el problema.
	Comparación de opciones de solución	Carece de comparación de opciones para las soluciones propuestas.	Compara parcialmente opciones de solución, de acuerdo con los requerimientos y otros aspectos aplicables de salud, seguridad, ambientales, económicos, culturales, sociales y de estándares.	Compara opciones de solución, de acuerdo con los requerimientos considerando algunos aspectos aplicables de salud, seguridad, ambientales, económicos, culturales, sociales y de estándares.	Compara opciones de solución, de acuerdo con los requerimientos y otros aspectos aplicables de salud, seguridad, ambientales, económicos, culturales, sociales y de estándares.
	Selección de opciones de solución	Carece de selección de opciones de solución	Selecciona una propuesta de solución sin considerar los elementos de comparación planteados.	Selecciona una propuesta de solución considerando parcialmente los elementos de comparación planteados.	Selecciona una propuesta final de las opciones de solución de acuerdo con los criterios de comparación.
A	Implementación del diseño	Carece de la implementación del diseño	Implementa un diseño parcial	Implementa un diseño final que cambia algunos aspectos de la solución seleccionada.	Implementa un diseño final de acuerdo con la solución seleccionada.
	Validación de la solución	Carece de la validación del diseño final.	Valida parcialmente el diseño final de acuerdo con requerimientos y otros aspectos de salud, seguridad, ambientales, económicos, culturales, sociales y de estándares aplicables.	Valida el diseño final de acuerdo con requerimientos considerando algunos aspectos de salud, seguridad, ambientales, económicos, culturales, sociales y de estándares aplicables.	Valida el diseño final de acuerdo con requerimientos y otros aspectos de salud, seguridad, ambientales, económicos, culturales, sociales y de estándares aplicables.

**Rúbrica 04: Investigación**

Capacidad para realizar investigaciones de problemas complejos por medio de conocimientos y métodos apropiados, que incluyen el diseño de experimentos, análisis e interpretación de datos y síntesis de la información con el fin de llegar a conclusiones válidas.					
I. Capacidad para formular propuestas de investigación de problemas complejos de acuerdo con la metodología establecida .		M. Capacidad para desarrollar propuestas de investigación.		A. Capacidad para sintetizar los resultados de investigación con el fin de llegar a conclusiones válidas.	
<b>Niveles de desempeño esperado</b>					
		1	2	3	4
I	Formulación de propuestas de investigación	Carece de la formulación una propuesta de investigación de un problema complejo	Formula parcialmente una propuesta de investigación	Formula una propuesta de investigación considerando la mayoría de los aspectos requeridos de acuerdo con la disciplina	Formula una propuesta de investigación de un problema complejo, considerando los aspectos requeridos de acuerdo con la disciplina.
M	Desarrollo de la propuesta de investigación	Carece del desarrollo de la propuesta de investigación	Desarrolla la propuesta de investigación sin considerar la mayoría de los aspectos de la metodología planteada.	Desarrolla la propuesta de investigación considerando la mayoría de los aspectos de la metodología planteada.	Desarrolla la propuesta de investigación de acuerdo con la metodología planteada.
A	Análisis e interpretación de datos	Carece de análisis e interpretación de los datos	Analiza los datos sin una interpretación de los mismos	Analiza los datos e interpreta incorrectamente los mismos.	Analiza e interpreta los datos.
	Conclusión de la investigación	Carece de conclusiones sobre la investigación	Presenta conclusiones que no son válidas o no tienen relación con la investigación	Presenta conclusiones insuficientes sobre la investigación	Presenta conclusiones válidas a la investigación realizada, a partir del análisis de resultados.

**Rúbrica 05: Herramientas de Ingeniería**

<p>Capacidad para crear, seleccionar, aplicar, y adaptar apropiadamente técnicas, recursos y herramientas modernas de ingeniería y de tecnologías de información, incluyendo predicción y modelado de problemas de complejos de ingeniería, con la comprensión de las limitaciones asociadas.</p>																	
I. Capacidad para seleccionar técnicas, recursos y herramientas modernas de ingeniería en la solución de problemas complejos de ingeniería.		M. Capacidad para aplicar y evaluar técnicas, recursos y herramientas modernas de ingeniería para la solución de problemas complejos de ingeniería, con una comprensión de las limitaciones asociadas.		A. Capacidad para crear o adaptar técnicas, recursos y herramientas modernas de ingeniería para la solución de problemas complejos de ingeniería.													
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Niveles de desempeño esperado</th> </tr> <tr> <th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Selección de técnicas, recursos y herramientas modernas de ingeniería.</td><td>Presenta dificultad para seleccionar técnicas, recursos o herramientas de ingeniería sin criterio técnico.</td><td>Selecciona técnicas, recursos o herramientas de ingeniería sin criterio técnico.</td><td>Selecciona con criterio técnico, recursos o herramientas modernas de ingeniería.</td></tr> </tbody> </table>				Niveles de desempeño esperado				1	2	3	4	Selección de técnicas, recursos y herramientas modernas de ingeniería.	Presenta dificultad para seleccionar técnicas, recursos o herramientas de ingeniería sin criterio técnico.	Selecciona técnicas, recursos o herramientas de ingeniería sin criterio técnico.	Selecciona con criterio técnico, recursos o herramientas modernas de ingeniería.
Niveles de desempeño esperado																	
1	2	3	4														
Selección de técnicas, recursos y herramientas modernas de ingeniería.	Presenta dificultad para seleccionar técnicas, recursos o herramientas de ingeniería sin criterio técnico.	Selecciona técnicas, recursos o herramientas de ingeniería sin criterio técnico.	Selecciona con criterio técnico, recursos o herramientas modernas de ingeniería.														
I	Selección de técnicas, recursos y herramientas modernas de ingeniería.	Omite incluir técnicas, recursos o herramientas modernas de ingeniería.	Presenta dificultad para seleccionar técnicas, recursos o herramientas de ingeniería.	Presenta dificultad para seleccionar técnicas, recursos o herramientas de ingeniería sin criterio técnico.	Selecciona con criterio técnico, recursos o herramientas modernas de ingeniería.												
	Aplicación de técnicas, recursos o herramientas modernas de ingeniería	Carece de aplicación de técnicas, recursos o herramientas de ingeniería	Aplica técnicas, recursos o herramientas de ingeniería incorrectas en la resolución de problemas complejos de ingeniería.	Presenta dificultad para aplicar técnicas, recursos o herramientas de ingeniería en la solución de problemas complejos de ingeniería.	Aplica técnicas, recursos o herramientas modernas de ingeniería en la solución de problemas complejos de ingeniería.												
M	Evaluación de técnicas, recursos o herramientas modernas de ingeniería	Carece de evaluación de técnicas, recursos o herramientas de ingeniería	Presenta dificultad para evaluar técnicas, recursos o herramientas de ingeniería en la solución de problemas complejos de ingeniería.	Evalúa técnicas, recursos o herramientas de ingeniería, sin considerar sus limitaciones	Evalúa técnicas, recursos o herramientas modernas de ingeniería, considerando sus limitaciones, en la solución de problemas complejos de ingeniería.												
	Creación o adaptación de técnicas, recursos, o herramientas de ingeniería	Carece de creación o adaptación de técnicas, recursos o herramientas de ingeniería en la solución de problemas complejos de ingeniería.	Crear o adapta técnicas, recursos o herramientas de ingeniería incorrectas en la solución de problemas complejos de ingeniería.	Crear o adapta técnicas, recursos o herramientas de ingeniería de forma incompleta en la solución de problemas complejos de ingeniería.	Crear o adapta técnicas, recursos o herramientas de ingeniería en la solución de problemas complejos de ingeniería.												
A																	

**Rúbrica 06: Ingeniería y Sociedad**

<p>Capacidad para aplicar razonamientos informados por el conocimiento del contexto, que incluye las valoraciones de aspectos sociales, de salud, de seguridad, legales, culturales y las consecuentes responsabilidades, relevantes para la práctica profesional de la ingeniería y la solución de problemas complejos de ingeniería</p>					
I. Capacidad para describir el contexto relacionado con el problema o la práctica profesional de ingeniería.		M. Capacidad para identificar las responsabilidades profesionales dentro del contexto del problema o la práctica profesional de ingeniería.		A. Capacidad de argumentar la solución del problema o la práctica profesional de ingeniería valorando el contexto y sus responsabilidades profesionales	
<p align="center"><b>Niveles de desempeño esperado (opción 1)</b></p>					
Nivel de desarrollo	Dimensión	1	2	3	4
I	Descripción del contexto relacionado con el problema o la práctica profesional de ingeniería.	Carece de descripción del contexto relacionado con el problema o la práctica profesional de ingeniería.	Describe el contexto considerando alguno de los siguientes aspectos: sociales, de salud, de seguridad, legales y culturales.	Describe el contexto considerando la mayoría de los siguientes aspectos: sociales, de salud, de seguridad, legales y culturales.	Describe el contexto considerando los aspectos sociales, de salud, de seguridad, legales y culturales.
M	Identificación de las responsabilidades profesionales	Omite identificar las responsabilidades profesionales relacionadas con los aspectos sociales, de salud, de seguridad, legales y culturales.	Identifica las responsabilidades profesionales relacionadas con alguno de los siguientes aspectos: sociales, de salud, de seguridad, legales y culturales.	Identifica las responsabilidades profesionales relacionadas con la mayoría de los siguientes aspectos: sociales, de salud, de seguridad, legales y culturales.	Identifica las responsabilidades profesionales relacionadas con los aspectos sociales, de salud, de seguridad, legales y culturales.
A	Argumentación de la solución del problema o práctica profesional de ingeniería	Omite argumentar la solución del problema o la práctica profesional de ingeniería valorando el contexto y sus responsabilidades profesionales	Argumenta la solución del problema o la práctica profesional de ingeniería valorando algunos aspectos del contexto	Argumenta la solución del problema o la práctica profesional de ingeniería valorando el contexto, sin ser consecuente con sus responsabilidades profesionales	Argumenta la solución del problema o la práctica profesional de ingeniería valorando el contexto y sus responsabilidades profesionales

**Rúbrica 07: Ambiente y Sostenibilidad**

<p>Capacidad para comprender y evaluar la sostenibilidad y el impacto del trabajo profesional de ingeniería, en la solución de problemas complejos de ingeniería en los contextos sociales y ambientales.</p>																																
I. Capacidad para comprender el concepto de sostenibilidad en los contextos sociales y ambientales.		M. Capacidad para analizar los efectos del trabajo profesional de ingeniería en contextos sociales y ambientales.		A. Capacidad para evaluar el impacto del trabajo profesional de ingeniería en la solución de problemas complejos en contextos sociales y ambientales.																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nivel de desarrollo</th> <th rowspan="2">Dimensión</th> <th colspan="4">Niveles de desempeño esperado</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>Comprensión del concepto de sostenibilidad</td> <td>Carece del concepto de sostenibilidad</td> <td>Explica parcialmente el concepto de sostenibilidad</td> <td>Explica el concepto de sostenibilidad considerando únicamente el contexto ambiental o social</td> <td>Explica el concepto de sostenibilidad en los contextos sociales y ambientales.</td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>Identificación de relaciones</td> <td>Carece de identificación de los elementos del trabajo profesional de ingeniería relacionados con el contexto social y ambiental</td> <td>Identifica parcialmente los elementos del trabajo profesional de ingeniería relacionados con el contexto social y ambiental</td> <td>Identifica los elementos del trabajo profesional de ingeniería relacionados únicamente con el contexto social o ambiental</td> <td>Identifica los elementos del trabajo profesional de ingeniería relacionados con el contexto social y ambiental</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>Evaluación del impacto social y ambiental de las soluciones de ingeniería propuestas a problemas complejos.</td> <td>Carece de evaluación de impacto social y ambiental de las soluciones de ingeniería propuestas.</td> <td>Evalúa parcialmente el impacto del trabajo profesional de ingeniería, en la solución de problemas complejos, en contextos sociales y ambientales.</td> <td>Evalúa el impacto del trabajo profesional de ingeniería, en la solución de problemas complejos, únicamente en el contexto social o ambiental</td> <td>Evalúa el impacto del trabajo profesional de ingeniería, en la solución de problemas complejos, en contexto social y ambiental</td> </tr> </tbody> </table>					Nivel de desarrollo	Dimensión	Niveles de desempeño esperado				1	2	3	4	I	Comprensión del concepto de sostenibilidad	Carece del concepto de sostenibilidad	Explica parcialmente el concepto de sostenibilidad	Explica el concepto de sostenibilidad considerando únicamente el contexto ambiental o social	Explica el concepto de sostenibilidad en los contextos sociales y ambientales.	M	Identificación de relaciones	Carece de identificación de los elementos del trabajo profesional de ingeniería relacionados con el contexto social y ambiental	Identifica parcialmente los elementos del trabajo profesional de ingeniería relacionados con el contexto social y ambiental	Identifica los elementos del trabajo profesional de ingeniería relacionados únicamente con el contexto social o ambiental	Identifica los elementos del trabajo profesional de ingeniería relacionados con el contexto social y ambiental	A	Evaluación del impacto social y ambiental de las soluciones de ingeniería propuestas a problemas complejos.	Carece de evaluación de impacto social y ambiental de las soluciones de ingeniería propuestas.	Evalúa parcialmente el impacto del trabajo profesional de ingeniería, en la solución de problemas complejos, en contextos sociales y ambientales.	Evalúa el impacto del trabajo profesional de ingeniería, en la solución de problemas complejos, únicamente en el contexto social o ambiental	Evalúa el impacto del trabajo profesional de ingeniería, en la solución de problemas complejos, en contexto social y ambiental
Nivel de desarrollo	Dimensión	Niveles de desempeño esperado																														
		1	2	3	4																											
I	Comprensión del concepto de sostenibilidad	Carece del concepto de sostenibilidad	Explica parcialmente el concepto de sostenibilidad	Explica el concepto de sostenibilidad considerando únicamente el contexto ambiental o social	Explica el concepto de sostenibilidad en los contextos sociales y ambientales.																											
M	Identificación de relaciones	Carece de identificación de los elementos del trabajo profesional de ingeniería relacionados con el contexto social y ambiental	Identifica parcialmente los elementos del trabajo profesional de ingeniería relacionados con el contexto social y ambiental	Identifica los elementos del trabajo profesional de ingeniería relacionados únicamente con el contexto social o ambiental	Identifica los elementos del trabajo profesional de ingeniería relacionados con el contexto social y ambiental																											
A	Evaluación del impacto social y ambiental de las soluciones de ingeniería propuestas a problemas complejos.	Carece de evaluación de impacto social y ambiental de las soluciones de ingeniería propuestas.	Evalúa parcialmente el impacto del trabajo profesional de ingeniería, en la solución de problemas complejos, en contextos sociales y ambientales.	Evalúa el impacto del trabajo profesional de ingeniería, en la solución de problemas complejos, únicamente en el contexto social o ambiental	Evalúa el impacto del trabajo profesional de ingeniería, en la solución de problemas complejos, en contexto social y ambiental																											

**Rúbrica 08: Ética y Equidad**

Capacidad aplicar principios éticos y de equidad y comprometerse con la ética profesional, las responsabilidades y normas de la práctica de la ingeniería.					
I. Capacidad para describir acciones responsables relacionados con dilemas éticos y basados en la equidad.		M. Capacidad para proponer acciones responsables, equitativas y éticas.		A. Capacidad para analizar sus actitudes profesionales con responsabilidad, equidad y ética.	
<b>Niveles de desempeño esperado</b>					
		1	2	3	4
I	Problemas y dilemas relacionados con la ética y la equidad propios de su especialidad.	Carece de identificación de problemas y dilemas relacionados con la ética y la equidad propios de su especialidad.	Presenta dificultad para identificar problemas y dilemas relacionados con la ética y la equidad propios de su especialidad.	Identifica problemas y dilemas relacionándolos únicamente con la ética o la equidad propios de su especialidad	Identifica problemas y dilemas relacionados con la ética y la equidad propios de su especialidad.
M	Normas y códigos éticos y de equidad relacionados con su especialidad.	Omite normas y códigos éticos y de equidad relacionados con su especialidad.	Aplica de forma incorrecta normas y códigos éticos y de equidad relacionados con su especialidad.	Aplica algunas normas y códigos éticos y de equidad relacionados con su especialidad	Aplica normas y códigos éticos y de equidad relacionados con su especialidad.
	Acciones pertinentes a problemas éticos y de equidad propios de su especialidad.	Omite definir acciones pertinentes a problemas éticos y de equidad propios de su especialidad	Propone acciones que no son pertinentes a problemas éticos y de equidad propios de su especialidad.	Propone algunas acciones pertinentes a problemas éticos y de equidad propios de su especialidad	Propone acciones pertinentes a problemas éticos y de equidad propios de su especialidad.
A	Implicaciones éticas y de equidad en la práctica científica y profesional	Omite el análisis de las implicaciones éticas y de equidad en la práctica científica y profesional	Analiza de forma incorrecta las implicaciones éticas y de equidad en la práctica científica y profesional	Analiza algunas implicaciones éticas y de equidad en la práctica científica y profesional	Analiza las implicaciones éticas y de equidad en la práctica científica y profesional

**Rúbrica 09: Trabajo individual y en Equipo**

Capacidad para trabajar efectivamente como miembro o líder de equipos, preferiblemente en un entorno multidisciplinario.					
		I. Capacidad para organizar (realizar o elaborar) actividades individuales como integrante en el equipo de trabajo.	M. Capacidad para colaborar de forma activa en equipos de trabajo para la realización de las labores asignadas	A. Capacidad para evaluar el trabajo individual y de equipo	
Nivel de desarrollo	Dimensión	Niveles de desempeño esperado			
		1	2	3	4
I	Lineamientos para el trabajo en equipo	Carece de lineamientos para el trabajo en equipo	Establece lineamientos inadecuados para el trabajo en equipo (metas, roles, reglas, cronogramas, bitácoras, otros)	Establece lineamientos adecuados para el trabajo en equipo de forma incompleta (metas, roles, reglas, cronogramas, bitácoras, otros)	Establece lineamientos adecuados para el trabajo en equipo (metas, roles, reglas, cronogramas, bitácoras, otros).
	Rol y responsabilidades como miembro de un equipo de trabajo.	Carece de la identificación de su rol y responsabilidades como miembro de un equipo de trabajo.	Identifica su rol sin establecer las responsabilidades como miembro de un equipo de trabajo.	Identifica su rol y establece algunas responsabilidades como miembro de un equipo de trabajo.	Identifica su rol y responsabilidades como miembro de un equipo de trabajo.
M	Participación en el equipo de trabajo de acuerdo con el rol asignado.	Carece de participación dentro del equipo de trabajo	Participa de forma intermitente en el equipo de trabajo sin cumplir con el rol asignado.	Participa activamente en el equipo de trabajo sin cumplir con el rol asignado.	Participa activamente en el equipo de trabajo de acuerdo con el rol asignado.
	Ejecución de lineamientos para trabajo en equipos.	Carece de ejecución de los lineamientos para el trabajo en equipo	Ejecuta inadecuadamente los lineamientos para el trabajo en equipo (metas, roles, reglas, cronogramas, bitácoras, otros)	Ejecuta adecuadamente la mayoría de los lineamientos para el trabajo en equipo (metas, roles, reglas, cronogramas, bitácoras, otros)	Ejecuta adecuadamente los lineamientos para el trabajo en equipo (metas, roles, reglas, cronogramas, bitácoras, otros).
A	Contribuciones individuales para el cumplimiento de las metas del equipo (autoevaluación y evaluación entre pares).	Carece del cumplimiento de las evaluaciones sobre las contribuciones individuales para el logro de las metas del equipo.	Evaluúa únicamente el cumplimiento de las contribuciones individuales propias para el logro de las metas del equipo.	Evaluúa únicamente las contribuciones individuales propias para el logro de las metas del equipo.	Evaluúa el cumplimiento de las contribuciones individuales (tanto propias como de los demás miembros del equipo) para el logro de las metas del equipo.

**Rúbrica 10: Habilidades de Comunicación**

Capacidad para comunicar conceptos complejos de Ingeniería, dentro de la profesión y con la sociedad en general. Estas habilidades incluyen: la habilidad de comprender y escribir efectivamente informes, documentación de diseños, realizar presentaciones efectivas, dar y recibir instrucciones claras. Es conveniente incentivar la capacidad de comunicarse en un segundo idioma.

I. Capacidad para comprender y producir discursos académicos introductorios de forma oral y escrita (de ser posible en un segundo idioma).	M. Capacidad para elaborar informes, procedimientos, documentación de diseños y presentaciones (de ser posible en un segundo idioma).	A. Capacidad para comunicar conceptos complejos de ingeniería de acuerdo con la audiencia (de ser posible en un segundo idioma).
--	---	--

Nivel de desarrollo	Dimensión	Niveles de desempeño esperado			
		1	2	3	4
I	Producción de discursos académicos introductorios de forma oral y escrita para demostrar sus ideas y comprensión de conceptos.	Carece de la producción de discursos académicos.	Produce discursos académicos introductorios de forma oral o escrita, sin demostrar claridad en las ideas y comprensión de conceptos.	Produce discursos académicos introductorios únicamente de forma oral o escrita para demostrar sus ideas y comprensión de conceptos.	
M	Informes técnicos, procedimientos o documentación de diseños.	Carece de elaboración de informes.	Elabora informes técnicos, procedimientos o documentación de diseños sin considerar los requerimientos establecidos	Elabora informes técnicos, procedimientos o documentación de diseños considerando la mayoría de los requerimientos establecidos	Elabora informes técnicos, procedimientos o documentación de diseños de acuerdo con los requerimientos establecidos
	Presentaciones efectivas.	Carece de presentación oral.	Presenta problemas para comunicar oralmente el tema asignado	Realiza presentación oral de acuerdo con el tema asignado sin considerar los requerimientos	Realiza presentación de forma oral de acuerdo con el tema asignado y los requerimientos establecidos
A	Comunicación de conceptos complejos de ingeniería de acuerdo con la audiencia.	Carece de comunicación de conceptos complejos de ingeniería.	Presenta problemas para comunicar conceptos complejos de ingeniería.	Comunica conceptos complejos de ingeniería sin considerar la audiencia.	Comunica conceptos complejos de ingeniería de acuerdo con la audiencia.

#### Rúbrica 11: Administración de proyectos y Finanzas

<p>Capacidad para incorporar apropiadamente las prácticas administrativas, económicas y de negocios, tales como administración de proyectos, administración del riesgo y gestión del cambio dentro de la práctica de la Ingeniería así como entender sus limitaciones. Es deseable también la comprensión de los aspectos básicos de la generación y gestión de empresas de base tecnológica.</p>																																
I. Capacidad para comprender los conceptos básicos de finanzas y administración de proyectos asociados a la práctica de la ingeniería.	M. Capacidad para aplicar prácticas de administración de proyectos y finanzas en el ejercicio de la ingeniería.		A. Capacidad para analizar la administración del proyecto y finanzas, como insumo para la toma de decisiones.																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nivel de desarrollo</th> <th rowspan="2">Dimensión</th> <th colspan="4">Niveles de desempeño esperado</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>Conceptos de finanzas y administración de proyectos de acuerdo al contexto.</td> <td>Carece de la determinación de los conceptos de finanzas y administración de proyectos .</td> <td>Tiene dificultades para determinar los conceptos de finanzas y administración de proyectos.</td> <td>Determina de forma correcta los conceptos de finanzas y los de administración de proyectos sin considerar el contexto.</td> <td>Determina los conceptos de finanzas y administración de proyectos de acuerdo al contexto.</td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>Elementos de la administración de proyectos y finanzas.</td> <td>Carece de la aplicación de los elementos de la administración de proyectos y finanzas.</td> <td>Tiene dificultades para aplicar los elementos de la administración de proyectos y finanzas.</td> <td>Aplica los elementos de la administración de proyectos y finanzas sin obtener los resultados esperados.</td> <td>Aplica los elementos de la administración de proyectos y finanzas.</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>Análisis de Administración y finanzas del proyecto .</td> <td>Carece del análisis de la administración y finanzas del proyecto.</td> <td>Tiene dificultades para analizar la administración y finanzas del proyecto.</td> <td>Analiza la administración y finanzas del proyecto sin considerar las limitaciones en las prácticas de ingeniería.</td> <td>Analiza la administración y finanzas del proyecto, considerando las limitaciones en las prácticas de ingeniería.</td> </tr> </tbody> </table>					Nivel de desarrollo	Dimensión	Niveles de desempeño esperado				1	2	3	4	I	Conceptos de finanzas y administración de proyectos de acuerdo al contexto.	Carece de la determinación de los conceptos de finanzas y administración de proyectos .	Tiene dificultades para determinar los conceptos de finanzas y administración de proyectos.	Determina de forma correcta los conceptos de finanzas y los de administración de proyectos sin considerar el contexto.	Determina los conceptos de finanzas y administración de proyectos de acuerdo al contexto.	M	Elementos de la administración de proyectos y finanzas.	Carece de la aplicación de los elementos de la administración de proyectos y finanzas.	Tiene dificultades para aplicar los elementos de la administración de proyectos y finanzas.	Aplica los elementos de la administración de proyectos y finanzas sin obtener los resultados esperados.	Aplica los elementos de la administración de proyectos y finanzas.	A	Análisis de Administración y finanzas del proyecto .	Carece del análisis de la administración y finanzas del proyecto.	Tiene dificultades para analizar la administración y finanzas del proyecto.	Analiza la administración y finanzas del proyecto sin considerar las limitaciones en las prácticas de ingeniería.	Analiza la administración y finanzas del proyecto, considerando las limitaciones en las prácticas de ingeniería.
Nivel de desarrollo	Dimensión	Niveles de desempeño esperado																														
		1	2	3	4																											
I	Conceptos de finanzas y administración de proyectos de acuerdo al contexto.	Carece de la determinación de los conceptos de finanzas y administración de proyectos .	Tiene dificultades para determinar los conceptos de finanzas y administración de proyectos.	Determina de forma correcta los conceptos de finanzas y los de administración de proyectos sin considerar el contexto.	Determina los conceptos de finanzas y administración de proyectos de acuerdo al contexto.																											
M	Elementos de la administración de proyectos y finanzas.	Carece de la aplicación de los elementos de la administración de proyectos y finanzas.	Tiene dificultades para aplicar los elementos de la administración de proyectos y finanzas.	Aplica los elementos de la administración de proyectos y finanzas sin obtener los resultados esperados.	Aplica los elementos de la administración de proyectos y finanzas.																											
A	Análisis de Administración y finanzas del proyecto .	Carece del análisis de la administración y finanzas del proyecto.	Tiene dificultades para analizar la administración y finanzas del proyecto.	Analiza la administración y finanzas del proyecto sin considerar las limitaciones en las prácticas de ingeniería.	Analiza la administración y finanzas del proyecto, considerando las limitaciones en las prácticas de ingeniería.																											

#### Rúbrica 12: Aprendizaje Continuo

<p>Capacidad para reconocer las necesidades propias de aprendizaje y la habilidad de vincularse en un proceso de aprendizaje independiente durante toda la vida, en un contexto de amplio cambio tecnológico.</p>																																
I. Capacidad para identificar sus necesidades educativas o de aprendizaje de acuerdo con los objetivos o las intenciones de aprendizaje.	M. Capacidad para ejecutar estrategias con el fin de resolver sus necesidades educativas o de aprendizaje, de acuerdo con los objetivos o las intenciones de aprendizaje.		A. Capacidad para valorar las estrategias y el conocimiento adquirido para alcanzar los objetivos o las intenciones de aprendizaje.																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nivel de desarrollo</th> <th rowspan="2">Dimensión</th> <th colspan="4">Niveles de desempeño esperado</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>Identificación de necesidades de aprendizaje</td> <td>Carece de identificación de las necesidades de aprendizaje.</td> <td>Identifica algunas de sus necesidades de aprendizaje.</td> <td>Identifica algunas necesidades de aprendizaje sin considerar los objetivos o las intenciones de aprendizaje.</td> <td>Identifica sus necesidades de aprendizaje (conocimiento, habilidades, destrezas o actitudes) en un contexto de amplio cambio tecnológico</td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>Estrategias para satisfacer necesidades de aprendizaje de acuerdo con los objetivos o las intenciones de aprendizaje.</td> <td>Carece de implementar estrategias para satisfacer necesidades de aprendizaje.</td> <td>Implementa algunas estrategias para satisfacer necesidades de aprendizaje.</td> <td>Implementa algunas estrategias para satisfacer necesidades de aprendizaje sin considerar los objetivos o las intenciones de aprendizaje.</td> <td>Implementa estrategias para satisfacer necesidades de aprendizaje de acuerdo con los objetivos o las intenciones de aprendizaje.</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>Conocimiento adquirido y las estrategias implementadas para satisfacer las necesidades de aprendizaje</td> <td>Carece de valoración del conocimiento adquirido</td> <td>Valora el conocimiento adquirido sin considerar las estrategias implementadas.</td> <td>Valora el conocimiento adquirido y algunas estrategias implementadas para satisfacer las necesidades de aprendizaje .</td> <td>Valora el conocimiento adquirido y las estrategias implementadas para satisfacer las necesidades de aprendizaje</td> </tr> </tbody> </table>					Nivel de desarrollo	Dimensión	Niveles de desempeño esperado				1	2	3	4	I	Identificación de necesidades de aprendizaje	Carece de identificación de las necesidades de aprendizaje.	Identifica algunas de sus necesidades de aprendizaje.	Identifica algunas necesidades de aprendizaje sin considerar los objetivos o las intenciones de aprendizaje.	Identifica sus necesidades de aprendizaje (conocimiento, habilidades, destrezas o actitudes) en un contexto de amplio cambio tecnológico	M	Estrategias para satisfacer necesidades de aprendizaje de acuerdo con los objetivos o las intenciones de aprendizaje.	Carece de implementar estrategias para satisfacer necesidades de aprendizaje.	Implementa algunas estrategias para satisfacer necesidades de aprendizaje.	Implementa algunas estrategias para satisfacer necesidades de aprendizaje sin considerar los objetivos o las intenciones de aprendizaje.	Implementa estrategias para satisfacer necesidades de aprendizaje de acuerdo con los objetivos o las intenciones de aprendizaje.	A	Conocimiento adquirido y las estrategias implementadas para satisfacer las necesidades de aprendizaje	Carece de valoración del conocimiento adquirido	Valora el conocimiento adquirido sin considerar las estrategias implementadas.	Valora el conocimiento adquirido y algunas estrategias implementadas para satisfacer las necesidades de aprendizaje .	Valora el conocimiento adquirido y las estrategias implementadas para satisfacer las necesidades de aprendizaje
Nivel de desarrollo	Dimensión	Niveles de desempeño esperado																														
		1	2	3	4																											
I	Identificación de necesidades de aprendizaje	Carece de identificación de las necesidades de aprendizaje.	Identifica algunas de sus necesidades de aprendizaje.	Identifica algunas necesidades de aprendizaje sin considerar los objetivos o las intenciones de aprendizaje.	Identifica sus necesidades de aprendizaje (conocimiento, habilidades, destrezas o actitudes) en un contexto de amplio cambio tecnológico																											
M	Estrategias para satisfacer necesidades de aprendizaje de acuerdo con los objetivos o las intenciones de aprendizaje.	Carece de implementar estrategias para satisfacer necesidades de aprendizaje.	Implementa algunas estrategias para satisfacer necesidades de aprendizaje.	Implementa algunas estrategias para satisfacer necesidades de aprendizaje sin considerar los objetivos o las intenciones de aprendizaje.	Implementa estrategias para satisfacer necesidades de aprendizaje de acuerdo con los objetivos o las intenciones de aprendizaje.																											
A	Conocimiento adquirido y las estrategias implementadas para satisfacer las necesidades de aprendizaje	Carece de valoración del conocimiento adquirido	Valora el conocimiento adquirido sin considerar las estrategias implementadas.	Valora el conocimiento adquirido y algunas estrategias implementadas para satisfacer las necesidades de aprendizaje .	Valora el conocimiento adquirido y las estrategias implementadas para satisfacer las necesidades de aprendizaje																											

## Anexo 5

### Programas de Estudio

Programa del curso CE1101

## **Introducción a la Programación**

Área Académica de Ingeniería en Computadores

Licenciatura en Ingeniería en Computadores.

[Última revisión de la plantilla: 31 de agosto del 2021]

## 1 Datos generales

<b>Nombre del curso:</b>	Introducción a la Programación
<b>Código:</b>	CE1101
<b>Tipo de curso:</b>	Teórico - Práctico
<b>Electivo o no:</b>	Obligatorio
<b>Nº de créditos:</b>	3
<b>Nº horas de clase por semana:</b>	4
<b>Nº horas extraclase por semana:</b>	5
<b>Ubicación en el plan de estudios:</b>	1er semestre
 <b>Requisitos:</b>	No hay
 <b>Correquisitos:</b>	CE1102-Fundamentos en Sistemas Computacionales
 <b>El curso es requisito de:</b>	CE1103-Algoritmos y Estructuras de Datos I
 <b>Asistencia:</b>	Obligatoria
 <b>Suficiencia:</b>	No
 <b>Posibilidad de reconocimiento:</b>	Sí
 <b>Nota de aprobación:</b>	70%
 <b>Examen de reposición:</b>	No hay
 <b>Vigencia del programa:</b>	I Semestre de 2022

## **2 Descripción general**

En este curso el estudiante asimilará los conceptos básicos para modelar y solucionar problemas de forma algorítmica, así como las estrategias fundamentales para la construcción de programas de computadoras, ofreciéndole una visión general sobre tecnologías, lenguajes y temas computacionales más avanzados.

Los atributos de acreditación relacionados a los graduados y a este curso son los siguientes:

- ◆ Análisis de problemas AP (Inicial):

Capacidad para identificar la naturaleza de problemas ingeniería de acuerdo con su campo de estudio

- ◆ Herramientas de ingeniería HI (Inicial):

Capacidad para seleccionar técnicas, recursos y herramientas modernas de ingeniería en la solución de problemas complejos de ingeniería.

- ◆ Aprendizaje Continuo AC (Inicial):

Capacidad para identificar sus necesidades educativas o de aprendizaje de acuerdo con los objetivos o las intenciones de aprendizaje.

### 3 Objetivos

### Objetivo General:

Examinar los algoritmos fundamentales de programación así como las estrategias más conocidas para la construcción de programas computacionales de tal manera que permita al estudiante la implementación sistemática en un modelo computacional específico.

Objetivos Específicos	Atributos correspondientes
1. Identificar algoritmos por medio de abstracciones funcionales.	AP
2. Hacer uso de la calidad, correcta escritura, eficiencia y mantenibilidad para la elaboración de una solución algorítmica	AP
3. Distinguir los principales elementos semánticos y sintácticos de un modelo de programación para el diseño de algoritmos con un determinado fin.	HI
4. Examinar algoritmos fundamentales de las ciencias de la computación para utilizarlos en el diseño de soluciones algorítmicas en problemas específicos.	AC

## **4 Contenidos**

### **Introducción a la programación**

- Definiciones básicas
- Lenguajes de programación
- El concepto de algoritmo.
- Ciclo de solución de problemas
- Método de solución de problemas
- Aplicación del método de solución de problemas.

### **El lenguaje de programación**

- Características del lenguaje
- El entorno de programación
- Expresiones, identificadores, tipos de datos y operadores
- Importación de bibliotecas
- Expresiones relacionales
- Expresiones lógicas

### **Escritura de programas**

- Funciones escritas en el lenguaje
- Ejecución de funciones
- Errores en un programa
- Depurando la solución
- Comentando el código
- Solución de problemas simples
- Estructuras de control
- Estructura de decisión
- Manejo de argumentos
- Estilo de codificación

### **Introducción a la recursividad con números**

- Concepto de recursividad
- Funciones recursivas con números
- Verificación de restricciones y casos especiales.
- Cambios de base numérica

### **Programación recursiva**

- Funciones recursivas con listas
- Recursividad de cola
- Funciones recursivas con números
- Funciones recursivas con listas
- Formalización de la recursividad
- Cálculos por aproximación

### **El enfoque iterativo**

- Concepto de iteración.
- Las estructuras while y for
- Comparación de recursividad e iteración.

- Funciones iterativas con números.
- Funciones iterativas con listas
- Estructuras break y continue

### **Estructuras de datos**

- Algoritmos de búsqueda.
- Algoritmos de ordenamiento.
- Operaciones sobre strings, vectores, matrices.

### **Programación orientada a objetos**

- Introducción a la terminología de objetos.
- Acceso a los atributos de una clase
- Constructores y destructores.
- Composición: referencias a objetos como miembros de clases.
- Encapsulado: abstracción y ocultamiento de datos.
- Reutilización de código.
- Herencia
- Sobre-escritura de métodos.
- Composición vs. herencia
- Interfaces e implementación.
- Polimorfismo.

### **Introducción a JAVA**

- Introducción a la plataforma JAVA.
- Acceso a los atributos de una clase
- Solución de problemas simples
- Estructuras de control
- Estructura de decisión

## 5 Metodología de enseñanza y aprendizaje

Para el desarrollo de este curso, se utilizará una metodología activa, orientada a la formación integral de las personas para favorecer su crecimiento personal, profesional, su socialización y su autonomía, para lo cual toman como sus valores fundamentales:

- El aprender a aprender.
- El aprender a vivir juntos.
- El aprender a resolver.

Se promoverá la participación activa de los estudiantes, orientado a promover una filosofía de “aprender a aprender”, de manera que sean responsables de su proceso de aprendizaje, profundizando los temas abordados en clase, mientras que el profesor tendrá un rol de facilitador, siendo responsable del proceso de enseñanza.

De acuerdo con el Modelo pedagógico del TEC, se potencia la creación, gestión y transferencia del conocimiento orientada hacia el trabajo e investigación interdisciplinaria, multidisciplinaria y transdisciplinaria en los diferentes campos del conocimiento.

En este contexto de formación integral del estudiantado TEC, se implementarán estrategias de acuerdo con sus necesidades particulares, haciendo uso de técnicas relacionadas con:

- **Estrategias didácticas colaborativas:** técnicas didácticas de aula invertida, juego de roles, instrucción entre pares, enseñanza justo a tiempo, oratoria, foro o debate, disertación de expertos, conferencias, seminario, aprendizaje por descubrimiento, análisis de casos, gamificación o webquest, pensamiento visual, entre otras.
- **Estrategias didácticas de sistematización y mapeo:** técnicas didácticas de mapas mentales, mapas conceptuales, cuadros sinópticos, matrices, círculo analítico, UVE heurística, portafolio, entre otras.

**Estrategias didácticas de simulación:** técnicas didácticas de diseño y elaboración de modelos, demostraciones, juego de roles, simulacro, trabajos de laboratorio, aprendizaje experimental, aprendizaje basado en problemas, prácticas de laboratorio, taller y campo, entre otras.

Estas estrategias y técnicas metodológicas (individuales o grupales), se encontrarán vinculadas con los atributos asignados al curso, de tal manera que favorezcan en el estudiantado:

- En su formación integral humana y académica mediante la construcción del aprendizaje a partir de las experiencias y conocimientos.
- En la formación del pensamiento crítico frente a problemas relacionados con asuntos éticos, de equidad y de sostenibilidad.
- En el trabajo en equipo como motor de socialización, relaciones socioafectivas assertivas, innovación y construcción del conocimiento.
- En el empleo de medios tecnológicos en el proceso de comunicación, socialización y de aprendizaje.

Para cumplir lo anterior, el docente tendrá la responsabilidad de asistir puntualmente a las lecciones, cumplir con el horario establecido para las lecciones y las horas de consulta, desarrollar las sesiones en concordancia con los objetivos y contenidos planteados en este programa; así mismo, debe ofrecer espacios para aclarar las dudas o comentarios que el estudiante realice través de distintos medios de comunicación.

El estudiantado deberá asistir puntualmente a las sesiones, en las cuales participará activamente, y desarrollará las actividades asignadas, con el fin de alcanzar los objetivos del curso. Asimismo, el estudiantado debe demostrar, todos aquellos atributos y competencias actitudinales que fomenten una apropiación de su proceso de aprendizaje, un trabajo en equipo eficiente, y que reflejan los valores éticos y humanos fomentados por la Institución en cumplimiento de lo normado en el Régimen de Enseñanza-Aprendizaje (REA).

**6 Evaluación** Los siguientes son los rubros que se evaluarán en el curso:

Rubro	Porcentaje
Proyectos programados	35%
Primer Evaluación Parcial	10%
Segunda Evaluación Parcial	15%
Evaluaciones cortas	10%
Talleres y laboratorios	15%
Tareas	15%
<b>Total</b>	100%

**7 Bibliografía**

**Obligatoria:**

- Downey, A., Elkner, J., Meyers, C. How to think like a computer scientist. Green Tea Press. 2002.
- Deitel, H. et all. Python: How to program. Prentice Hall, 2002.

**Complementaria:**

- Abelson, H. Sussman, G. Structure and Interpretation of Computer Programs.
- The MIT Press, McGraw-Hil Company, Massachusetts, 1985.

Programa del curso CE1102

## **Fundamentos de Sistemas Computacionales**

Área Ingeniería en Computadores  
Licenciatura Ingeniería en Computadores

## 1 Datos generales

<b>Nombre del curso:</b>	Fundamentos de Sistemas Computacionales
<b>Código:</b>	CE1102
<b>Tipo de curso:</b>	Teórico – Práctico
<b>Electivo o no:</b>	Obligatorio
<b>Nº de créditos:</b>	3
<b>Nº horas de clase por semana:</b>	4
<b>Nº horas extra clase por semana:</b>	5
<b>Áreas curriculares</b>	Ciencias de Ingeniería (75%) Diseño en Ingeniería (25%)
<b>Ubicación en el plan de estudios:</b>	Curso del 1 <sup>er</sup> semestre del Programa de Licenciatura en Ingeniería en Computadores
<b>Requisitos:</b>	No hay
<b>Co-requisitos:</b>	CE-1101: Introducción a la Programación
<b>El curso es requisito de:</b>	CE-1103: Algoritmos y Estructuras de Datos I CE xx: Principios de Modelado en Ingeniería
<b>Asistencia:</b>	Obligatoria
<b>Suficiencia:</b>	No
<b>Posibilidad de reconocimiento:</b>	Sí
<b>Vigencia del programa:</b>	I Semestre 2022

## 2 Descripción general

En este curso el estudiante asimilará los conceptos fundamentales de la organización de un sistema computacional, así como también las herramientas indispensables para el desarrollo de sistemas. El estudiante será confrontado con los elementos fundamentales para el análisis, diseño, implementación, desarrollo y validación de programas, todo esto por medio de ejercicios, prácticas y laboratorios dirigidos.

Los atributos de acreditación relacionados a los graduados y a este curso son los siguientes:

◆ Conocimiento de Ingeniería CI (Inicial):

Capacidad para aplicar conceptos matemáticos y de ciencias naturales relevantes, a nivel universitario, en el campo de la ingeniería.

◆ Ética y Equidad EE (inicial):

Capacidad para describir acciones responsables relacionados con dilemas éticos y basados en la equidad.

◆ Trabajo Individual y de Equipo TE (Inicial):

Capacidad para organizar (realizar o elaborar) actividades individuales como integrante en el equipo de trabajo.

### 3 Objetivos

#### **Objetivo general**

Construir programas basados en elementos y conceptos básicos de un típico ambiente de programación, con el fin de relacionar dichos elementos con factores tales como el buen diseño y desempeño.

Objetivos específicos	Atributos correspondientes
Examinar los conceptos y terminología fundamentales en las ciencias de la computación.	CI
Valorar las herramientas más utilizadas para el análisis, diseño, implementación, validación y documentación en un ambiente de desarrollo de programas.	CI
Usar normas grupales para el desarrollo de proyectos de programación en equipo, así como de elaboración de documentación técnica, de manera colaborativa, ordenada y concisa, haciendo uso de principios y valores como responsabilidad, respeto y tolerancia.	TE
Inferir el papel del software y hardware dentro de las ciencias de computación, en el contexto de la realidad nacional e internacional.	EE

## 4 Contenidos

### 1. Teoría de Sistemas

- 1.1. Modelado general de problemas (modelo de caja negra).
- 1.2. Máquinas.
- 1.3. Máquina virtual, multinivel.
- 1.4. Máquinas de Estados Finitos.
- 1.5. Máquinas de Turing.

### 2. Sistemas numéricos

- 2.1. El sistema binario.
- 2.2. Otros sistemas numéricos.
- 2.3. Conversiones de base.
- 2.4. Aritmética en sistemas numéricos.
- 2.5. Representación de los números enteros.
- 2.6. Funciones complemento (a la base y base disminuida).
- 2.7. Representación de fracciones.
- 2.8. Representación de otros tipos de datos.

### 3. Organización de un sistema computacional

- 3.1. Antecedentes históricos.
- 3.2. Arquitectura de un computador.
- 3.3. Memoria.
- 3.4. Unidad Central de Procesamiento.
- 3.5. Almacenamiento secundario.
- 3.6. Codificación de la información.
- 3.7. Otras arquitecturas

### 4. Programación de bajo nivel de un computador

- 1.1. Antecedentes históricos.
- 1.2. El programa almacenado.
- 1.3. Ejecución de un programa.
- 1.4. Lenguaje de máquina, lenguaje ensamblador

### 5. Sistema Operativo

- 1.1. Funciones del sistema operativo.
- 1.2. Características virtuales.
- 1.3. Evolución del sistema operativo.
- 1.4. Arquitectura del sistema operativo

## 5 Metodología de enseñanza y aprendizaje

Para el desarrollo de este curso, se utilizará una metodología activa, orientada a la formación integral de las personas para favorecer su crecimiento personal, profesional, su socialización y su autonomía, para lo cual toman como sus valores fundamentales:

- El aprender a aprender.
- El aprender a vivir juntos.
- El aprender a resolver.

Se promoverá la participación activa de los estudiantes, orientado a promover una filosofía de “aprender a aprender”, de manera que sean responsables de su proceso de aprendizaje, profundizando los temas abordados en clase, mientras que el profesor tendrá un rol de facilitador, siendo responsable del proceso de enseñanza.

De acuerdo con el Modelo pedagógico del TEC, se potencia la creación, gestión y transferencia del conocimiento orientada hacia el trabajo e investigación interdisciplinaria, multidisciplinaria y transdisciplinaria en los diferentes campos del conocimiento.

En este contexto de formación integral del estudiantado TEC, se implementarán estrategias de acuerdo con sus necesidades particulares, haciendo uso de técnicas relacionadas con:

- **Estrategias didácticas colaborativas:** técnicas didácticas de aula invertida, juego de roles, instrucción entre pares, enseñanza justo a tiempo, oratoria, foro o debate, disertación de expertos, conferencias, seminario, aprendizaje por descubrimiento, análisis de casos, gamificación o webquest, pensamiento visual, entre otras.
- **Estrategias didácticas de sistematización y mapeo:** técnicas didácticas de mapas mentales, mapas conceptuales, cuadros sinópticos, matrices, círculo analítico, UVE heurística, portafolio, entre otras.

**Estrategias didácticas de simulación:** técnicas didácticas de diseño y elaboración de modelos, demostraciones, juego de roles, simulacro, trabajos de laboratorio, aprendizaje experimental, aprendizaje basado en problemas, prácticas de laboratorio, taller y campo, entre otras.

Estas estrategias y técnicas metodológicas (individuales o grupales), se encontrarán vinculadas con los atributos asignados al curso, de tal manera que favorezcan en el estudiantado:

- En su formación integral humana y académica mediante la construcción del aprendizaje a partir de las experiencias y conocimientos.
- En la formación del pensamiento crítico frente a problemas relacionados con asuntos éticos, de equidad y de sostenibilidad.
- En el trabajo en equipo como motor de socialización, relaciones socioafectivas assertivas, innovación y construcción del conocimiento.
- En el empleo de medios tecnológicos en el proceso de comunicación, socialización y de aprendizaje.

Para cumplir lo anterior, el docente tendrá la responsabilidad de asistir puntualmente a las lecciones, cumplir con el horario establecido para las lecciones y las horas de consulta, desarrollar las sesiones en concordancia con los objetivos y contenidos planteados en este programa; así mismo, debe ofrecer espacios para aclarar las dudas o comentarios que el estudiante realice través de distintos medios de comunicación.

El estudiantado deberá asistir puntualmente a las sesiones, en las cuales participará activamente, y desarrollará las actividades asignadas, con el fin de alcanzar los objetivos del curso. Asimismo, el estudiantado debe demostrar, todos aquellos atributos y competencias actitudinales que fomenten una apropiación de su proceso de aprendizaje, un trabajo en equipo eficiente, y que reflejan los valores éticos y humanos fomentados por la Institución en cumplimiento de lo normado en el Régimen de Enseñanza-Aprendizaje (REA).

## 7 Evaluación

Los siguientes son los rubros que se evaluarán en el curso:

Rubro	Porcentaje
Proyectos programados	35%
Primer Evaluación Parcial	10%
Segunda Evaluación Parcial	15%
Evaluaciones cortas	10%
Talleres y laboratorios	15%
Tareas	15%
<b>Total</b>	100%

## 8 Bibliografía

- [1] Downey, A.; Elkner, J.; Meyers, C. How to think like a computer scientist. Green Tea Press. 2002.
- [2] Deitel, H. et all. Python: How to program. Prentice Hall, 2002.
- [3] Levine, G. Computación y programación moderna. Pearson Education, 2002.
- [4] Abelson, H. Sussman, G. Structure and Interpretation of Computer Programs. The MIT Press, McGraw-Hil Company, Massachusetts, 1985.
- [5] Peterson, J.L.; Silberschatz, A. Operating Systems Concepts. Addison-Wesley, 1983.
- [6] PTL Group. DrScheme Reference Manual.
- [7] PTL Group. DrScheme User's Manual.

Programa del curso CE1103

## **Algoritmos y Estructuras de Datos I**

**Área Académica de Ingeniería en Computadores**

**Licenciatura en Ingeniería en Computadores.**

[Última revisión de la plantilla: 31 de agosto del 2021]

## I Parte: Aspectos relativos al plan de estudios

### 1 Datos generales

Nombre del curso:	Algoritmos y Estructuras de Datos I
Código:	CE1103
Tipo de curso:	Teórico – Práctico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	4
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extra clase por semana:	8
Áreas curriculares:	Ciencias de Ingeniería (60%) Diseño en Ingeniería (40%)
Ubicación en el plan de estudios:	III Semestre
Requisitos:	CE-1101 Introducción a la Programación CE-1102 Fundamentos de Sistemas Computacionales
Co-requisitos:	No
El curso es requisito de:	CE-2103: Algoritmos y Estructuras de Datos II
Asistencia:	Obligatorio
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	Sí
Vigencia del programa:	I Semestre 2021

## 2 Descripción general

En este curso el estudiante asimilará las bases del pensamiento lógico mediante el estudio de estructuras de datos lineales, jerárquicas y de propósito general haciendo énfasis en el diseño y análisis de algoritmos además en el estudio del paradigma de programación orientada a objetos, todo esto por medio de ejercicios, prácticas y laboratorios dirigidos.

Los atributos de acreditación relacionados a los graduados y a este curso son los siguientes:

- ◆ Diseño DI (Inicial):

Capacidad para describir un problema complejo de ingeniería en términos de requerimientos de diseño y limitantes.

- ◆ Trabajo individual y en equipo TE (Inicial):

Capacidad para organizar (realizar o elaborar) actividades individuales como integrante en el equipo de trabajo.

- ◆ Habilidades de comunicación HC (Inicial):

Capacidad para comprender y producir discursos académicos introductorios de forma oral y escrita (de ser posible en un segundo idioma).

### 3 Objetivos

#### General:

Evaluar el uso de estructuras de datos lineales y jerárquicas así como el paradigma de programación orientado a objetos como elementos indispensables en la solución de desarrollo de productos tecnológicos.

Objetivos específicos	Atributos correspondientes
Examinar los conceptos del paradigma orientado a objetos en el desarrollo de productos tecnológicos	DI(I), TE(I), HC(I)
Probar estructuras de datos lineales, jerárquicas y generales en el desarrollo de productos tecnológicos.	DI(I), TE(I), HC(I)
Distinguir algoritmos de ordenamiento y búsqueda en el desarrollo de productos tecnológicos.	DI(I), TE(I), HC(I)

### 4 Contenidos

- Introducción a la programación orientada a objetos
  - ◆ Objetos.
  - ◆ Clases.
  - ◆ Herencia.
  - ◆ Polimorfismo.
  - ◆ Modularidad.
  - ◆ Abstracción de datos mediante objetos.
- Estructuras de datos lineales
  - ◆ Arreglos y matrices.
  - ◆ Listas (simples, dobles y circulares).
  - ◆ Pilas (arreglos y listas).
  - ◆ Colas (arreglos y listas).
  - ◆ Colas de prioridad.
- Estructuras de datos jerárquicas (árboles)
  - ◆ Conceptos generales.
  - ◆ Árboles binarios de búsqueda.
  - ◆ Árboles de heap y heapsort.

- ◆ Árboles AVL.
- ◆ Árboles Splay.
- ◆ Árboles B, B+ y B\*.
- ◆ Árboles de expresión.
- ◆ Árboles N-arios.

→ Métodos de ordenamiento y selección

- ◆ Introducción al análisis de algoritmos.
- ◆ Burbuja.
- ◆ Selección.
- ◆ Inserción.
- ◆ Shellsort.
- ◆ Quick sort.
- ◆ Merge sort.
- ◆ Radix sort.
- ◆ Búsqueda lineal.
- ◆ Búsqueda binaria.
- ◆ Búsqueda por Hash.

→ Estructuras de datos generales (grafos)

- ◆ Definición.
- ◆ Implementación lista y matriz de adyacencia.
- ◆ Algoritmos de recorrido por anchura y profundidad.
- ◆ Problema del camino más corto con un solo vértice (Algoritmo Dijkstra).
- ◆ Problema de camino más corto entre todos los vértices (Algoritmo de Floyd).
- ◆ Algoritmo de Warshall, centro, diámetro y excentricidad del grafo.
- ◆ Problema del árbol de expansión mínima (algoritmo de Prim y Kruskal).

## II parte: Aspectos operativos

5 Metodología de  
enseñanza y  
aprendizaje

Para el desarrollo de este curso, se utilizará una metodología activa, orientada a la formación integral de las personas para favorecer su crecimiento personal, profesional, su socialización y

su autonomía, para lo cual toman como sus valores fundamentales:

- El aprender a aprender
- El aprender a vivir juntos
- El aprender a resolver

Se promoverá la participación activa de los estudiantes, orientado a promover una filosofía de “aprender a aprender”, de manera que sean responsables de su proceso de aprendizaje, profundizando los temas abordados en clase, mientras que el profesor tendrá un rol de facilitador, siendo responsable del proceso de enseñanza.

De acuerdo con el Modelo pedagógico del TEC, se potencia la creación, gestión y transferencia del conocimiento orientada hacia el trabajo e investigación interdisciplinaria, multidisciplinaria y transdisciplinaria en los diferentes campos del conocimiento.

En este contexto de formación integral del estudiantado TEC, se implementarán estrategias de acuerdo con sus necesidades particulares, haciendo uso de técnicas relacionadas con:

- o **Estrategias didácticas colaborativas:** técnicas didácticas de aula invertida, juego de roles, instrucción entre pares, enseñanza justo a tiempo, oratoria, foro o debate, disertación de expertos, conferencias, seminario, aprendizaje por descubrimiento, análisis de casos, gamificación o webquest, pensamiento visual, entre otras.
- o **Estrategias didácticas de sistematización y mapeo:** técnicas didácticas de mapas mentales, mapas conceptuales, cuadros sinópticos, matrices, círculo analítico, UVE heurística, portafolio, entre otras.
- o **Estrategias didácticas de simulación:** técnicas didácticas de diseño y elaboración de modelos, demostraciones, juego de roles, simulacro, trabajos de laboratorio, aprendizaje experimental, aprendizaje

basado en problemas, prácticas de laboratorio, taller y campo, entre otras.

Estas estrategias y técnicas metodológicas (individuales o grupales), se encontrarán vinculadas con los atributos asignados al curso, de tal manera que favorezcan en el estudiantado:

- En su formación integral humana y académica mediante la construcción del aprendizaje a partir de las experiencias y conocimientos.
- En la formación del pensamiento crítico frente a problemas relacionados con asuntos éticos, de equidad y de sostenibilidad.
- En el trabajo en equipo como motor de socialización, relaciones socio-afectivas asertivas, innovación y construcción del conocimiento.
- En el empleo de medios tecnológicos en el proceso de comunicación, socialización y de aprendizaje.

Para cumplir lo anterior, el docente tendrá la responsabilidad de asistir puntualmente a las lecciones, cumplir con el horario establecido para las lecciones y las horas de consulta, desarrollar las sesiones en concordancia con los objetivos y contenidos planteados en este programa; así mismo, debe ofrecer espacios para aclarar las dudas o comentarios que el estudiante realice través de distintos medios de comunicación.

El estudiantado deberá asistir puntualmente a las sesiones, en las cuales participará activamente, y desarrollará las actividades asignadas, con el fin de alcanzar los objetivos del curso. Asimismo, el estudiantado debe demostrar, todos aquellos atributos y competencias actitudinales que fomenten una apropiación de su proceso de aprendizaje, un trabajo en equipo eficiente, y que reflejan los valores éticos y humanos fomentados por la Institución en cumplimiento de lo normado en el Régimen de Enseñanza-Aprendizaje (REA).

Las herramientas básicas para poder enfrentar este curso son:

- Una computadora con mínimo 4GB.
- Sistema Operativo GNU Linux o Windows.
- Java JDK.
- Un editor de código fuente: IntelliJ IDEA (gratis al crear una cuenta con el correo del TEC), Eclipse o Netbeans.

Si un estudiante no cuenta con estos recursos puede hacer uso de los diferentes laboratorios disponibles en el campus central de Instituto Tecnológico de Costa Rica.

## 6 Evaluación

Rubro	Porcentaje
Evaluaciones cortas	<b>10%</b>
Tareas	<b>15%</b>
Actividades en clase	<b>5%</b>
Investigación	<b>10%</b>
Proyectos programados	<b>60%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>

La evaluación del curso presenta un balance entre el trabajo individual y en equipo de los estudiantes.

Para efectos de la Investigación, esta debe cumplir por lo menos, los mínimos aspectos de un debido estudio detallado de la cuestión, análisis bibliográfico y análisis de resultados, todo esto con algún grado de uso de estandarización en la formulación documental del trabajo, considerando aspectos requeridos de acuerdo con la disciplina. Por ningún motivo se realizarán reposiciones de pruebas cortas, excepto que exista una justificación válida con su respectiva evidencia de acuerdo a la normativa del ITCR.

Se asignarán tareas extraclase que pueden estar relacionadas con análisis, diseño, programación, investigación y presentaciones orales. Se establecerán las reglas para cada una cuando se asignen. Estas tareas extraclase deberán ser desarrolladas por los estudiantes fuera del horario normal de clases.

El rubro de Actividades en Clase corresponde a actividades grupales que estén relacionados con aprendizaje significativo. Estas actividades pueden involucrar talleres relacionados con temas vistos en el curso o con tecnologías para el desarrollo de software.

Se asignará una Tarea Corta durante las primeras semanas del semestre que servirá como un primer acercamiento a lo que deberá ser desarrollado en los proyectos del curso.

Los proyectos programados se podrán realizar en grupos o de manera individual. En la especificación de cada proyecto se establecerán estos lineamientos. Las evaluaciones programadas deberán tener una adecuada documentación y los resultados deberán ser presentados al profesor en una defensa preparada adecuadamente. La defensa es obligatoria para la revisión del proyecto programado, de no ser así, no se procederá a calificar el mismo. Las normas para la documentación se entregarán oportunamente para cada proyecto.

Para el cálculo del porcentaje de pruebas cortas, tareas extra clase y actividades en clase, se corresponderá a calcular la proporción de todas las calificaciones obtenidas, donde cada entregable tendrá un peso idéntico para el cálculo de dicho rubro. Para los proyectos programados no necesariamente aplicará la misma regla. En el caso de las tareas extraclasses, algunas podrían dividirse en pequeñas tareas que al final sumarán el valor de una tarea extraclasses. Cuando esto suceda se avisará con anticipación a los estudiantes.

En caso de que se detecte un plagio o intento de fraude en cualquier trabajo, asignación o evaluación por parte de un estudiante, se procederá a anular el mismo y se enviará una carta al expediente del estudiante.

## 7 Bibliografía

- Deitel y Deitel, (2012). Cómo programar en Java. 9th ed. México: Pearson Educación.
- Drozdek, Adam, (2013). Data Structures and Algorithms in Java. 4th ed. United States: Cengage Learning Asia.
- Weiss, M.A., "Data Structures & Algorithm. Analysis in JAVA", I edition, Addison Wesley Longman, Harlow, Inglaterra, 1999.
- Aho, A.V., Hopcroft, J.E., Ullman, J.D., "Estructuras de datos y algoritmos", versión en español de la I edición, Addison-Wesley Iberoamericana, Buenos Aires, Argentina, 1988.
- Joyanes, Luis y Zahonero Ignacio. Estructuras de Datos: Algoritmos, abstracción y objetos. Mc Graw Hill. 1998.

Programa del curso CE3101

## Bases de Datos

Área Ingeniería en Computadores  
Licenciatura Ingeniería en Computadores

## I Parte: Aspectos relativos al plan de estudios

### 1 Datos generales

Nombre del curso:	Bases de Datos
Código:	CE-3101
Tipo de curso:	Teórico – Práctico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	4
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extra clase por semana:	8
Ubicación en el plan de estudios:	5 <sup>to</sup> Semestre
Requisitos:	CE-xx Paradigmas de Programación
Co-requisitos:	No
El curso es requisito de:	CE-4101 Diseño y Calidad de Productos Tecnológicos
Asistencia:	Obligatorio
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	No
Nota Aprobación:	70%
Examen de reposición:	No hay
Vigencia del programa:	I Semestre 2021

## 2 Descripción general

En este curso, el estudiante asimilará los conceptos fundamentales de bases de datos, que le permitirán poder utilizar distintos repositorios de datos con el fin de salvaguardar datos en procura de un uso correcto, eficiente, oportuno y específico de la información.

Los atributos del graduado a desarrollar en este curso son los siguientes:

- ◆ **Análisis de problemas AP (Avanzado)**

Capacidad para evaluar soluciones de problemas complejos de ingeniería con el fin de llegar a conclusiones fundamentadas

- ◆ **Trabajo individual y en equipo TE (Medio)**

Capacidad para colaborar de forma activa en equipos de trabajo para la realización de las labores asignadas

- ◆ **Aprendizaje continuo AC (Medio)**

Capacidad para ejecutar estrategias con el fin de resolver sus necesidades educativas o de aprendizaje, de acuerdo con los objetivos o las intenciones de aprendizaje.

## 3 Objetivos

Evaluar los repositorios de datos disponibles así como los mecanismos y arquitecturas de almacenaje de tal manera que

permita la implementación más adecuada para salvaguardar los datos dado un conjunto de requisitos específicos.

Objetivos específicos	Atributos correspondientes
Interpretar los conceptos fundamentales de los sistemas administradores de bases de datos para su correcto y adecuado uso en el resguardo de datos.	AC
Identificar los aspectos esenciales del modelaje de bases de datos para la elaboración de repositorios que cumplan con los requerimientos establecidos de acuerdo un proyecto específico.	TE
Examinar las consideraciones a tomar en cuenta en las bases de datos distribuidos para la obtención de consistencia de datos en dichos sistemas.	AP
Inspeccionar las arquitecturas en el manejo de grandes volúmenes de datos para su manipulación en proyectos de software y hardware.	AC

- ◆ Conceptos básicos sobre Sistemas Administradores de Bases de Datos
- ◆ Proceso de diseño de base de datos

→ **Orígenes de los datos**

- ◆ Datos internos de la empresa
- ◆ Datos públicos
- ◆ Data Warehouse
- ◆ Administración de datos Maestros (MDM)
- ◆ Internet y protocolos Web: TCP/IP, HTTP, SOAP, DNS
- ◆ Internet de las cosas (IoT)
- ◆ Datos espaciales

→ **Características de un SABD**

- ◆ Control de concurrencia
- ◆ Seguridad e integridad
- ◆ Recuperación después de fallos
- ◆ Concurrencia

→ **Modelo relacional**

- ◆ Introducción al modelo relacional
- ◆ Modelo conceptual
  - Modelo y Diagramas Entidad-Asociación (Entity-Relationship Model)
- ◆ Normalización
- ◆ Lenguajes de manipulación de datos

→ **Fundamentos de grandes volúmenes de datos**

- ◆ Big Data
  - Tipologías y arquitecturas de un sistema Big Data
  - Datos estructurados y datos no estructurados
  - Apache Hadoop: plataforma de almacenamiento y procesamiento de datos
  - Apache Spark: procesamiento de datos
  - Computación en la nube (Azure-AWS).
  - DBaaS
- ◆ NoSQL
  - Tipos de base de datos NoSQL

- Ventajas de usar NoSQL
- SQL vs NoSQL
- NewSQL

→ **Introducción Ambientes distribuidos**

- ◆ Arquitectura de un sistema de base de datos distribuida
- ◆ Manejo de transacciones distribuidas
  - Transaccionalidad distribuida
  - Control de concurrencia
  - Algoritmo basado en candados
  - Algoritmos basados en estampas de tiempo
- ◆ Cadenas de bloques (BlockChain)
  - Fundamentos de las cadenas de bloques
  - Solución de problemas
  - Plataformas

II parte: Aspectos operativos

## 5 Metodología de enseñanza y aprendizaje

Para el desarrollo de este curso, se utilizará una metodología activa, orientada a la formación integral de las personas para favorecer su crecimiento personal, profesional, su socialización y su autonomía, para lo cual toman como sus valores fundamentales:

- El aprender a aprender.
- El aprender a vivir juntos.
- El aprender a resolver.

Se promoverá la participación activa de los estudiantes, orientado a promover una filosofía de “aprender a aprender”, de manera que sean responsables de su proceso de aprendizaje, profundizando los temas abordados en clase, mientras que el profesor tendrá un rol de facilitador, siendo responsable del proceso de enseñanza.

De acuerdo con el Modelo pedagógico del TEC, se potencia la creación, gestión y transferencia del conocimiento orientada hacia el trabajo e investigación interdisciplinaria, multidisciplinaria y transdisciplinaria en los diferentes campos del conocimiento.

En este contexto de formación integral del estudiantado TEC, se implementarán estrategias de acuerdo con sus necesidades particulares, haciendo uso de técnicas relacionadas con:

- **Estrategias didácticas colaborativas:** técnicas didácticas de aula invertida, juego de roles, instrucción entre pares, enseñanza justo a tiempo, oratoria, foro o debate, disertación de expertos, conferencias, seminario, aprendizaje por descubrimiento, análisis de casos, gamificación o webquest, pensamiento visual, etc.
- **Estrategias didácticas de sistematización y mapeo:** técnicas didácticas de mapas mentales, mapas conceptuales, cuadros sinópticos, matrices, círculo analítico, UVE heurística, portafolio, entre otras.

**Estrategias didácticas de simulación:** técnicas didácticas de diseño y elaboración de modelos, demostraciones, juego de roles, simulacro, trabajos de laboratorio, aprendizaje experimental, aprendizaje basado en problemas, prácticas de laboratorio, taller y campo, entre otras.

Estas estrategias y técnicas metodológicas (individuales o grupales), se encontrarán vinculadas con los atributos asignados al curso, de tal manera que favorezcan en el estudiantado:

- En su formación integral humana y académica mediante la construcción del aprendizaje a partir de las experiencias y conocimientos.
- En la formación del pensamiento crítico frente a problemas relacionados con asuntos éticos, de equidad y de sostenibilidad.
- En el trabajo en equipo como motor de socialización, relaciones socioafectivas assertivas, innovación y construcción del conocimiento.
- En el empleo de medios tecnológicos en el proceso de comunicación, socialización y de aprendizaje.

Para cumplir lo anterior, el docente tendrá la responsabilidad de asistir puntualmente a las lecciones, cumplir con el horario establecido para las lecciones y las horas de consulta, desarrollar las sesiones en concordancia con los objetivos y contenidos planteados en este programa; así mismo, debe ofrecer espacios para aclarar las dudas o comentarios que el estudiante realice través de distintos medios de comunicación.

El estudiantado deberá asistir puntualmente a las sesiones, en las cuales participará activamente, y desarrollará las actividades asignadas, con el fin de alcanzar los objetivos del curso. Asimismo, el estudiantado debe demostrar, todos aquellos atributos y competencias actitudinales que fomenten una apropiación de su proceso de aprendizaje, un trabajo en equipo eficiente, y que reflejan los valores éticos y humanos fomentados por la Institución en cumplimiento de lo normado en el Régimen de Enseñanza-Aprendizaje (REA).

El profesor asumirá el papel de facilitador y el estudiante tendrá la mayor responsabilidad de su progreso.

Las herramientas básicas para poder enfrentar este curso son:

- Una computadora con mínimo 4GB de RAM y CPU Core i5 o similar.
- Sistema Operativo GNU Linux o Windows.
- SQL Server, Oracle
- PostgreSQL
- Otros motores de bases de datos como MongoDB y SQLite.

## 6 Evaluación

Rubro	Porcentaje
Proyecto de investigación	5%
Pruebas cortas	10%
Resúmenes y talleres	5%
Tareas Cortas	10%
Proyectos programados	45%
Exámenes	25%
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>

## 7 Bibliografía

### Obligatoria

- Elmasri y Navathe. Fundamentals of Database Systems, 6ta Edición. Addison Wesley. 2010.
- Raheem, Nasir. Big Data: A Tutorial-Based Approach, 2019
- Albert Y Zomaya editor.; Sherif Sakr. Handbook of Big Data Technologies. SpringerLink. 2017
- M. Tamer Özsu Patrick Valduriez. Principles of distributed database systems. 2011
- Wiese, Lena. Advanced Data Management: For SQL, NoSQL, Cloud and Distributed Databases. 2015

### Complementaria

- Saeed K. Rahimi Frank S Haug. Distributed database management systems : a practical approach.2010
- Guy. Harrison. Next Generation Databases : NoSQLand Big Data. SpringerLink. 2015

Programa del curso CE3102

## Análisis Numérico para Ingeniería

Área Ingeniería en Computadores  
Licenciatura Ingeniería en Computadores

[Última revisión de la plantilla: 31 de agosto del 2017]

## 1 Datos generales

<b>Nombre del curso:</b>	Análisis Numérico para Ingeniería
<b>Código:</b>	CE3102
<b>Tipo de curso:</b>	Teórico – Práctico
<b>Electivo o no:</b>	No
<b>Nº de créditos:</b>	3
<b>Nº horas de clase por semana:</b>	4
<b>Nº horas extraclasses por semana:</b>	8
<b>Áreas curriculares</b>	Matemática (35%) Ciencias de Ingeniería (65%)
<b>Ubicación en el plan de estudios:</b>	VII Semestre
<b>Requisitos:</b>	MA-2105: Ecuaciones Diferenciales
<b>Co-requisitos:</b>	No
<b>El curso es requisito de:</b>	CE-5600 Trabajo Final de Graduación
<b>Asistencia:</b>	Obligatorio
<b>Suficiencia:</b>	No
<b>Posibilidad de reconocimiento:</b>	No
<b>Nota aprobación:</b>	70%
<b>Examen Reposición:</b>	No hay
<b>Vigencia del programa:</b>	1 Semestre 2022

## 2 Descripción general

En este curso, el estudiante asimilará los métodos numéricos utilizados con más frecuencia en ingeniería, tales como el análisis numérico en la solución de ecuaciones, búsqueda de raíces, optimización, interpolación numérica, diferenciación e integración, solución de ecuaciones diferenciales, y algunos tópicos frecuentemente utilizados de álgebra lineal, de tal manera que el estudiante pueda asumir un rol dentro de las áreas de computación científica que le permitan manejar tópicos complejos de solución a problemas.

Los atributos de acreditación relacionados a los graduados y a este curso son los siguientes:

- ◆ Conocimiento de Ingeniería CI (Avanzado):  
Capacidad para aplicar los conocimientos especializados en los diversos campos de la ingeniería.
- ◆ Investigación IN (Medio):  
Capacidad para desarrollar propuestas de investigación.
- ◆ Análisis de Problemas AP (Medio):  
Capacidad para analizar y resolver problemas de ingeniería bajo los principios fundamentales del área

### 3 Objetivos

#### **Objetivo general**

Formular mediante el uso de algoritmos numéricos y la ayuda del computador, la solución a problemas complejos de matemática aplicada en ingeniería.

<b>Objetivos específicos</b>	<b>Atributos correspondientes</b>
Aplicar conceptos de distintos paradigmas de programación para la solución de problemas numéricos.	CI AP
Analizar la conveniencia del uso de un método específico en la solución de un problema numérico determinado.	CI AP
Desarrollar programas de cálculo relacionado con los tópicos estudiados independientemente del lenguaje y de la plataforma computacional disponible.	CI IN

## 4 Contenidos

### → Conceptos básicos

- ◆ Errores.
- ◆ Representaciones Numéricas y Errores de Redondeo.
- ◆ Series de Taylor y Error de Truncamiento.

### → Raíces de Ecuaciones

- ◆ Búsqueda de una raíz.
  - Métodos cerrados (bisección, falsa posición).
  - Métodos abiertos (punto fijo, Newton-Raphson, secante).
  - Métodos mixtos (Brent).
- ◆ Raíces de polinomios (Evaluación, Deflación, Müller).

### → Principios de Optimización

- ◆ Optimización en Varias Variables.

### → Sistemas de Ecuaciones Lineales

- ◆ Sistemas Compatibles Determinado.
  - Métodos Directos: Eliminación Gaussiana, Factorización LU, QR y de Cholesky, Método de Thomas para sistemas tridiagonales.
  - Métodos Iterativos: Jacobi, Gauss-Seidel y Relajación.
- ◆ Sistemas Compatibles Indeterminados y Sistemas Incompatibles.
  - Pseudoinversa de Matrices.
  - Método Iterativo de Newton-Schultz.

### → Interpolación y Regresión Numérica

- ◆ Interpolación Polinomial (Newton y Lagrange).
- ◆ Trazadores (Lineales, Cuadráticos y Cúbicos).
- ◆ Regresión Lineal y Polinomial.

### → Integración Numérica

- ◆ Fórmulas de Newton-Cotes.
- ◆ Cuadraturas Gaussianas.

### → Solución de Ecuaciones Diferenciales

- ◆ Ecuaciones Diferenciales Ordinarias.
  - Método de Euler, Predictor-Corrector y Runge-Kutta.
  - Métodos Multipasos (Adam-Bashford).
- ◆ Ecuaciones Diferenciales Parciales.
  - Métodos de Diferencias Finitas.
  - Criterios de Estabilidad y Convergencia.

### → Valores y Vectores Propios

- ◆ Transformación de Jacobi de Matrices Simétricas.
- ◆ Reducciones de Givens y de Householder.
- ◆ Valores y Vectores Propios de una Matriz Triangular.
- ◆ Reducción de una Matriz a la Forma Hessenberg.
- ◆ Algoritmo QR para Matrices Hessenberg Reales.
- ◆ Ejemplo de Aplicación: Análisis de Componentes Principales.

## 5 Metodología de enseñanza y aprendizaje

Para el desarrollo de este curso, se utilizará una metodología activa, orientada a la formación integral de las personas para favorecer su crecimiento personal, profesional, su socialización y su autonomía, para lo cual toman como sus valores fundamentales:

- El aprender a aprender.
- El aprender a vivir juntos.
- El aprender a resolver.

Se promoverá la participación activa de los estudiantes, orientado a promover una filosofía de “aprender a aprender”, de manera que sean responsables de su proceso de aprendizaje, profundizando los temas abordados en clase, mientras que el profesor tendrá un rol de facilitador, siendo responsable del proceso de enseñanza.

De acuerdo con el Modelo pedagógico del TEC, se potencia la creación, gestión y transferencia del conocimiento orientada hacia el trabajo e investigación interdisciplinaria, multidisciplinaria y transdisciplinaria en los diferentes campos del conocimiento.

En este contexto de formación integral del estudiantado TEC, se implementarán estrategias de acuerdo con sus necesidades particulares, haciendo uso de técnicas relacionadas con:

- **Estrategias didácticas colaborativas:** técnicas didácticas de aula invertida, juego de roles, instrucción entre pares, enseñanza justo a tiempo, oratoria, foro o debate, disertación de expertos, conferencias, seminario, aprendizaje por descubrimiento, análisis de casos, gamificación o webquest, pensamiento visual, entre otras.
- **Estrategias didácticas de sistematización y mapeo:** técnicas didácticas de mapas mentales, mapas conceptuales, cuadros sinópticos, matrices, círculo analítico, UVE heurística, portafolio, entre otras.

- **Estrategias didácticas de simulación:** técnicas didácticas de diseño y elaboración de modelos, demostraciones, juego de roles, simulacro, trabajos de laboratorio, aprendizaje experimental, aprendizaje basado en problemas, prácticas de laboratorio, taller y campo, entre otras.

Estas estrategias y técnicas metodológicas (individuales o grupales), se encontrarán vinculadas con los atributos asignados al curso, de tal manera que favorezcan en el estudiantado:

- En su formación integral humana y académica mediante la construcción del aprendizaje a partir de las experiencias y conocimientos.
- En la formación del pensamiento crítico frente a problemas relacionados con asuntos éticos, de equidad y de sostenibilidad.
- En el trabajo en equipo como motor de socialización, relaciones socio-afectivas assertivas, innovación y construcción del conocimiento.
- En el empleo de medios tecnológicos en el proceso de comunicación, socialización y de aprendizaje.

Para cumplir lo anterior, el docente tendrá la responsabilidad de asistir puntualmente a las lecciones, cumplir con el horario establecido para las lecciones y las horas de consulta, desarrollar las sesiones en concordancia con los objetivos y contenidos planteados en este programa; así mismo, debe ofrecer espacios para aclarar las dudas o comentarios que el estudiante realice través de distintos medios de comunicación.

El estudiantado deberá asistir puntualmente a las sesiones, en las cuales participará activamente, y desarrollará las actividades asignadas, con el fin de alcanzar los objetivos del curso. Asimismo, el estudiantado debe demostrar, todos aquellos atributos y competencias actitudinales que fomenten una apropiación de su proceso de aprendizaje, un trabajo en equipo eficiente, y que reflejan los valores éticos y humanos fomentados por la Institución en cumplimiento de lo normado en el Régimen de Enseñanza-Aprendizaje (REA).

Las herramientas básicas para poder enfrentar este curso son:

- Plataforma computacional genérica (PC: GNU/Octave, Python, C++).
- Arquitecturas SIMD (Intel SSE, ARM NEON) usando intrinsics.
- Plataforma computacional con múltiples núcleos (OpenMP, Intel TBB).
- Bibliotecas especializadas (IPL, LAPACK).
- Plataforma GPU (OpenCL, Nvidia CUDA).

Si un estudiante no cuenta con estos recursos puede hacer uso de los diferentes laboratorios disponibles en el campus central de Instituto Tecnológico de Costa Rica.

## 7 Evaluación

Rubro	Porcentaje
Evaluaciones Parciales	30%
Evaluaciones Cortas	10%
Tareas	45%
Trabajo en grupo	15%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

## 8 Bibliografía

- [1] Steven C. Chapra y Razmond P. Canale.Métodos Numéricos para ingenieros. Mc-Graw Hill, México, sexta edición, 2011.
- [2] William H. Press, Saul A. Teukolsky, William T. Vetterling y Brian P. Flannery.Nu-merical Recipes. The Art of Scientific Computing. Cambridge University Press,tercera edición edición, 2007.
- [3] R. L. Burden y J. D. Faires.Análisis Numérico. Thomson Learning, México, 2002.
- [4] Herb Sutter y Andrei Alexandrescu.C++ Coding Standards. 101 Rules, Guidelines, and Best Practices. C++ In-Depth Series. Addison Wesley.
- [5] Eaton, J. W., Bateman, D., Hauberg, S. y Wehbring, R. (2016).GNU Octave: Freeyour numbers. Octave documentation by Free Software Fundation.
- [6] Johansson, R. (2014).Introduction to scientific computing in Python.github.com/jrjohansson/scientific-python-lectures, 2004.

Programa del curso CE3103

## **Paradigmas de programación**

Área Ingeniería en Computadores  
Licenciatura Ingeniería en Computadores

## I Parte: Aspectos relativos al plan de estudios

### 1 Datos generales

<b>Nombre del curso:</b>	CE-3103 Paradigmas de programación
<b>Código:</b>	CE-3103
<b>Tipo de curso:</b>	Teórico / Práctico
<b>Electivo o no:</b>	No
<b>Nº de créditos:</b>	3
<b>Nº horas de clase por semana:</b>	4
<b>Nº horas extraclase por semana:</b>	5
<b>Ubicación en el plan de estudios:</b>	4to semestre
<b>Requisitos:</b>	CE-2103 Algoritmos y Estructuras de Datos II
<b>Correquisitos:</b>	Ninguno
<b>El curso es requisito de:</b>	CE-3201 Taller de Diseño Digital CE-3101 Bases de Datos
<b>Asistencia:</b>	Obligatoria
<b>Suficiencia:</b>	Sí
<b>Posibilidad de reconocimiento:</b>	Sí
<b>Nota de aprobación:</b>	70%
<b>Examen de reposición:</b>	No hay
<b>Vigencia del programa:</b>	I semestre 2021

## **2 Descripción general**

En este curso, el estudiante asimilará los paradigmas de programación principales y sus lenguajes más representativos, que le permitirán tener los criterios suficientes para su conceptualización, diseño y aplicación, dependiendo de los requerimientos solicitados y la solución planteada.

Los atributos del graduado a desarrollar en este curso son los siguientes:

◆ **Conocimiento de ingeniería CI (Medio)**

Capacidad para colaborar de forma activa en equipos de trabajo para la realización de las labores

◆ **Ambiente y Sostenibilidad AS (Inicial)**

Capacidad para comprender el concepto de sostenibilidad en los contextos sociales y ambientales.

◆ **Aprendizaje Continuo AC (Medio)**

Capacidad para ejecutar estrategias con el fin de resolver sus necesidades educativas o de aprendizaje, de acuerdo con los objetivos o las intenciones de aprendizaje.

### 3 Objetivos

Evaluar los distintos paradigmas de programación, de tal manera que permita la generación de criterios sólidos con respecto a sus ventajas, desventajas, usos e implementación en sistemas computacionales modernos.

Objetivos específicos	Atributos correspondientes
Interpretar los conceptos fundamentales de los paradigmas de programación para su correcto y adecuado uso según sea el requerimiento y la implementación requerida.	CI
Practicar haciendo uso de lenguajes de programación relacionados con cada uno de los paradigmas vistos, de tal manera que se pueda tener una conceptualización más cercana de cada una de sus diferencias.	AC
Establecer los criterios necesarios para permitir una adecuada comparación, evaluación y selección de lenguaje de programación según sea el caso para un proyecto en particular.	AS
Encontrar los elementos indispensables para la correcta ubicación de un lenguaje de programación con su correspondiente paradigma.	AS

## **4 Contenidos**

### **1. Introducción**

- 1.1. Evolución de los lenguajes de programación.
- 1.2. Historia de los lenguajes de programación.

### **2. Interpretación recursiva directa.**

- 2.1. Interpretación de un lenguaje imperativo.
- 2.2. Interpretación de un lenguaje funcional.

### **3. Programación funcional.**

- 3.1. Principios de diseño y programación funcional.
- 3.2. Streams (evaluación perezosa).
- 3.3. Programación funcional con tipos.
- 3.4. Polimorfismo paramétrico.

### **4. Programación lógica.**

- 4.1. Relaciones vs funciones
- 4.2. Hechos y consultas
- 4.3. Cálculo de predicados
- 4.4. Dominios, datos compuestos y listas.
- 4.5. Unificación.
- 4.6. Control de flujo:
  - 4.6.1. Backtracking y orden de descripción.
  - 4.6.2. Corte y Fail.

### **5. Programación Imperativa.**

- 5.1. Características Principales
- 5.2. Estructuras de Control
- 5.3. Ámbito y alcance de variables
- 5.4. Dominios, datos compuestos y listas.

### **6. Programación orientada a objetos.**

- 6.1. Objetos y Mensajes
- 6.2. Expresiones y aritmética
- 6.3. Clases y Métodos
- 6.4. Instancia y tipos de variables
- 6.5. Herencia y polimorfismo
- 6.6. Jerarquía de clases
- 6.7. Colecciones
- 6.8. Principios de diseño
- 6.9. Bloques de código y mensajes en cascada
- 6.10. Diferencias con lenguajes basados en OO [lenguaje ilustrativo: Visual Basic]

## **7. Elementos avanzados de lenguajes de programación.**

- 7.1. Conurrencia, paralelismo y distribución.
- 7.2. Sistemas de tipos.
- 7.3. Ligas entre programas de distintos lenguajes.
- 7.4. Elementos del diseño de lenguajes de programación.
- 7.5. Evaluación y selección de lenguajes de programación.

## **II parte: Aspectos operativos**

### **Metodología de enseñanza y aprendizaje**

Para el desarrollo de este curso, se utilizará una metodología activa, orientada a la formación integral de las personas para favorecer su crecimiento personal, profesional, su socialización y su autonomía, para lo cual toman como sus valores fundamentales:

- El aprender a aprender.
- El aprender a vivir juntos.
- El aprender a resolver.

Se promoverá la participación activa de los estudiantes, orientado a promover una filosofía de “aprender a aprender”, de manera que sean responsables de su proceso de aprendizaje, profundizando los temas abordados en clase, mientras que el profesor tendrá un rol de facilitador, siendo responsable del proceso de enseñanza.

De acuerdo con el Modelo pedagógico del TEC, se potencia la creación, gestión y transferencia del conocimiento orientada hacia el trabajo e investigación interdisciplinaria, multidisciplinaria y transdisciplinaria en los diferentes campos del conocimiento.

En este contexto de formación integral del estudiantado TEC, se implementarán estrategias de acuerdo con sus necesidades particulares, haciendo uso de técnicas relacionadas con:

- Estrategias didácticas colaborativas: técnicas didácticas de aula invertida, juego de roles, instrucción entre pares, enseñanza justo a tiempo, oratoria, foro o debate, disertación de expertos, conferencias, seminario, aprendizaje por descubrimiento, análisis de casos, gamificación o webquest, pensamiento visual, entre otras.
- Estrategias didácticas de sistematización y mapeo: técnicas didácticas de mapas mentales, mapas conceptuales, cuadros sinópticos, matrices, círculo analítico, UVE heurística, portafolio, entre otras.

Estrategias didácticas de simulación: técnicas didácticas de diseño y elaboración de modelos, demostraciones, juego de roles, simulacro, trabajos de laboratorio, aprendizaje experimental, aprendizaje basado en problemas, prácticas de laboratorio, taller y campo, entre otras. Estas estrategias y técnicas metodológicas (individuales o grupales), se encontrarán vinculadas con los atributos asignados al curso, de tal manera que favorezcan en el estudiantado:

- En su formación integral humana y académica mediante la construcción del aprendizaje a partir de las experiencias y conocimientos.
- En la formación del pensamiento crítico frente a problemas relacionados con asuntos éticos, de equidad y de sostenibilidad.
- En el trabajo en equipo como motor de socialización, relaciones socioafectivas asertivas, innovación y construcción del conocimiento.
- En el empleo de medios tecnológicos en el proceso de comunicación, socialización y de aprendizaje.

Para cumplir lo anterior, el docente tendrá la responsabilidad de asistir puntualmente a las lecciones, cumplir con el horario establecido para las lecciones y las horas de consulta, desarrollar las sesiones en concordancia con los objetivos y contenidos planteados en este programa; así mismo, debe ofrecer espacios para aclarar las dudas o comentarios que el estudiante realice través de distintos medios de comunicación.

El estudiantado deberá asistir puntualmente a las sesiones, en las cuales participará activamente, y desarrollará las actividades asignadas, con el fin de alcanzar los objetivos del curso. Asimismo, el estudiantado debe demostrar, todos aquellos atributos y competencias actitudinales que fomenten una apropiación de su proceso de aprendizaje, un trabajo en equipo eficiente, y que reflejan los valores éticos y humanos fomentados por la Institución en cumplimiento de lo normado en el Régimen de Enseñanza-Aprendizaje (REA).

El profesor asumirá el papel de facilitador y el estudiante tendrá la mayor responsabilidad de su progreso.

Para el desarrollo de la clase, el estudiante necesitará acceso a un computador, así como diferentes herramientas de software:

- Una computadora con mínimo 4GB de RAM y CPU Core i5 o similar.
- Sistema Operativo GNU Linux o Windows.
- Lenguajes de programación como Lisp, Racket, Prolog, C y Java entre otros.

## 6 Evaluación

Rubro	Porcentaje
Exámenes parciales	20%
Evaluaciones cortas	10%
Talleres	10%
Investigación	10%
Proyectos Programados	50%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

Para efectos de la Investigación, esta debe cumplir por lo menos, los mínimos aspectos de un debido estudio detallado de la cuestión, análisis bibliográfico y análisis de resultados, todo esto con algún grado de uso de estandarización en la formulación documental del trabajo, considerando aspectos requeridos de acuerdo con la disciplina.

## **7 bibliografía**

### **Obligatoria:**

José E. Helo-Guzmán. Introducción a la programación con Scheme. Editorial Tecnológica, 2da Edición, 2001.

Kernighan, B., Ritchie, D. El lenguaje de programación C. Prentice Hall Hispanoamericana, 1985.

Allen Tucker, Lenguajes de programación : Principios y Paradigmas. Madrid. Mcgraw-hill/Interamericana.

### **Complementaria:**

Backhouse. Syntax of programming languages. Prentice-Hall, 1979.

Digitalk Inc. Smalltalk V: Tutorial and programming Handbook. Digitalk Inc. 1986.

Friedman. From Babbage to Babel and beyond: A brief history of programming languages. Computer Language 17, 1992. pp. 1-17.

Leroy; Weis. Manuel de référence du lenguage Caml. París: InterEditions, 1993.

MacLennan, Bruce. Principles of Programming Languages. Holt, Rinehart and Winston. 1983.

Mauny. Functional programming with Caml Light. París: INRIA, 1991.

Sethi. Lenguajes de programación: conceptos y constructores. Addison-Wesley, 1992.

Tennent. Principles of programming languages. Prentice-Hall, 1981.

Watt. Programming language processors. Hemel Hempstead: Prentice-Hall, 1993.

Programa del curso CE 4301

## **Arquitectura de Computadores 1**

**Área Académica Ingeniería en Computadores**  
**Programa de Licenciatura en Ingeniería en Computadores.**

## I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

### 1 Datos generales

<b>Nombre del curso:</b>	Arquitectura de Computadores 1
<b>Código:</b>	CE-4301
<b>Tipo de curso:</b>	Teórico - Práctico
<b>Electivo o no:</b>	No
<b>Nº de créditos:</b>	4
<b>Nº horas de clase por semana:</b>	4
<b>Nº horas extraclasses por semana:</b>	8
<b>% de las áreas curriculares:</b>	Ciencias de Ingeniería (65 %) Diseño de Ingeniería (35 %)
<b>Ubicación en el plan de estudios:</b>	VI Semestre
<b>Requisitos:</b>	CE-xx Fundamentos de Ingeniería CE-3201 Taller de Diseño Digital
<b>Correquisitos:</b>	Ninguno
<b>El curso es requisito de:</b>	CE-4302 Arquitectura de Computadores II CE-4101 Diseño y Calidad de Productos Tecnológicos
<b>Asistencia:</b>	Obligatoria
<b>Suficiencia:</b>	No
<b>Posibilidad de reconocimiento:</b>	No
<b>Vigencia del programa:</b>	I Semestre 2022

## 2 Descripción general

*Knowledge is power. Knowledge shared is power multiplied.*

Roberto Noyce

Este curso prepara al estudiante para abordar el diseño de sistemas computacionales, desde una perspectiva conceptual involucrando elementos de abstracción para el diseño de procesadores y computadores integrados en chip, como es el caso del CPU, interfaz de memoria y dispositivos de entrada-salida, de tal manera que permite la asimilación práctica de estructuras que hacen posible el análisis, la implementación y evaluación de un set de instrucciones particular tomando en cuenta la arquitectura de la memoria, interfaces y protocolos de comunicación, técnicas de procesamiento paralelo, así como otra serie de características propias del diseño de computadores de aplicación general y específica.

Los atributos de acreditación relacionados a los graduados y a este curso son los siguientes:

- ◆ **Investigación IN (Intermedio):**  
Capacidad para desarrollar propuestas de investigación.
- ◆ **Diseño DI (Intermedio):**  
Capacidad para elaborar y comparar propuestas de diseño de ingeniería para sistemas, componentes o procesos, de acuerdo con requerimientos establecidos.
- ◆ **Análisis de problemas AP (Avanzado):**  
Capacidad para evaluar soluciones de problemas complejos de ingeniería con el fin de llegar a conclusiones fundamentadas

### 3 Objetivos

Diseñar sistemas computacionales desde una perspectiva conceptual con el fin de obtener un criterio robusto que le permitirá al estudiante la implementación e interpretación de una arquitectura de un computador.

Objetivo(s) del curso	Atributo(s) correspondiente(s)
Evaluar un conjunto de herramientas de diseño de microprocesadores avanzados, por medio del estudio comprensivo de su estructura, interfaz y programación, con la finalidad de proponer soluciones a problemas de ingeniería	DI
Valorar aspectos fundamentales para el diseño y optimización de la arquitectura de un computador para un propósito determinado, basado en la comprensión de las características que determinan la arquitectura de un computador mediante el estudio de los bloques que posee un microprocesador de propósito general.	DI
Deducir estrategias de optimización de tiempos de acceso y volumen de almacenamiento como criterios de diseño y optimización, basado en la comprensión de mecanismos de administración de memoria utilizados en el diseño de computadores.	AP
Comparar cuantitativamente las estrategias y algoritmos comúnmente utilizados en la industria de microprocesadores en cuanto al paralelismo de procesamiento a nivel de instrucción y a nivel de datos.	AP
Examinar las estrategias de intercomunicación entre los distintos componentes de un computador, mediante una evaluación comparativa de las tecnologías utilizadas a nivel industrial.	IN

- 4 Contenidos** Las 16 semanas del curso incluyen los siguientes temas:
1. Introducción al diseño de computadores
    - a. Historia de los computadores.
    - b. Tendencias industriales.
    - c. Organización de Computadores vrs Arquitectura de computadores.
    - d. Ley de Amdahl.
    - e. Taxonomía de Flynn
  2. Diseño del set de instrucciones
    - a. Arquitectura Load/Store.
    - b. Arquitectura Registro-Memoria.
    - c. Arquitecturas comerciales.
    - d. Codificación.
    - e. Direccionamiento.
    - f. Endianness.
    - g. Alineamiento de memoria.
  3. Pipelining
    - a. Estrategias de segmentación y pipelining.
    - b. Riesgos estructurales.
    - c. Riesgo de dependencia de datos.
    - d. Riesgos de control.
  4. Otras técnicas de paralelismo
    - a. Arquitectura superescalares.
    - b. Predicción de saltos.
    - c. Ejecución fuera de orden.
    - d. Estructuras de unidades funcionales.
    - e. Calendarización estática y dinámica.
    - f. Introducción a VLIW.
  5. Diseño de la jerarquía de memoria
    - a. Jerarquía de memoria en un computador.
    - b. Memoria principal.
    - c. Memoria caché.
    - d. Coherencia de caché.
    - e. Caché avanzado.
    - f. Modo real y modo protegido.
    - g. Memoria virtual y paginación.
    - h. Traducción de direcciones.

6. Perfilado y métricas de rendimiento de sistema
  - a. Herramientas de perfilado.
  - b. Implementación de benchmarking.
  - c. Optimización y mejoras.
7. Interconexión de componentes en un computador
  - a. Estrategias de atención a dispositivos.
  - b. Protocolos de comunicación de componentes.
  - c. Casos de estudio: I2C, SPI, UART, PCIe.
8. Microcontroladores
  - a. Estructura de microcontroladores.
  - b. Microcontroladores comerciales.

## II parte: Aspectos operativos

Metodología  
de enseñanza  
y aprendizaje

Para el desarrollo de este curso, se utilizará una metodología activa, orientada a la formación integral de las personas para favorecer su crecimiento personal, profesional, su socialización y su autonomía, para lo cual toman como sus valores fundamentales:

- El aprender a aprender
- El aprender a vivir juntos
- El aprender a resolver

Se promoverá la participación activa de los estudiantes, orientado a promover una filosofía de “aprender a aprender”, de manera que sean responsables de su proceso de aprendizaje, profundizando los temas abordados en clase, mientras que el profesor tendrá un rol de facilitador, siendo responsable del proceso de enseñanza.

De acuerdo con el Modelo pedagógico del TEC, se potencia la creación, gestión y transferencia del conocimiento orientada hacia el trabajo e investigación interdisciplinaria, multidisciplinaria y transdisciplinaria en los diferentes campos del conocimiento.

En este contexto de formación integral del estudiantado TEC, se implementarán estrategias de acuerdo con sus necesidades particulares, haciendo uso de técnicas relacionadas con:

- **Estrategias didácticas colaborativas:** técnicas didácticas de aula invertida, juego de roles, instrucción entre pares, enseñanza justo a tiempo, oratoria, foro o debate, disertación de expertos, conferencias, seminario, aprendizaje por descubrimiento, análisis de casos, gamificación o *webquest*, pensamiento visual, entre otras.
- **Estrategias didácticas de sistematización y mapeo:** técnicas didácticas de mapas mentales, mapas conceptuales, cuadros sinópticos, matrices, círculo analítico, UVÉ heurística, portafolio, entre otras.
- **Estrategias didácticas de simulación:** técnicas didácticas de diseño y elaboración de modelos, demostraciones, juego de roles, simulacro, trabajos de laboratorio, aprendizaje experimental, aprendizaje basado en problemas, prácticas de laboratorio, taller y campo, entre otras.

Estas estrategias y técnicas metodológicas (individuales o grupales), se encontrarán vinculadas con los atributos asignados al curso, de tal manera que favorezcan en el estudiantado:

- En su formación integral humana y académica mediante la construcción del aprendizaje a partir de las experiencias y conocimientos.
- En la formación del pensamiento crítico frente a problemas relacionados con asuntos éticos, de equidad y de sostenibilidad.
- En el trabajo en equipo como motor de socialización, relaciones socio-afectivas asertivas, innovación y construcción del conocimiento.
- En el empleo de medios tecnológicos en el proceso de comunicación, socialización y de aprendizaje.

Para cumplir lo anterior, el docente tendrá la responsabilidad de asistir puntualmente a las lecciones, cumplir con el horario establecido para las lecciones y las horas de consulta, desarrollar las sesiones en concordancia con los objetivos y contenidos planteados en este programa; así mismo, debe ofrecer espacios para aclarar las dudas o comentarios que el estudiante realice través de distintos medios de comunicación.

El estudiantado deberá asistir puntualmente a las sesiones, en las cuales participará activamente, y desarrollará las actividades asignadas, con el fin de alcanzar los objetivos del curso. Asimismo, el estudiantado debe demostrar, todos aquellos atributos y competencias actitudinales que fomenten una apropiación de su proceso de aprendizaje, un trabajo en equipo eficiente, y que reflejan los valores éticos y humanos fomentados por la Institución en cumplimiento de lo normado en el Régimen de Enseñanza-Aprendizaje (REA).

Las herramientas básicas para poder enfrentar este curso son:

- Computador con 4GB de RAM y CPU Core I5 o similar.
- Sistema Operativo GNU Linux y Windows.
- FPGA
- Microcontrolador

## 6 Evaluación

La evaluación del curso se basará en evaluaciones cortas individuales, tareas y exposiciones, individuales y en grupo, exámenes parciales individuales y proyectos grupales. El estudiante deberá desarrollar dos proyectos de diseño grupales y uno individual, que podrán ser evaluados mediante la presentación funcional, un reporte escrito, una comprobación individual, una bitácora y presentación ante el grupo.

Las evaluaciones cortas se anunciarán con una clase de anticipación y cubrirán la materia vista en clase, así como lecturas complementarias asignadas por el profesor. Los puntos en este rubro se distribuirán equitativamente dependiendo del número de trabajos por ítem.

Dada la naturaleza práctica del curso, no se podrá optar por un examen de reposición.

En resumen la evaluación se compone de:

Rubro	Porcentaje
Exámenes parciales	30%
Proyecto individual	15%
Proyectos grupales	35%
Tareas y talleres	10%
Investigación	10%
Total	100%

Para efectos de la Investigación, esta debe cumplir por lo menos, los mínimos aspectos de un debido estudio detallado de la cuestión, análisis bibliográfico y análisis de resultados, todo esto con algún grado de uso de estandarización en la formulación documental del trabajo, considerando aspectos requeridos de acuerdo con la disciplina.

## 7

### Bibliografía

#### Obligatoria:

- Hennesy, J. & Patterson, David. Computer Architecture: A Quantitative Approach. 5th Edition. Elsevier–Morgan Kaufmann. 2012.
- Amdahl. G.M. Validity of the single-processor approach to achieving large scale computing capabilities. In AFIPS Conference Proceedings, vol. 30 (Atlantic City, N.J.. Apr. 18-20). AFIPS Press, Reston. Va., 1967. pp. 483-485 (paper).
- Flynn, M. J., & Rudd, K. W. (1996). Parallel architectures. ACM Computing Surveys (CSUR), 28(1), 67-70 (paper).

#### Complementaria:

- Patterson,D.;Hennessy,J. Computer Organization and Design: The Hardware/Software Interface. 5th Edition. Elsevier - Morgan Kaufmann. 2013.Pfleeger, Charles P.; Pfleeger, Shari Lawrence; Margulies, Jonathan. (2015) Security in computing, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Shen, J and Lipasti, M; Modern Processor Design: Fundamentals of Superscalar Processors. 1st Edition. Tata McGraw-Hill. 2004.

- Stallings, W. Computer Organization and Architecture Designing for Performance. 8th Edition. Prentice Hall, 2010.
- Irvine, Kip; Assembly Language for Intel-Based Computers. 5th Edition. Pearson Education. 2007.
- Brey, B. Microprocesadores Intel. 8a Edición. Pearson. 2009.
- Abel, P. Lenguaje ensamblador y programación para PC IBM y compatibles. 3a Edición. Pearson. 1995.
- Rafiquzzaman, Mohamed. Microprocessors and microcomputer based Systems design. CRC press. 1990. Intel, iAPX 86, 88, 186 and 188 User's Manual and Programmer's Reference. Intel Corporation, Santa Clara, California, 1986.
- Tullsen, D., S. Eggers, and H. Levy. Simultaneous Multithreading: Maximizing On-Chip Parallelism. In The Proceedings of the 22rd Annual International Symposium on Computer Architecture, June 1995. (paper)

Programa del curso CEXXXX

## **Arquitectura de Computadores II**

Área Ingeniería en Computadores  
Licenciatura Ingeniería en Computadores

[Última revisión de la plantilla: 31 de agosto del 2021]

## 1 Datos generales

<b>Nombre del curso:</b>	Arquitectura de Computadores 2
<b>Código:</b>	CE 4302
<b>Tipo de curso:</b>	Teórico – Práctico
<b>Electivo o no:</b>	No
<b>Nº de créditos:</b>	4
<b>Nº horas de clase por semana:</b>	4
<b>Nº horas extra clase por semana:</b>	8
<b>Áreas curriculares</b>	Ciencias de Ingeniería (60%) Diseño en Ingeniería (40%)
<b>Ubicación en el plan de estudios:</b>	Curso de 7 <sup>mo</sup> semestre de la carrera de Ingeniería en Computadores
<b>Requisitos:</b>	CE 4301 – Arquitectura de Computadores I
<b>Co-requisitos:</b>	CE 4303 – Principios de Sistemas Operativos
<b>El curso es requisito de:</b>	CE 4501 – Electiva CE 1
<b>Asistencia:</b>	Obligatoria
<b>Suficiencia:</b>	No
<b>Posibilidad de reconocimiento:</b>	Sí
<b>Vigencia del programa:</b>	I Semestre 2022

## 2 Descripción general

Este curso prepara al estudiantado en el análisis sobre las características de los microprocesadores, unidades de procesamiento de gráficos (GPU) y sistemas computacionales de alto desempeño más relevantes en el mercado, de tal manera que permita la comprensión de los principios fundamentales en la utilización de los recursos del hardware para optimizar la implementación del software del computador y así comprender las interacciones e interdependencias entre el hardware y el software durante el proceso de diseño y ejecución programas en un computador.

Los atributos de acreditación relacionados a los graduados y a este curso son los siguientes:

- ◆ **Habilidades de Comunicación HC (Intermedio):**  
Capacidad para elaborar informes, procedimientos, documentación de diseños y presentaciones (de ser posible en un segundo idioma).
- ◆ **Ética y Equidad EE (Intermedio):**  
Capacidad para proponer acciones responsables, equitativas y éticas.
- ◆ **Investigación IN (Avanzado):**  
Capacidad para sintetizar los resultados de investigación con el fin de llegar a conclusiones válidas.

### 3 Objetivos

#### **Objetivo general**

Desarrollar competencias para el estudio, descomposición y diseño de programas que utilicen las capacidades de paralelismo a nivel de datos, así como múltiples núcleos en un computador, por medio del estudio de la implementación de software y hardware sobre las arquitecturas de estos.

Objetivos específicos	Atributos correspondientes
Examinar problemas de ingeniería que implican el uso de multiprocesadores, unidades de procesamiento gráfico (GPU) y vectorial, así como sistemas de supercomputación.	IN
Evaluar técnicas de diseño de computadores que utilicen arquitecturas de aplicación específica.	IN
Explicar situaciones que implican temas de éticas y morales, así como de equidad relacionadas al desarrollo e implementación de sistemas computacionales.	EE
Establecer habilidades en la comunicación oral y elaboración de documentos técnicos, de manera individual y colaborativa, ordenada y concisa.	HC

## 4 Contenidos

### 1. Arquitecturas con paralelismo a nivel de hilos

- 1.1. Arquitecturas de computadores multiprocesador.
- 1.2. Técnicas de balance de carga en arquitecturas multiprocesador.
- 1.3. Sincronización de computadores con múltiples procesadores.
- 1.4. Estudio de casos.
- 1.5. Arquitecturas multi-hilo.
- 1.6. Algoritmos de coherencia de memoria compartida.

### 2. Arquitecturas con paralelismo a nivel de datos

- 2.1. Introducción a las arquitecturas vectoriales.
- 2.2. Conjuntos de instrucciones SIMD.
- 2.3. Introducción a las arquitecturas de GPU.
- 2.4. API para desarrollo de arquitecturas GPU.
- 2.5. Estudio de técnicas de descomposición de problemas.
- 2.6. Algoritmos de paralelismo por software.
- 2.7. Procesamiento por GPU

### 3. Diseño de supercomputadores

- 3.1. Introducción a la computación de alto desempeño.
- 3.2. Estrategias de diseño de supercomputadores.
- 3.3. Benchmarks y métricas de desempeño de supercomputadores.
- 3.4. Balance de carga en supercomputadores.
- 3.5. Técnicas de programación distribuida con MPI y OpenMP.
- 3.6. Estudio de casos.

### 4. Sistemas Heterogéneos

- 4.1. Definición e implementación.
- 4.2. Caso de uso: CPU + GPU.
- 4.3. Caso de uso: CPU + GPU + FPGA.

## 5 Metodología de enseñanza y aprendizaje

Para el desarrollo de este curso, se utilizará una metodología activa, orientada a la formación integral de las personas para favorecer su crecimiento personal, profesional, su socialización y su autonomía, para lo cual toman como sus valores fundamentales:

- El aprender a aprender.
- El aprender a vivir juntos.
- El aprender a resolver.

Se promoverá la participación activa de los estudiantes, orientado a promover una filosofía de “aprender a aprender”, de manera que sean responsables de su proceso de aprendizaje, profundizando los temas abordados en clase, mientras que el profesor tendrá un rol de facilitador, siendo responsable del proceso de enseñanza.

De acuerdo con el Modelo pedagógico del TEC, se potencia la creación, gestión y transferencia del conocimiento orientada hacia el trabajo e investigación interdisciplinaria, multidisciplinaria y transdisciplinaria en los diferentes campos del conocimiento.

En este contexto de formación integral del estudiantado TEC, se implementarán estrategias de acuerdo con sus necesidades particulares, haciendo uso de técnicas relacionadas con:

- **Estrategias didácticas colaborativas:** técnicas didácticas de aula invertida, juego de roles, instrucción entre pares, enseñanza justo a tiempo, oratoria, foro o debate, disertación de expertos, conferencias, seminario, aprendizaje por descubrimiento, análisis de casos, gamificación o webquest, pensamiento visual, entre otras.
- **Estrategias didácticas de sistematización y mapeo:** técnicas didácticas de mapas mentales, mapas conceptuales, cuadros sinópticos, matrices, círculo analítico, UVE heurística, portafolio, entre otras.

**Estrategias didácticas de simulación:** técnicas didácticas de diseño y elaboración de modelos, demostraciones, juego de roles, simulacro, trabajos de laboratorio, aprendizaje experimental, aprendizaje basado en problemas, prácticas de laboratorio, taller y campo, entre otras.

Estas estrategias y técnicas metodológicas (individuales o grupales), se encontrarán vinculadas con los atributos asignados al curso, de tal manera que favorezcan en el estudiantado:

- En su formación integral humana y académica mediante la construcción del aprendizaje a partir de las experiencias y conocimientos.
- En la formación del pensamiento crítico frente a problemas relacionados con asuntos éticos, de equidad y de sostenibilidad.
- En el trabajo en equipo como motor de socialización, relaciones socioafectivas assertivas, innovación y construcción del conocimiento.
- En el empleo de medios tecnológicos en el proceso de comunicación, socialización y de aprendizaje.

Para cumplir lo anterior, el docente tendrá la responsabilidad de asistir puntualmente a las lecciones, cumplir con el horario establecido para las lecciones y las horas de consulta, desarrollar las sesiones en concordancia con los objetivos y contenidos planteados en este programa; así mismo, debe ofrecer espacios para aclarar las dudas o comentarios que el estudiante realice través de distintos medios de comunicación.

El estudiantado deberá asistir puntualmente a las sesiones, en las cuales participará activamente, y desarrollará las actividades asignadas, con el fin de alcanzar los objetivos del curso. Asimismo, el estudiantado debe demostrar, todos aquellos atributos y competencias actitudinales que fomenten una apropiación de su proceso de aprendizaje, un trabajo en equipo eficiente, y que reflejan los valores éticos y humanos fomentados por la Institución en cumplimiento de lo normado en el Régimen de Enseñanza-Aprendizaje (REA).

## 7 Evaluación

El curso al ser práctico – teórico, los rubros se distribuyen de la siguiente manera:

Rubro	Porcentaje
Evaluaciones	30%
Proyecto individual	15%
Proyecto grupal	20%
Investigación	25%
Tareas y talleres	20%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

Los proyectos pueden ser evaluados mediante la presentación funcional, un reporte escrito, una comprobación individual, una bitácora y presentación ante el grupo.

Los exámenes tienen carácter acumulativo. Al menos 5 quices teóricos o prácticos con aviso de una semana de anticipación y cubren la materia vista en clase, así como lecturas complementarias asignadas por el profesor.

Para efectos del rubro de Investigación se espera un cumplimiento acorde con el grado de complejidad de la misma, todo esto dentro del marco de formalidad que este tipo de trabajo requiere tanto en el planteamiento del problema como en su desarrollo, de tal manera que permita sintetizar los resultados de manera adecuada con el fin de llegar a conclusiones válidas.

## 8 Bibliografía

- [1] John L Hennessy y David A Patterson. Computer architecture: a quantitative approach. Elsevier, 2011.
- [2] David A Patterson y John L Hennessy. Computer organization and design. Morgan Kaufmann:474-476, 2007.
- [3] Grama Ananth, Gupta Anshul, Karypis George y Kumar Vipin. Introduction to parallel computing. Harlow, UK: Pearson, 2003.
- [4] Marilyn Wolf. High-performance embedded computing: applications in cyber-physical systems and mobile computing. Newnes, 2014.

Programa del curso CE4303

## **Principios de Sistemas Operativos**

Área Académica de Ingeniería en Computadores  
Programa de Licenciatura en Ingeniería en Computadores.

[Última revisión de la plantilla: 31 de agosto del 2021]

## I Parte: Aspectos relativos al plan de estudios

### 1 Datos generales

<b>Nombre del curso:</b>	Principios de Sistemas Operativos
<b>Código:</b>	CE-4303
<b>Tipo de curso:</b>	Teórico - Práctico
<b>Electivo o no:</b>	No
<b>Nº de créditos:</b>	4
<b>Nº horas de clase por semana:</b>	4
<b>Nº horas extraclase por semana:</b>	8
<b>Ubicación en el plan de estudios:</b>	7 <sup>mo</sup> semestre
<b>Requisitos:</b>	CE-xx Compiladores e Interpretes
<b>Correquisitos:</b>	CE4302 Arquitectura de Computadores II
<b>El curso es requisito de:</b>	CE-xx Sistemas Empotrados
<b>Asistencia:</b>	Obligatoria
<b>Suficiencia:</b>	Sí
<b>Posibilidad de reconocimiento:</b>	No
<b>Nota mínima:</b>	70%
<b>Examen de reposición:</b>	No hay
<b>Vigencia del programa:</b>	I Semestre 2021

## **2 Descripción general**

Este curso prepara al estudiante con respecto a los principales servicios que comprende un sistema operativo: administración del procesador, administración de la memoria principal, administración de dispositivos, protección y seguridad, con ello los estudiantes estarán en capacidad de tomar decisiones basadas en criterios robustos y con una sólida base práctica.

Los atributos de acreditación relacionados a los graduados y a este curso son los siguientes:

- ◆ Ingeniería y Sociedad IS (Intermedio)

Capacidad para identificar las responsabilidades profesionales dentro del contexto del problema o la práctica profesional de ingeniería.

- ◆ Uso de herramientas de Ingeniería HI (Avanzado)

Capacidad para crear o adaptar técnicas, recursos y herramientas modernas de ingeniería para la solución de problemas complejos de ingeniería.

- ◆ Aprendizaje Continuo AC (Avanzado)

Capacidad para valorar las estrategias y el conocimiento adquirido para alcanzar los objetivos o las intenciones de aprendizaje.

### 3 Objetivos

Evaluar los principales servicios comprendidos dentro de los sistemas operativos, apoyándose en el conocimiento teórico-práctico necesario para su entendimiento y para la generación de criterios robustos y concisos.

Objetivo(s) del curso	Atributos correspondientes
Analizar la evolución de los sistemas operativos, desde el punto de vista de los servicios que presta el sistema y el computador, para comparar las diferentes características entre los mismos.	HI
Examinar los diferentes servicios que brinda un SO, así como las definiciones de los mismos y los alcances de estos, con el fin de enfatizar en la asignación del procesador a diferentes procesos.	HI
Evaluar los diferentes problemas que surgen en la coordinación de los diferentes servicios que brinda el sistema operativo a sus usuarios.	IS
Valorar la información o conocimientos sintetizados, con el fin de desarrollar pensamiento crítico, considerando los estándares vigentes y las implicaciones sociales.	AC

## **4 Contenidos**

### **1. Introducción a los SOs**

¿Qué es un Sistema Operativo?: Perspectiva Histórica

1.1. Breve Repaso Histórico.

1.2. Perspectiva del Usuario.

1.3. Perspectiva del Sistema.

### **2. Servicios de un SO**

¿Qué servicios es capaz de brindar un sistema operativo a sus usuarios?

2.1. Interrupciones: por hardware y por software (TRAPS).

2.2. Funciones de los Sistemas Operativos.

2.3. Tipos de SOs.

2.4. Estructura de los SOs.

### **3. Procesos Concurrentes**

La problemática generada por la interacción de los procesos y sus posibles soluciones.

3.1. El concepto de proceso.

3.2. Creación de procesos.

3.3. Interacción de procesos.

3.4. Sincronización.

3.5. Semáforos.

3.6. Otros métodos de Sincronización.

### **4. El problema del Deadlock**

El problema “económico” de los recursos y sus implicaciones.

4.1. Procesos y Recursos.

4.2. Caracterización del problema del deadlock.

4.3. Prevención, detección y recuperación.

### **5. Control de Procesos y Administración del Procesador**

5.1. Análisis de las políticas de asignación del procesador

5.2. Estructuras de datos para la administración de procesos.

5.3. Esquemas simples de asignación

5.4. Asignación bajo multiprogramación.

### **6. Administración de la Memoria Principal**

Análisis de los diferentes esquemas y políticas de asignación de la memoria

6.1. Esquemas simples de administración.

6.2. Memoria Virtual.

6.3. Algoritmos de Pila.

**6.4. Algoritmos de Reloj.**

**7. Administración de Dispositivos.**

El papel preponderante de las interrupciones en la comunicación con los dispositivos y los Device Drivers.

**7.1. Comunicación CPU-Dispositivo.**

**7.2. Interrupciones.**

**7.3. DMA.**

**7.4. Canales.**

**7.5. Device Drivers.**

**7.6. Asignación de Disco.**

**8. Administración de Información.**

El sistema de archivos y otros elementos importantes en la administración de información

**8.1. Concepto de Archivo.**

**8.2. Métodos de Acceso.**

**8.3. Métodos de Asignación.**

**8.4. Estructuras de Directorios.**

**8.5. Protección.**

**8.6. Compresión de Datos.**

**9. Protección y Seguridad.**

El papel preponderante que cumplen la seguridad y protección en los SOs

**9.1. Aspectos Básicos.**

**9.2. Control de Acceso y de fluido de información.**

**9.3. Modelos de Protección.**

**9.4. Criptografía**

**10. Sistemas Distribuidos.**

**10.1. SOs en ambientes de redes**

**10.2. Conceptos de Redes. Sincronización. Deadlock.**

## **II parte: Aspectos operativos**

### **5 Metodología de enseñanza y aprendizaje**

Para el desarrollo de este curso, se utilizará una metodología activa, orientada a la formación integral de las personas para favorecer su crecimiento personal, profesional, su socialización y su autonomía, para lo cual toman como sus valores fundamentales:

- El aprender a aprender
- El aprender a vivir juntos
- El aprender a resolver

Se promoverá la participación activa de los estudiantes, orientado a promover una filosofía de “aprender a aprender”, de manera que sean responsables de su proceso de aprendizaje, profundizando los temas abordados en clase, mientras que el profesor tendrá un rol de facilitador, siendo responsable del proceso de enseñanza.

De acuerdo con el Modelo pedagógico del TEC, se potencia la creación, gestión y transferencia del conocimiento orientada hacia el trabajo e investigación interdisciplinaria, multidisciplinaria y transdisciplinaria en los diferentes campos del conocimiento.

En este contexto de formación integral del estudiantado TEC, se implementarán estrategias de acuerdo con sus necesidades particulares, haciendo uso de técnicas relacionadas con:

- Estrategias didácticas colaborativas: técnicas didácticas de aula invertida, juego de roles, instrucción entre pares, enseñanza justo a tiempo, oratoria, foro o debate, disertación de expertos, conferencias, seminario, aprendizaje por descubrimiento, análisis de casos, gamificación o webquest, pensamiento visual, entre otras.
- Estrategias didácticas de sistematización y mapeo: técnicas didácticas de mapas mentales, mapas conceptuales, cuadros sinópticos, matrices, círculo analítico, UVE heurística, portafolio, entre otras.
- Estrategias didácticas de simulación: técnicas didácticas de diseño y elaboración de modelos, demostraciones, juego de roles, simulacro, trabajos de laboratorio, aprendizaje experimental, aprendizaje basado en problemas, prácticas de laboratorio, taller y campo, entre otras.

Estas estrategias y técnicas metodológicas (individuales o grupales), se encontrarán vinculadas con los atributos asignados al curso, de tal manera que favorezcan en el estudiantado:

- En su formación integral humana y académica mediante la construcción del aprendizaje a partir de las experiencias y conocimientos.
- En la formación del pensamiento crítico frente a problemas relacionados con asuntos éticos, de equidad y de sostenibilidad.
- En el trabajo en equipo como motor de socialización, relaciones socio-afectivas asertivas, innovación y construcción del conocimiento.
- En el empleo de medios tecnológicos en el proceso de comunicación, socialización y de aprendizaje.

Para cumplir lo anterior, el docente tendrá la responsabilidad de asistir puntualmente a las lecciones, cumplir con el horario establecido para las lecciones y las horas de consulta, desarrollar las sesiones en concordancia con los objetivos y contenidos planteados en este programa; así mismo, debe ofrecer espacios para aclarar las dudas o comentarios que el estudiante realice través de distintos medios de comunicación.

El estudiantado deberá asistir puntualmente a las sesiones, en las cuales participará activamente, y desarrollará las actividades asignadas, con el fin de alcanzar los objetivos del curso. Asimismo, el estudiantado debe demostrar, todos aquellos atributos y competencias actitudinales que fomenten una apropiación de su proceso de aprendizaje, un trabajo en equipo eficiente, y que reflejan los valores éticos y humanos fomentados por la Institución en cumplimiento de lo normado en el Régimen de Enseñanza-Aprendizaje (REA).

## 6 Evaluación

Rubro	Porcentaje
Investigación	5%
Talleres	15%
Trabajo en clase	5%
Tareas Cortas	10%
Exámenes	25%
Proyectos	40%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

Para efectos de la Investigación, esta debe cumplir por lo menos, los mínimos aspectos de un debido estudio detallado de la cuestión, análisis bibliográfico y análisis de resultados, todo esto con algún grado de uso de estandarización en la formulación documental del trabajo, considerando aspectos requeridos de acuerdo con la disciplina.

## **7 Bibliografía**

### **Obligatoria**

- [1] Tanenbaum, A. S., & Bos, H. (2015). Modern operating systems. Pearson.

### **Complementaria**

- [1] Tanenbaum. Operating systems: design and implementation. Prentice Hall. 1988
- [2] Peterson. Operating Systems Concepts. Addison Wesley, Second Edition. 1985
- [3] Lubomir y Shaw, The logical design of operating systems. Prentice Hall, Second Edition. 1988.
- [4] Kamburugamuve, S., Wickramasinghe, P., Govindarajan, K., Uyar, A., Gunduz, G., Abeykoon, V., & Fox, G. (2018, July). Twister: Net-communication library for big data processing in hpc and cloud environments. In 2018 IEEE 11th International Conference on Cloud Computing (CLOUD) (pp. 383-391). IEEE.
- [5] Liguori, A. N., Wilson, M. S., & Nowland, I. P. (2018). U.S. Patent No. 9,886,297. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Programa del curso CE5301

## **Redes de Computadores**

Área Académica de Ingeniería en Computadores  
Programa de Licenciatura en Ingeniería en Computadores.

## I Parte: Aspectos relativos al plan de estudios

### 1 Datos generales

<b>Nombre del curso:</b>	Redes de Computadoras
<b>Código:</b>	CE-5301
<b>Tipo de curso:</b>	Teórico - Práctico
<b>Electivo o no:</b>	No
<b>Nº de créditos:</b>	4
<b>Nº horas de clase por semana:</b>	4
<b>Nº horas extraclase por semana:</b>	8
<b>% de las áreas curriculares:</b>	Ciencias de Ingeniería (50%) Diseño en Ingeniería (50%)
<b>Ubicación en el plan de estudios:</b>	VIII Semestre
<b>Requisitos:</b>	CE-4101 Diseño y calidad de Productos Tecnológicos CE-4303 Principios de Sistemas Operativos
<b>Correquisitos:</b>	No
<b>El curso es requisito de:</b>	CE xx Seguridad de la Información CE-5401 Formulación y Gestión de Proyectos
<b>Asistencia:</b>	Obligatoria
<b>Suficiencia:</b>	No
<b>Posibilidad de reconocimiento:</b>	Si
<b>Nota Mínima:</b>	70%
<b>Examen Reposición:</b>	No hay
<b>Vigencia del programa:</b>	I Semestre 2022

## **2 Descripción general**

*"Nunca consideremos el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber".*

*Albert Einstein.*

En este curso el estudiante obtendrá los conocimientos fundamentales a las redes de computadores desde un punto de vista jerárquico de capas tales como los modelos de referencia usados en redes y la creación de interconexiones por medio de equipos de ruteo, lo cual permite a las aplicaciones interactuar entre ellas, todo esto dirigido por medio de ejercicios, prácticas y talleres prácticos.

Los atributos de acreditación relacionados a los graduados y a este curso son los siguientes:

- ◆ Conocimiento de Ingeniería CI (Avanzado):  
Capacidad para aplicar los conocimientos especializados en los diversos campos de la ingeniería.
- ◆ Investigación IN (Avanzado):  
Capacidad para sintetizar los resultados de investigación con el fin de llegar a conclusiones válidas.
- ◆ Ingeniería y Sociedad IS (Medio):  
Capacidad para identificar las responsabilidades profesionales dentro del contexto del problema o la práctica profesional de ingeniería.

### 3 Objetivos

Desarrollar servicios de conectividad por medio de un adecuado diseño, planificación, instalación, configuración y mantenimiento de redes de computadores y para la interacción entre ellas y la obtención del resultado esperado.

Objetivo(s) del curso	Atributo
Evaluar conocimiento especializado de ingeniería en el campo de las redes computacionales para la resolución de problemas de conectividad entre dispositivos de usuario final, máquinas y dispositivos de red.	CI
Implementar protocolos de comunicación según una necesidad específica, permitiendo maximizar la eficiencia y la velocidad de las comunicaciones entre los dispositivos de una red.	IN
Justificar la aplicación de conocimiento especializado en el diseño, programación y configuración de redes de pequeño a mediano tamaño a través de redes de área local y regionales.	CI
Describir los criterios de selección y diseño de una red de datos, así como las responsabilidades profesionales según las realidades sociales, económicas, legales y ambientales de un entorno.	IS

## **4 Contenidos**

1. Introducción a la redes.
  - 1.1.Capas, protocolos, servicios, jerarquias de protocolos, encapsulado.
  - 1.2.Modelo OSI.
  - 1.3.Modelo TCP/IP.
  - 1.4.Comparación de los modelos OSI y TCP/IP
  - 1.5.Servicios orientados a conexión y servicios no orientados a conexión.
  - 1.6.Direcciones IP y su estructura en versión 4
  - 1.7.Subnetting (subdirecccionamiento de redes).
  - 1.8.Programación de routers usando Packet-tracer de Cisco.
2. La capa física.
  - 2.1. comunicación de datos: Señales limitadas en banda, capacidad del canal.
  - 2.2.Medios guiados de Transmisión inalámbrica
  - 2.3.La red telefónica pública conmutada: módems, ADSL, conmutación.
  - 2.4.Redes satelitales básicas .
3. La capa de enlace de datos.
  - 3.1. Funciones de la capa de enlace de datos
  - 3.2.Detección y corrección de errores
  - 3.3.Protocolos simples de enlace de datos.
  - 3.4.Protocolos de ventana deslizante.
  - 3.5.Ejemplos de protocolos de enlace de datos: HDLC, PPP.
4. La subcapa de control de acceso al medio.
  - 4.1.Asignación de canales fijos y dinámicos en redes.
  - 4.2.Protocolos de acceso múltiple.
  - 4.3.Ethernet
  - 4.4.Conmutación en la capa de enlace de datos
5. La capa de red
  - 5.1.Servicios de la capa de red
  - 5.2.Algoritmos de Enrutado
  - 5.3.Algoritmos de control de congestión
  - 5.4.Calidad de los servicios
  - 5.5.Interredes:
  - 5.6.Los protocolos de capa de red en la Internet
  - 5.7.Configuración Router on a Stick
6. La capa de transporte
  - 6.1.Los servicios de transporte
  - 6.2.Elementos de los protocolos de transporte.
  - 6.3.Protocolos simples de transporte

- 6.4.El protocolo de transporte UDP del Internet.
- 6.5.El protocolo de transporte TCP del Internet
- 6.6.Generación de llamadas a procedimientos remotos.
- 6.7.Procesamiento distribuido.
7. La capa de aplicación
  - 7.1.El sistema de nombres de dominio DNS: espacio de nombres, servidores.
  - 7.2.El correo electrónico: arquitectura y servicios, formato de mensajes, transferencia de mensajes.
  - 7.3.Internet: arquitectura, documentos estáticos y dinámicos, el protocolo de transferencia de hipertexto HTTP.
  - 7.4.Servicios en la Nube.
8. Fundamentos de Wireless
  - 8.1.Conceptos de Señales de Radio.
  - 8.2.Protocolos de Comunicaciones Inalámbricas.
  - 8.3.Seguridad Inalámbrica.
9. Fundamentos de Diseños de Redes
  - 9.1.Esquema por Capas
  - 9.2. Metodología PPDIOO para Diseño de Redes
  - 9.3.Aspectos Financieros de Diseño
  - 9.4.Aspectos de Implementación y Operación
10. Fundamentos de Cyber Seguridad en Redes
  - 10.1. Tipos de Ataques en Redes
  - 10.2. Mecanismos de defensa contra cyber ataques

## II parte: Aspectos operativos

### 5 Metodología de enseñanza y aprendizaje

Para el desarrollo de este curso, se utilizará una metodología activa, orientada a la formación integral de las personas para favorecer su crecimiento personal, profesional, su socialización y su autonomía, para lo cual toman como sus valores fundamentales:

- El aprender a aprender
- El aprender a vivir juntos
- El aprender a resolver

Se promoverá la participación activa de los estudiantes, orientado a promover una filosofía de “aprender a aprender”, de manera que sean responsables de su proceso de aprendizaje, profundizando los temas abordados en clase, mientras que el profesor tendrá un rol de facilitador, siendo responsable del proceso de enseñanza.

De acuerdo con el Modelo pedagógico del TEC, se potencia la creación, gestión y transferencia del conocimiento orientada hacia el trabajo e investigación interdisciplinaria, multidisciplinaria y transdisciplinaria en los diferentes campos del conocimiento.

En este contexto de formación integral del estudiantado TEC, se implementarán estrategias de acuerdo con sus necesidades particulares, haciendo uso de técnicas relacionadas con:

- **Estrategias didácticas colaborativas:** técnicas didácticas de aula invertida, juego de roles, instrucción entre pares, enseñanza justo a tiempo, oratoria, foro o debate, disertación de expertos, conferencias, seminario, aprendizaje por descubrimiento, análisis de casos, gamificación o webquest, pensamiento visual, entre otras.
- **Estrategias didácticas de sistematización y mapeo:** técnicas didácticas de mapas mentales, mapas conceptuales, cuadros sinópticos, matrices, círculo analítico, UVE heurística, portafolio, entre otras.
- **Estrategias didácticas de simulación:** técnicas didácticas de diseño y elaboración de modelos, demostraciones, juego de roles, simulacro, trabajos de laboratorio, aprendizaje experimental, aprendizaje basado en problemas, prácticas de laboratorio, taller y campo, entre otras.

Estas estrategias y técnicas metodológicas (individuales o grupales), se encontrarán vinculadas con los atributos asignados al curso, de tal manera que favorezcan en el estudiantado:

- En su formación integral humana y académica mediante la construcción del aprendizaje a partir de las experiencias y conocimientos.
- En la formación del pensamiento crítico frente a problemas relacionados con asuntos éticos, de equidad y de sostenibilidad.
- En el trabajo en equipo como motor de socialización, relaciones socio-afectivas asertivas, innovación y construcción del conocimiento.

- En el empleo de medios tecnológicos en el proceso de comunicación, socialización y de aprendizaje.

Para cumplir lo anterior, el docente tendrá la responsabilidad de asistir puntualmente a las lecciones, cumplir con el horario establecido para las lecciones y las horas de consulta, desarrollar las sesiones en concordancia con los objetivos y contenidos planteados en este programa; así mismo, debe ofrecer espacios para aclarar las dudas o comentarios que el estudiante realice través de distintos medios de comunicación.

El estudiantado deberá asistir puntualmente a las sesiones, en las cuales participará activamente, y desarrollará las actividades asignadas, con el fin de alcanzar los objetivos del curso. Asimismo, el estudiantado debe demostrar, todos aquellos atributos y competencias actitudinales que fomenten una apropiación de su proceso de aprendizaje, un trabajo en equipo eficiente, y que reflejan los valores éticos y humanos fomentados por la Institución en cumplimiento de lo normado en el Régimen de Enseñanza-Aprendizaje (REA).

## 6 Evaluación

La evaluación del presente curso será realizada principalmente a través de evaluaciones cortas. También se evaluará el conocimiento mediante tareas, laboratorios y trabajos en clase. Se realizará también presentaciones realizadas por los estudiantes. Sobre lo anterior los porcentajes asignados serán de la siguiente forma:

Rubro	%
Casos de estudio, laboratorios e investigaciones	25%
Trabajo en clase	5%
Evaluaciones cortas	40%
Proyectos	30%
<b>Total</b>	100%

La evaluación corta busca validar el entendimiento de los temas vistos en el curso. Los laboratorios se utilizarán para aplicar los conocimientos específicos en ambientes simulados.

La evaluación de las presentaciones se centra en la exposición como tal, el manejo de la materia expuesta y en el interés logrado en la audiencia sobre el material expuesto, además se divide de la siguiente forma:

Nota presentación:

- Evaluación individual 60%
- Evaluación grupal 40%

La asistencia es obligatoria, por lo que se tomará lista durante la lección. Para efectos del rubro de Investigación se espera un cumplimiento acorde con el grado de complejidad de la misma, todo esto dentro del marco de formalidad que este tipo de trabajo requiere tanto en el planteamiento del problema como en su desarrollo, de tal manera que permita sintetizar los resultados de manera adecuada con el fin de llegar a conclusiones válidas.

## 7 Bibliografía

- Tanenbaum, A. Wetherall, D. "Redes de Computadoras", Prentice-hall International, Inc. 2010. 5ta Edición.
- James F .Kurose. Keith W. Ross. "Redes de computadoras. Un enfoque descendente", Pearson Education S.A, Madrid, 2017. 7ma Edición. ISBN: 978-84-9035-528-2. ISBN e-Book: 978-84-9035-529-9.
- James F .Kurose. Keith W. Ross. "Computer networking: a top-down approach", Pearson, Hoboken New Jersey, 2017. 7ma Edición. ISBN-13: 978-0-13-359414-0. ISBN-10: 0-13-359414-9.

Programa del curso CE5302

## **Proyecto de Diseño en Ingeniería en Computadores**

Área Ingeniería en Computadores  
Licenciatura Ingeniería en Computadores

[Última revisión del programa: 31 de agosto del 2021]

## 1 Datos generales

<b>Nombre del curso:</b>	Proyecto de aplicación de la Ingeniería en Computadores
<b>Código:</b>	CE-5302
<b>Tipo de curso:</b>	Práctico
<b>Electivo o no:</b>	No
<b>Nº de créditos:</b>	3
<b>Nº horas de clase por semana:</b>	3
<b>Nº horas extraclase por semana:</b>	9
<b>Ubicación en el plan de estudios:</b>	IX Semestre
<b>Requisitos:</b>	CExx Sistemas Empotrados AE4208 Desarrollo de Emprendedores CE4202 Taller de Señal Mixta
<b>Co-requisitos:</b>	
<b>El curso es requisito de:</b>	CE-5600 Trabajo Final de Graduación
<b>Asistencia:</b>	Obligatorio
<b>Suficiencia:</b>	No
<b>Posibilidad de reconocimiento:</b>	Sí
<b>Nota Mínima:</b>	70%
<b>Examen Reposición:</b>	No hay
<b>Vigencia del programa:</b>	1 Semestre 2022

## 2 Descripción general

En este curso el estudiante tendrá la primer oportunidad de involucrarse en un proyecto que integre las destrezas adquiridas durante la carrera, tanto en el desarrollo de proyectos tanto de software como de hardware así como de gestión de proyectos.

El proyecto de Diseño puede realizarse en proyectos de investigación desarrollados en el ITCR, en la industria, en instituciones educativas de educación superior reconocidas, o en institutos o centros de investigación nacionales e internacionales. El proyecto puede concentrarse en aspectos de hardware, de software o de la combinación de ambos, pero debe poder enmarcarse dentro del ámbito de la Ingeniería en Computadores.

Los atributos de acreditación relacionados a los graduados y a este curso son los siguientes:

- ◆ **Diseño DI (Avanzado):**  
Capacidad para validar un diseño final a partir de la comparación de posibles soluciones y su implementación.
- ◆ **Administración de proyectos y Finanzas AF (Avanzado):**  
Capacidad para analizar la administración del proyecto y finanzas, como insumo para la toma de decisiones.
- ◆ **Ambiente y sostenibilidad AS (Avanzado):**  
Capacidad para evaluar el impacto del trabajo profesional de ingeniería en la solución de problemas complejos en contextos sociales y ambientales.

### 3 Objetivos

Elaborar un proyecto de investigación o de desarrollo, a efectos de la implementación práctica de los conocimientos adquiridos durante la carrera y que permita la colaboración de soluciones a problemas concretos de la industria o de la academia en donde el conocimiento de ingeniería sea requerido.

Objetivos específicos	Atributos correspondientes
Identificar los tipos de protección de propiedad intelectual de las herramientas y componentes utilizados en la solución del problema, además del tiempo, esfuerzo y costo que requerirá la implementación de la solución.	AF
Razonar el problema por resolver, identificando los recursos necesarios, limitaciones del proyecto, restricciones de diseño y conocimientos necesarios para la resolución óptima al problema planteado.	DI
Desarrollar una solución óptima al problema planteado aplicando los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de Ingeniería en Computadores y la aplicación adecuada de técnicas de captura de requerimientos, técnicas de diseño y evaluación de soluciones propuestas, tipos de pruebas basadas en los requerimientos anteriormente recolectados, habilidades de documentación para la solución planteada y recomendaciones de seguimiento.	DI
Elaborar propuestas de diseño de la solución tomando en consideración el impacto de las mismas en la sociedad y el medio ambiente.	AS

#### 4 Contenidos

El Proyecto de Diseño en Ingeniería en Computadores es un curso de aplicación y como tal, no tiene contenidos específicos. Más bien, se pretende que el estudiante aplique los conocimientos adquiridos en la carrera en un proyecto de diseño o desarrollo. El estudiante deberá aplicar sus conocimientos de desarrollo de software, diseño de hardware y administración de proyectos. A fin de maximizar la contribución del trabajo del estudiante, el profesor podrá presentar temas complementarios sobre ingeniería de software, administración de proyectos o técnicas específicas para desarrollo de sistemas empotrados.

#### 5 Metodología de enseñanza y aprendizaje

Para el desarrollo de este curso, se utilizará una metodología activa, orientada a la formación integral de las personas para favorecer su crecimiento personal, profesional, su socialización y su autonomía, para lo cual toman como sus valores fundamentales:

- El aprender a aprender
- El aprender a vivir juntos
- El aprender a resolver

Se promoverá la participación activa de los estudiantes, orientado a promover una filosofía de “aprender a aprender”, de manera que sean responsables de su proceso de aprendizaje, profundizando los temas abordados en clase, mientras que el profesor tendrá un rol de facilitador, siendo responsable del proceso de enseñanza.

De acuerdo con el Modelo pedagógico del TEC, se potencia la creación, gestión y transferencia del conocimiento orientada hacia el trabajo e investigación interdisciplinaria, multidisciplinaria y transdisciplinaria en los diferentes campos del conocimiento.

En este contexto de formación integral del estudiantado TEC, se implementarán estrategias de acuerdo con sus necesidades particulares, haciendo uso de técnicas relacionadas con:

- **Estrategias didácticas colaborativas:** técnicas didácticas de aula invertida, juego de roles, instrucción entre pares, enseñanza justo a tiempo, oratoria, foro o debate, disertación de expertos, conferencias, seminario, aprendizaje por descubrimiento, análisis de casos,

gamificación o *webquest*, pensamiento visual, entre otras.

- **Estrategias didácticas de sistematización y mapeo:** técnicas didácticas de mapas mentales, mapas conceptuales, cuadros sinópticos, matrices, círculo analítico, UVE heurística, portafolio, entre otras.
- **Estrategias didácticas de simulación:** técnicas didácticas de diseño y elaboración de modelos, demostraciones, juego de roles, simulacro, trabajos de laboratorio, aprendizaje experimental, aprendizaje basado en problemas, prácticas de laboratorio, taller y campo, entre otras.

Estas estrategias y técnicas metodológicas (individuales o grupales), se encontrarán vinculadas con los atributos asignados al curso, de tal manera que favorezcan en el estudiantado:

- En su formación integral humana y académica mediante la construcción del aprendizaje a partir de las experiencias y conocimientos.
- En la formación del pensamiento crítico frente a problemas relacionados con asuntos éticos, de equidad y de sostenibilidad.
- En el trabajo en equipo como motor de socialización, relaciones socio-afectivas asertivas, innovación y construcción del conocimiento.
- En el empleo de medios tecnológicos en el proceso de comunicación, socialización y de aprendizaje.

Para cumplir lo anterior, el docente tendrá la responsabilidad de asistir puntualmente a las lecciones, cumplir con el horario establecido para las lecciones y las horas de consulta, desarrollar las sesiones en concordancia con los objetivos y contenidos planteados en este programa; así mismo, debe ofrecer espacios para aclarar las dudas o comentarios que el estudiante realice través de distintos medios de comunicación.

El estudiantado deberá asistir puntualmente a las sesiones, en las cuales participará activamente, y desarrollará las actividades asignadas, con el fin de alcanzar los objetivos del curso. Asimismo,

el estudiantado debe demostrar, todos aquellos atributos y competencias actitudinales que fomenten una apropiación de su proceso de aprendizaje, un trabajo en equipo eficiente, y que reflejan los valores éticos y humanos fomentados por la Institución en cumplimiento de lo normado en el Régimen de Enseñanza-Aprendizaje (REA).

## 7 Evaluación

La evaluación del desempeño del estudiante será determinada con base en la calificación de los entregables del curso. Las plantillas y criterios de evaluación de cada entregable serán proporcionados por el profesor del curso previo a la asignación de los mismos. Asimismo, la contraparte evaluará el documento de diseño asignando una calificación con una ponderación del 50% del valor del trabajo.

Rubro	Porcentaje
<b>Evaluación del Profesor (50%)</b>	
Plan de Proyecto	15%
Informes de Avance	15%
Asistencia	5%
Documento de Requerimiento	10%
Documento de Diseño	20%
Tareas y pruebas cortas	10%
Presentación final	5%
Informe final/ Artículo	20%
<b>Evaluación de la contraparte (50%)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alcance de los objetivos planteados.</li> <li>• Calidad del trabajo realizado.</li> <li>• Aplicación de conocimientos y buenas prácticas de ingeniería.</li> <li>• Actitud hacia el trabajo.</li> </ul>	
<b>Total</b>	100%

## 8 Bibliografía

La siguiente bibliografía complementaria puede ser consultada sobre estos temas:

Beizer, B. (1995). *Black-box testing: techniques for functional testing of software and systems*. New York, NY: John Wiley & Sons, Inc.

Binder, R. (2009). *Testing Object Oriented Systems: Models, Patterns, and Tools*. Addison-Wesley.

Copeland, L. (2004). *A practitioner's guide to Software Test Design*. Norwood, Massachusetts: Artech House Publishers.

Galin, D. (2004). *Software Quality Assurance. From Theory to Implementation*. Essex, England: Pearson Education Limited.

IEEE. (1991). IEEE Std 610.12.1990 –Standard Glossary of SW Engineering Terminology` .New York: The Institute of Electrical and Electronics Engineers.

IEEE. (1992). IEEE Std 1129-1992: Software Quality Management System (Part I: Requirements).New York, NY: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

IEEE. (1993). IEEE Std 1159-1993: Guide for Software Verification and Validation Plans.New York, NY: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

IEEE. (2002). IEEE 730-2002: Standard for Software Quality Assurance Plans.New York: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

IEEE. (2002). Recommended Practice for Software Acquisition.New York, NY: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

Kan, S.H. (1997). *Metrics and Models in Software Quality Engineering*. Reading, Massachusetts: Addison Wesley Longman, Inc.

Kern et al, E. (2018). Sustainable software products—Towards assessment criteria for resource and energy efficiency. *Future generations computer systems*, 86, 199-210.  
doi:10.1016/j.future.2018.02.044

Lewis, W. E. (2000). *Software Testing and Continuous Quality Improvement*. Plano, TX: CRC Press LLC.

Mavin, A., Wilkinson, P., Harwood, A., & Novak, M. (2009). Easy Approach to Requirements Syntax(EARS). Proceedings of Requirements Engineering Conference. 2009. RE '09. 17th IEEE International(págs. 317-322). Atlanta: IEEE.

McConell, S. (2004). *Code Complete, Second Edition* .Redmond, WA: Microsoft Press.

Myers, G. J. (2004). *The Art of Software Testing*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.

Osterwalder, A. e. (2014). *Value Proposition Design*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.

- Pressman, R. (2014). Software Engineering: A Practitioner's Handbook, Eight Edition. New York: McGraw-Hill Science/Engineering.
- Project Management Institute. (2007). Practice Standard for Configuration Management. Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.
- Project Management Institute. (2011). Practice Standard for Project Estimating. Pennsylvania: Project Management Institute.
- Project Management Institute. (2017). Guia de los fundamentos para la dirección de proyectos -Sexta Edicion(Sixth ed.). Newtown Square, Pensilvania 19073-3299 EE.UU.: Project Management Institute, Inc.
- Schulmeyer, G. G. (Ed.). (1999). Handbo of Software Quality Assurance(3rd ed.). Upper Sadle River, NJ: Pentice Hall PTR.
- Simon, D. E. (1999). An Embedded Software Primer. Crawfordsville, IN: Addison Wesley.
- Ulrich, K. T., Eppinger, S., & Yang, M. C. (2020). Product Design and Development(7th ed.). New York, NY, USA: McGrawHill.
- White, E. (2011). Making Embedded Systems: Design Patterns for Great Software . Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc.
- Wiegers, K. E. (2003). Software Requirements 2nd. Ed. Redmnd, WA: Microsoft Pres

Programa del curso CE5401

## **Formulación y Gestión de Proyectos**

**Área Académica de Ingeniería en Computadores**  
**Programa de Licenciatura en Ingeniería en Computadores.**

## I Parte: Aspectos relativos al plan de estudios

### 1 Datos generales

<b>Nombre del curso:</b>	Formulación y gestión de proyectos
<b>Código:</b>	CE-5401
<b>Tipo de curso:</b>	Teórico – práctico
<b>Electivo o no:</b>	No
<b>Nº de créditos:</b>	3
<b>Nº horas de clase por semana:</b>	4
<b>Nº horas extraclasses por semana:</b>	5
<b>Ubicación en el plan de estudios:</b>	IX Semestre
<b>Requisitos:</b>	CE-5301 – Redes de Computadores CE-5302 Proyecto de Aplicación de la Ingeniería en Computadores
<b>Correquisitos:</b>	
<b>El curso es requisito de:</b>	CE-5600 – Trabajo Final de Graduación
<b>Asistencia:</b>	Obligatoria
<b>Suficiencia:</b>	No
<b>Posibilidad de reconocimiento:</b>	No
<b>Nota mínima:</b>	70%
<b>Examen de reposición:</b>	No hay
<b>Vigencia del programa:</b>	I semestre 2022

## **2 Descripción general**

En este curso el estudiante desarrolla las habilidades para conceptualizar, formular y gestionar proyectos en el área de tecnologías, en particular a los que se abocan los profesionales del área de ingeniería en computadores, con lo cual se amplían sus competencias con aspectos de orden administrativo específicos para el desarrollo de proyectos, tales como del pensamiento crítico, el análisis de entorno, trabajo en equipo, el dimensionamiento de proyectos y la gestión del riesgo.

A lo largo del curso se analizan de manera crítica estándares internacionales para la gestión de proyectos, en particular PMBOK, IPMA, PRINCE2 y el IEEE 1490-2003, con el fin de conocer con detalle las mejores prácticas de esta área de conocimiento, comprendiendo como pueden ser aplicadas a la realidad de la ingeniería en computadores.

Los atributos de acreditación relacionados a los graduados y a este curso son los siguientes:

- ◆ Administración de proyectos y Finanzas AF (Avanzado): Capacidad para analizar la administración del proyecto y finanzas, como insumo para la toma de decisiones.
- ◆ Ética y equidad EE (Avanzado): Capacidad para analizar sus actitudes profesionales con responsabilidad, equidad y ética.
- ◆ Habilidades de comunicación HC (Avanzado): Capacidad para comunicar conceptos complejos de ingeniería de acuerdo con la audiencia (de ser posible en un segundo idioma).

### **3 Objetivos**

Formular proyectos de tecnología, específicamente los proyectos orientados a la ingeniería en computadores, de tal manera que permita al estudiante la aplicación de competencias necesarias para su correcta administración.

<b>Objetivo(s) del curso</b>	<b>Atributo(s) correspondiente(s)</b>
Identificar los factores humanos y de entorno que influyen en el desarrollo de un proyecto de tecnologías, en particular de ingeniería en computadores.	AF EE
Describir las características de los métodos y herramientas para la formulación y gestión de proyectos tecnológicos y su generación de valor.	AF HC
Analizar los principales marcos de trabajo y herramientas para la gestión y desarrollo de proyectos de tecnología.	AF EE
Desarrollar la propuesta para el Trabajo Final de Graduación.	AF HC

#### **4 Contenidos**

1. Introducción
  - 1.1. Conceptos y principios en la gestión de proyectos.
  - 1.2. Gestión de proyectos y sus modelos.
  - 1.3. El análisis de entorno y la generación de valor.
  - 1.4. Experiencias en el desarrollo de proyectos tecnológicos.
  - 1.5. El componente ético en la gestión de proyectos.
2. Procesos en la gestión de proyectos
  - 2.1. Análisis de factibilidad y construcción de anteproyecto.
  - 2.2. Inicio.
  - 2.3. Planificación.
  - 2.4. Ejecución.
  - 2.5. Control.
  - 2.6 Cierre.
3. Áreas de conocimiento en proyectos.
  - 3.1. Gestión de la integración.
  - 3.2. Gestión del alcance.
  - 3.3. Gestión del tiempo y esfuerzo.
  - 3.4. Gestión de la calidad.
  - 3.5. Gestión de los costos.
  - 3.6. Gestión del riesgo.
  - 3.7. Gestión del talento humano.
  - 3.8. Gestión de la comunicación en proyectos.
  - 3.9. Gestión de interesados.
4. Formulación y presentación del anteproyecto del Trabajo Final de Graduación.

## II parte: Aspectos operativos

### 5 Metodología de enseñanza y aprendizaje

Para el desarrollo de este curso, se utilizará una metodología activa, orientada a la formación integral de las personas para favorecer su crecimiento personal, profesional, su socialización y su autonomía, para lo cual toman como sus valores fundamentales:

- El aprender a aprender
- El aprender a vivir juntos
- El aprender a resolver

Se promoverá la participación activa de los estudiantes, orientado a promover una filosofía de “aprender a aprender”, de manera que sean responsables de su proceso de aprendizaje, profundizando los temas abordados en clase, mientras que el profesor tendrá un rol de facilitador, siendo responsable del proceso de enseñanza.

De acuerdo con el Modelo pedagógico del TEC, se potencia la creación, gestión y transferencia del conocimiento orientada hacia el trabajo e investigación interdisciplinaria, multidisciplinaria y transdisciplinaria en los diferentes campos del conocimiento.

En este contexto de formación integral del estudiantado TEC, se implementarán estrategias de acuerdo con sus necesidades particulares, haciendo uso de técnicas relacionadas con:

- **Estrategias didácticas colaborativas:** técnicas didácticas de aula invertida, juego de roles, instrucción entre pares, enseñanza justo a tiempo, oratoria, foro o debate, disertación de expertos, conferencias, seminario, aprendizaje por descubrimiento, análisis de casos, gamificación o *webquest*, pensamiento visual, entre otras.
- **Estrategias didácticas de sistematización y mapeo:** técnicas didácticas de mapas mentales, mapas conceptuales, cuadros sinópticos, matrices, círculo analítico, UVE heurística, portafolio, entre otras.
- **Estrategias didácticas de simulación:** técnicas didácticas de diseño y elaboración de modelos, demostraciones, juego

de roles, simulacro, trabajos de laboratorio, aprendizaje experimental, aprendizaje basado en problemas, prácticas de laboratorio, taller y campo, entre otras.

Estas estrategias y técnicas metodológicas (individuales o grupales), se encontrarán vinculadas con los atributos asignados al curso, de tal manera que favorezcan en el estudiantado:

- En su formación integral humana y académica mediante la construcción del aprendizaje a partir de las experiencias y conocimientos.
- En la formación del pensamiento crítico frente a problemas relacionados con asuntos éticos, de equidad y de sostenibilidad.
- En el trabajo en equipo como motor de socialización, relaciones socio-afectivas asertivas, innovación y construcción del conocimiento.
- En el empleo de medios tecnológicos en el proceso de comunicación, socialización y de aprendizaje.

Para cumplir lo anterior, el docente tendrá la responsabilidad de asistir puntualmente a las lecciones, cumplir con el horario establecido para las lecciones y las horas de consulta, desarrollar las sesiones en concordancia con los objetivos y contenidos planteados en este programa; así mismo, debe ofrecer espacios para aclarar las dudas o comentarios que el estudiante realice través de distintos medios de comunicación.

El estudiantado deberá asistir puntualmente a las sesiones, en las cuales participará activamente, y desarrollará las actividades asignadas, con el fin de alcanzar los objetivos del curso. Asimismo, el estudiantado debe demostrar, todos aquellos atributos y competencias actitudinales que fomenten una apropiación de su proceso de aprendizaje, un trabajo en equipo eficiente, y que reflejan los valores éticos y humanos fomentados por la Institución en cumplimiento de lo normado en el Régimen de Enseñanza-Aprendizaje (REA).

Las herramientas básicas para poder enfrentar este curso son: acceso a un computador personal, así como a diferentes herramientas de ofimática y conectividad.

## 6 Evaluación

Rubro	Porcentaje
Proyecto de investigación	25%
Formulación de anteproyecto final	15%
Ensayo	15%
Caso de situación ética	10%
Resolución caso factibilidad	10%
Revisión de principios de proyectos	10%
Lecturas, casos y aplicación de conocimientos	15%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

## 7 Bibliografía

- [1] Project Management Institute. "A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)", 6ta Edition, 2017.
  - [2] Harold Kerzner, "Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling", 12<sup>th</sup> edition, John Wiley & Sons, 2017.
  - [3] IPMA , "Individual competence baseline for project, programme & portfolio management", IPMA, Version 4.0, 2015.
  - [4] Wysocki, Robert, "Effective Project Management: traditional, agile, extreme, hybrid", 8<sup>th</sup> edition, Wiley, 2019.
- 
- [1] Ulrich, Karl, Eppinger, Steven, "Product Design and Development", 7<sup>th</sup> edition, McGraw Hill, 2019.

Programa del curso CE5600

## **Trabajo Final de Graduación**

**Área Académica de Ingeniería en Computadores**  
**Programa de Licenciatura en Ingeniería en Computadores.**

## I Parte: Aspectos relativos al plan de estudios

### 1 Datos generales

<b>Nombre del curso:</b>	Trabajo Final de Graduación
<b>Código:</b>	CE-5600
<b>Tipo de curso:</b>	Proyecto / Tesis
<b>Electivo o no:</b>	NA
<b>Nº de créditos:</b>	10
<b>Nº horas de clase por semana:</b>	NA
<b>Nº horas extraclase por semana:</b>	30 horas
<b>% de las áreas curriculares:</b>	100% todas las áreas ACAAI, CEAB y SINAES
<b>Ubicación en el plan de estudios:</b>	X Semestre
<b>Requisitos:</b>	Todas las materias del plan
<b>Correquisitos:</b>	Ninguno
<b>El curso es requisito de:</b>	NA
<b>Asistencia:</b>	Obligatoria
<b>Suficiencia:</b>	NA
<b>Posibilidad de reconocimiento:</b>	No
<b>Vigencia del programa:</b>	I Semestre, 2022

## **2 Descripción general**

En este curso el estudiante tendrá la oportunidad de integrar los conocimientos adquiridos a lo largo de todos los cursos de la carrera y a la vez lo acerque al medio laboral y al mundo profesional o académico en el que se va a desempeñar, resolviendo una necesidad real dentro de una institución o empresa, ya sea del sector académico, de servicios o industrial, dentro o fuera del país.

Los atributos de acreditación relacionados a los graduados y a este curso son los siguientes:

- ◆ Ingeniería y Sociedad IS (Avanzado):  
Capacidad de argumentar la solución del problema o la práctica profesional de ingeniería valorando el contexto y sus responsabilidades profesionales
  
- ◆ Habilidades de Comunicación HC (Avanzado):  
Capacidad para comunicar conceptos complejos de ingeniería de acuerdo con la audiencia (de ser posible en un segundo idioma).
  
- ◆ Ética y Equidad EE (Avanzado):  
Capacidad para analizar sus actitudes profesionales con responsabilidad, equidad y ética.

## **3 Objetivos**

Desarrollar el trabajo final de graduación con el fin de poner en práctica los conocimientos teóricos y técnicos adquiridos en la carrera, por medio de la solución ya sea de un problema concreto en una empresa

o institución, o mediante la participación en una actividad de investigación académica que busque solución a algún problema de conocimiento en la ingeniería moderna.

Objetivo(s) del curso	Atributo(s) correspondiente(s)
Relacionar al estudiante con el medio laboral en que se va a desempeñar o con el medio académico de la investigación formal, mejorando así sus posibilidades de inserción en el área de especialidad.	IS EE
Aplicar eficientemente conocimientos, tecnologías, métodos de trabajo y habilidades de gestión de proyectos, fortaleciendo además habilidades blandas como el trabajo en equipo.	IS HC
Destacar la calidad de los estudiantes de último nivel de la carrera de Ingeniería en Computadores y su habilidad para la solución de problemas, ofreciendo a la industria y a la academia personal altamente capacitado.	IS
Distinguir las necesidades y perspectivas de la industria relacionada con la Ingeniería en Computadores, manteniendo una relación estrecha y continua entre la academia y la industria para el intercambio de ideas, la aplicación de nuevas tecnologías y la cooperación.	IS

**4 Contenidos** Al tratarse del curso de Trabajo Final de Graduación, los contenidos del curso no se definen explícitamente, pues integran la aplicación de la totalidad de los cursos del programa.

## **II parte: Aspectos operativos**

### **5 Metodología de enseñanza y aprendizaje**

#### **Generalidades del Trabajo Final de Graduación**

Cada Trabajo Final de Graduación debe desarrollarse en forma individual en un período mínimo de 16 semanas, con una dedicación mínima de 30 horas por semana.

El/la estudiante en su Trabajo Final de Graduación debe ser supervisado y asesorado por un profesor del área de Ingeniería en Computadores. El trabajo del estudiante deberá ser supervisado y asesorado además por un responsable en la empresa, instancia o institución en donde se realiza el TFG. El Trabajo Final de Graduación en la empresa o centro de investigación podrá ser remunerado por ella según acuerdo con el estudiante.

El/la estudiante se compromete a asistir puntualmente a la empresa o institución en el horario aprobado y conocido por el Área de Ingeniería en Computadores.

La administración del Trabajo Final de Graduación estará a cargo de un(a) coordinador(a) al cual le corresponde atender y resolver situaciones especiales que se puedan presentar durante el desarrollo del mismo.

En el documento “Lineamientos para los Trabajos Finales de Graduación”, se detallan los demás aspectos que regulan el desarrollo de los TFG.

### **6 Evaluación**

La nota final del Proyecto de Graduación será establecida por el Tribunal Evaluador en la defensa final del Proyecto de Graduación, en concordancia con lo establecido en el documento de “Lineamientos para los Trabajos Finales de Graduación”.

### **7 Bibliografía**

NA

Programa del curso CEXXXX

## **Análisis de Señales Mixtas.**

**Área Ingeniería en Computadores**  
**Licenciatura Ingeniería en Computadores**

## 1 Datos generales

<b>Nombre del curso:</b>	Análisis de Señales Mixtas
<b>Código:</b>	CE-xx
<b>Tipo de curso:</b>	Teórico – Práctico
<b>Electivo o no:</b>	No
<b>Nº de créditos:</b>	4
<b>Nº horas de clase por semana:</b>	4
<b>Nº horas extraclasses por semana:</b>	8
<b>Áreas curriculares</b>	50 % Matemática 50 % Ciencias de Ingeniería
<b>Ubicación en el plan de estudios:</b>	VI Semestre
<b>Requisitos:</b>	EL 2114 Circuitos Eléctricos en Corriente Alterna PI 2609 Probabilidad y Estadística SO xx Salud Ocupacional
<b>Co-requisitos:</b>	Ninguno
<b>El curso es requisito de:</b>	CE XXXX Taller de Señal Mixta
<b>Asistencia:</b>	No Obligatoria
<b>Suficiencia:</b>	No
<b>Posibilidad de reconocimiento:</b>	No
<b>Nota Mínima:</b>	70%
<b>Examen de reposición:</b>	No hay
<b>Vigencia del programa:</b>	X Semestre 20XX

## 2 Descripción general

Este curso prepara al estudiante con la manipulación de conceptos y métodos matemáticos que le permitirán generar el modelado de sistemas en tiempo continuo y tiempo discreto, de tal manera que pueda adquirir las herramientas necesarias tanto para el análisis como para el diseño de sistemas.

Los atributos de acreditación relacionados a los graduados y a este curso son los siguientes:

- ◆ Conocimiento Base de Ingeniería CB (Avanzado): Capacidad para aplicar los conocimientos especializados en los diversos campos de la ingeniería. .
- ◆ Uso de herramientas de Ingeniería HI (Intermedio): Capacidad para aplicar y evaluar técnicas, recursos y herramientas modernas de ingeniería para la solución de problemas complejos de ingeniería, con una comprensión de las limitaciones asociadas.
- ◆ Análisis de problemas AP (Intermedio): Capacidad para analizar y resolver problemas de ingeniería bajo los principios fundamentales del área.

### 3 Objetivos

#### **Objetivo general**

Evaluar los métodos matemáticos fundamentales con el fin de obtener un criterio robusto para el modelado adecuado de sistemas en tiempo continuo y tiempo discreto, y así poder consolidar los elementos indispensables para su aplicación correcta en el análisis de sistemas en diferentes dominios.

Objetivos específicos	Atributos correspondientes
Examinar funciones de variable compleja para el análisis de sistemas en diferentes dominios.	CB
Inferir el impacto en la aplicación del análisis de Fourier y la transformada de Laplace a sistemas en el tiempo continuo.	HI
Razonar los resultados de aplicar la transformada z a sistemas en el tiempo discreto.	HI
Comparar los resultados obtenidos en los distintos resultados durante la aplicación de análisis de sistemas en diferentes dominios.	AP

## 4 Contenidos

Las 15 semanas que abarcan el curso se distribuyen en los siguientes temas:

→ **Introducción**

→ **Variable compleja**

- ◆ Cantidades complejas.
- ◆ Funciones de variable compleja.
- ◆ Series complejas.

→ **Aplicaciones de Fourier en sistemas LTI.**

- ◆ Ortogonalidad.
- ◆ Series de Fourier.
- ◆ Transformada de Fourier directa e inversa (discreto y continuo).
- ◆ Transformada rápida de Fourier.
- ◆ Sistemas Lineales e Invariantes en Tiempo y la Convolución.

→ **Transformada de Laplace en Sistemas Analógicos.**

- ◆ Propiedades de operadores.
- ◆ Transformada directa e inversa.
- ◆ Solución de ecuaciones diferenciales.
- ◆ Aplicaciones: Introducción a control y sistemas analógicos.

→ **Aplicaciones de Transformada z para sistemas digitales.**

- ◆ Definición y propiedades.
- ◆ Transformación directa e inversa.
- ◆ Solución de ecuaciones diferenciales.
- ◆ Aplicaciones: Procesamiento digital de señales.

→ **Análisis de dominios y señal mixta**

- ◆ Conversión de señales (muestreo).
- ◆ Diseño de filtros (FIR e IIR).
- ◆ Sistemas LTI.
- ◆ Convolución.

## 5 Metodología de enseñanza y aprendizaje

Para el desarrollo de este curso, se utilizará una metodología activa, orientada a la formación integral de las personas para favorecer su crecimiento personal, profesional, su socialización y su autonomía, para lo cual toman como sus valores fundamentales:

- El aprender a aprender
- El aprender a vivir juntos
- El aprender a resolver

Se promoverá la participación activa de los estudiantes, orientado a promover una filosofía de “aprender a aprender”, de manera que sean responsables de su proceso de aprendizaje, profundizando los temas abordados en clase, mientras que el profesor tendrá un rol de facilitador, siendo responsable del proceso de enseñanza.

De acuerdo con el Modelo pedagógico del TEC, se potencia la creación, gestión y transferencia del conocimiento orientada hacia el trabajo e investigación interdisciplinaria, multidisciplinaria y transdisciplinaria en los diferentes campos del conocimiento.

En este contexto de formación integral del estudiantado TEC, se implementarán estrategias de acuerdo con sus necesidades particulares, haciendo uso de técnicas relacionadas con:

- Estrategias didácticas colaborativas: técnicas didácticas de aula invertida, juego de roles, instrucción entre pares, enseñanza justo a tiempo, oratoria, foro o debate, disertación de expertos, conferencias, seminario, aprendizaje por descubrimiento, análisis de casos, gamificación o webquest, pensamiento visual, entre otras.
- Estrategias didácticas de sistematización y mapeo: técnicas didácticas de mapas mentales, mapas conceptuales, cuadros sinópticos, matrices, círculo analítico, UVE heurística, portafolio, entre otras.
- Estrategias didácticas de simulación: técnicas didácticas de diseño y elaboración de modelos, demostraciones, juego de roles, simulacro, trabajos de laboratorio, aprendizaje experimental, aprendizaje basado en problemas, prácticas de laboratorio, taller y campo, entre otras.

Estas estrategias y técnicas metodológicas (individuales o grupales), se encontrarán vinculadas con los atributos asignados al curso, de tal manera que favorezcan en el estudiantado:

- En su formación integral humana y académica mediante la construcción del aprendizaje a partir de las experiencias y conocimientos.
- En la formación del pensamiento crítico frente a problemas relacionados con asuntos éticos, de equidad y de sostenibilidad.
- En el trabajo en equipo como motor de socialización, relaciones socio-afectivas asertivas, innovación y construcción del conocimiento.
- En el empleo de medios tecnológicos en el proceso de comunicación, socialización y de aprendizaje.

Para cumplir lo anterior, el docente tendrá la responsabilidad de asistir puntualmente a las lecciones, cumplir con el horario establecido para las lecciones y las horas de consulta, desarrollar las sesiones en concordancia con los objetivos y contenidos planteados en este programa; así mismo, debe ofrecer espacios para aclarar las dudas o comentarios que el estudiante realice través de distintos medios de comunicación.

El estudiantado deberá asistir puntualmente a las sesiones, en las cuales participará activamente, y desarrollará las actividades asignadas, con el fin de alcanzar los objetivos del curso. Asimismo, el estudiantado debe demostrar, todos aquellos atributos y competencias actitudinales que fomenten una apropiación de su proceso de aprendizaje, un trabajo en equipo eficiente, y que reflejan los valores éticos y humanos fomentados por la Institución en cumplimiento de lo normado en el Régimen de Enseñanza-Aprendizaje (REA).

## 7 Evaluación

Rubro	Porcentaje
2 evaluaciones parciales	40%
1 prueba práctica	10%
2 proyectos	30%
Tareas	20%
<b>Total</b>	100%

## 8 Bibliografía

- [1] A. Oppenheim, A. Willsky y S. H. Nawab. Señales y Sistemas. Prentice Hall, 2da edición, 1998.
- [2] R. V. Churchill y J. W. Brown. Variable Compleja y Aplicaciones. McGraw Hill, 7ma edición, 2004.
- [3] E. Kreyszig. Matemáticas Avanzadas para Ingeniería, volumen I y II. Limusa Wiley, 3ra edición, 2000.
- [4] Proakis, J. G., & Manolakis, D. G. (1992). Digital signal processing. MPC, New York.

Programa del curso CEXXXX

## **Seguridad de la Información**

Área Ingeniería en Computadores  
Licenciatura Ingeniería en Computadores

[Última revisión de la plantilla: 31 de agosto del 2021]

## 1 Datos generales

Nombre del curso:	Seguridad de la Información
Código:	CE-xx
Tipo de curso:	Teórico – Práctico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extra-clase por semana:	8
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 9 <sup>no</sup> semestre de la carrera de Ingeniería en Computadores
Requisitos:	CE-5301: Redes de Computadores
Co-requisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	CE-5600: Trabajo Final de Graduación
Asistencia:	Obligatorio
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	Sí
Vigencia del programa:	I Semestre 2022

## 2 Descripción general

En este curso el estudiante asimilará el impacto y la importancia en el uso de métodos correctos de seguridad de la información en los sistemas, así como el cumplimiento de las regulaciones que sobre el tema se encuentran actualmente vigentes en el mundo. El estudiante será confrontado en el resguardo de la información tanto desde el punto de vista de software, de hardware así como también desde el punto de vista físico afectado por el recurso humano, todo esto por medio de ejercicios, prácticas y laboratorios dirigidos.

Los atributos de acreditación relacionados a los graduados y a este curso son los siguientes:

- ◆ **Uso de herramientas de Ingeniería (Avanzado):** Capacidad para crear, seleccionar, aplicar, y adaptar apropiadamente técnicas, recursos y herramientas modernas de ingeniería y de tecnologías de información, incluyendo predicción y modelado de problemas de complejos de ingeniería, con la comprensión de las limitaciones asociadas.
- ◆ **Ingeniería y Sociedad (Avanzado):** Capacidad para aplicar razonamientos informados por el conocimiento del contexto, que incluye las valoraciones de aspectos sociales, de salud, de seguridad, legales, culturales y las consecuentes responsabilidades, relevantes para la práctica profesional de la ingeniería y la solución de problemas complejos de ingeniería
- ◆ **Ética y Equidad (Avanzado):** Capacidad aplicar principios éticos y de equidad y comprometerse con la ética profesional, las responsabilidades y normas de la práctica de la ingeniería.

Este curso es imprescindible para la formación integral del estudiante ya que le permitirá un adecuado conocimiento del impacto de mantener los más adecuados controles y métodos, para el resguardo de la información alrededor de todos los entes que forman parte del sistema de información de sus aplicativos a desarrollar.

## 3 Objetivos

### General:

Analizar los elementos fundamentales alrededor de la Seguridad de la Información de un sistema tanto a nivel de software, hardware así como de sus distintos recursos que influyen en él, proveyendo al estudiante una visión completa que le permitirá mantener datos seguros, correctos, consistentes, oportunos y en cumplimiento con las regulaciones vigentes.

Objetivos específicos	Atributos correspondientes
Comprender los elementos básicos de seguridad de información a nivel de confidencialidad, integridad y disponibilidad.	IS(A), EE(A)
Identificar las regulaciones, políticas y estándares actuales y vigentes en resguardo de la información	HI(A), IS(A), EE(A)
Construir marcos de comprensión de algoritmos y otras medidas tecnológicas para el mejoramiento de la seguridad.	HI(A), IS(A), EE(A)
Interpretar los riesgos y la protección esperada a nivel de redes en general, incluyendo la web.	HI(A), IS(A), EE(A)
Resolver problemas a nivel de computación confiable	HI(A), IS(A), EE(A)

- Introducción a la Seguridad de la Información
  - ◆ Componentes básicos
    - Confidencialidad
    - Integridad
    - Disponibilidad
  - ◆ Ataques Activos versus Ataques Pasivos
  - ◆ Seguridad Informática y los derechos a la privacidad
  - ◆ Ética en la seguridad de la información
  - ◆ Principios de seguridad
- Herramienta, regulaciones, Políticas y estándares
  - ◆ Políticas de seguridad, Confidencialidad, Integridad, Disponibilidad e Híbridas
  - ◆ Regulaciones de protección de datos (HIPAA, UE, CR)
  - ◆ Leyes de propiedad intelectual
  - ◆ Enfoques y herramientas usadas en pruebas de penetración
  - ◆ Informática forense
- Matriz de control de acceso
  - ◆ Estado de protección.
  - ◆ Modelo de matriz de control de acceso .
  - ◆ Acceso controlado por historial.
  - ◆ Copia, propiedad y atenuación de privilegios.
  - ◆ Principio de atenuación del privilegio.
- Autenticación.
  - ◆ Autorización versus Autenticación
  - ◆ Métodos de autenticación (contraseñas y direcciones)
  - ◆ El eavesdropping y los métodos de autenticación
  - ◆ Uso de intermediarios confiables
  - ◆ Enfoques de la autenticación de personas
  - ◆ Autenticación Multifactor (biometría)

→ Criptografía

- ◆ Criptosistemas simétricos
- ◆ Criptografía de Clave pública y secreta
  - Variabilidad del algoritmo de cifrado en claves
  - Efectividad de la criptografía
  - Clases básicas de ataques criptográficos
- ◆ Firmas digitales

→ Seguridad Web y de Red

- ◆ Seguridad de la capa de transporte (TLS)
- ◆ Firewall y distintas topologías
- ◆ Redes privadas virtuales (VPN)
- ◆ Ataques de degeneración de servicio
- ◆ Filtrado de paquetes
- ◆ Diseño de la plataforma web http/https sin estado
- ◆ Estructura básica de las URL, las solicitudes http y la autenticación implícita de http
- ◆ Cookies http (sesión, vencimiento y re autenticación)
- ◆ Secuencia de comandos entre sitios
- ◆ SQL Inyection
- ◆ Proyecto de seguridad de aplicaciones Web abiertas (OWASP)

→ Computación confiable y canales laterales

- ◆ Hardware confiable
- ◆ Almacenamiento seguro
- ◆ Biometría
- ◆ Métodos de elusión
- ◆ Canales secundarios laterales y métodos de codificación
- ◆ Protección del canal lateral y la usabilidad del sistema

## 5 Metodología de enseñanza y aprendizaje

Para el desarrollo de este curso, se utilizará una metodología activa, orientada a la formación integral de las personas para favorecer su crecimiento personal, profesional, su socialización y su autonomía, para lo cual toman como sus valores fundamentales:

- El aprender a aprender.
- El aprender a vivir juntos.
- El aprender a resolver.

Se promoverá la participación activa de los estudiantes, orientado a promover una filosofía de “aprender a aprender”, de manera que sean responsables de su proceso de aprendizaje, profundizando los temas abordados en clase, mientras que el profesor tendrá un rol de facilitador, siendo responsable del proceso de enseñanza.

De acuerdo con el Modelo pedagógico del TEC, se potencia la creación, gestión y transferencia del conocimiento orientada hacia el trabajo e investigación interdisciplinaria, multidisciplinaria y transdisciplinaria en los diferentes campos del conocimiento.

En este contexto de formación integral del estudiantado TEC, se implementarán estrategias de acuerdo con sus necesidades particulares, haciendo uso de técnicas relacionadas con:

- **Estrategias didácticas colaborativas:** técnicas didácticas de aula invertida, juego de roles, instrucción entre pares, enseñanza justo a tiempo, oratoria, foro o debate, disertación de expertos, conferencias, seminario, aprendizaje por descubrimiento, análisis de casos, gamificación o webquest, pensamiento visual, entre otras.
- **Estrategias didácticas de sistematización y mapeo:** técnicas didácticas de mapas mentales, mapas conceptuales, cuadros sinópticos, matrices, círculo analítico, UVE heurística, portafolio, entre otras.
- **Estrategias didácticas de simulación:** técnicas didácticas de diseño y elaboración de modelos, demostraciones, juego de roles, simulacro, trabajos de laboratorio, aprendizaje experimental, aprendizaje basado en problemas, prácticas de laboratorio, taller y campo, entre otras.

Estas estrategias y técnicas metodológicas (individuales o grupales), se encontrarán vinculadas con los atributos asignados al curso, de tal manera que favorezcan en el estudiantado:

- En su formación integral humana y académica mediante la construcción del aprendizaje a partir de las experiencias y conocimientos.
- En la formación del pensamiento crítico frente a problemas relacionados con asuntos éticos, de equidad y de sostenibilidad.
- En el trabajo en equipo como motor de socialización, relaciones socioafectivas assertivas, innovación y construcción del conocimiento.
- En el empleo de medios tecnológicos en el proceso de comunicación, socialización y de aprendizaje.

Para cumplir lo anterior, el docente tendrá la responsabilidad de asistir puntualmente a las lecciones, cumplir con el horario establecido para las lecciones y las horas de consulta, desarrollar las sesiones en concordancia con los objetivos y contenidos planteados en este programa; así mismo, debe ofrecer espacios para aclarar las dudas o comentarios que el estudiante realice través de distintos medios de comunicación.

El estudiantado deberá asistir puntualmente a las sesiones, en las cuales participará activamente, y desarrollará las actividades asignadas, con el fin de alcanzar los objetivos del curso. Asimismo, el estudiantado debe demostrar, todos aquellos atributos y competencias actitudinales que fomenten una apropiación de su proceso de aprendizaje, un trabajo en equipo eficiente, y que reflejan los valores éticos y humanos fomentados por la Institución en cumplimiento de lo normado en el Régimen de Enseñanza-Aprendizaje (REA).

## 6 Evaluación

Rubro	Porcentaje
Evaluaciones	<b>20%</b>
Casos de estudio e investigaciones	<b>20%</b>
Proyecto semestral	<b>50%</b>
Evaluaciones Cortas	<b>10%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>

Se realizarán como mínimo dos exámenes, que permitirá validar el conocimiento teórico, relacionado con los contenidos del curso.

Para efectos del rubro de Investigación se espera un cumplimiento acorde con el grado de complejidad de la misma, todo esto dentro del marco de formalidad que este tipo de trabajo requiere tanto en el planteamiento del problema como en su desarrollo, de tal manera que permita sintetizar los resultados de manera adecuada con el fin de llegar a conclusiones válidas.

El proyecto será desarrollado a lo largo de todo el semestre y conforme a un cronograma establecido, se tendrán varios entregables que se establecerán en su respectiva especificación.

Las evaluaciones cortas permitirán mantener una constante asimilación progresiva de los temas del curso, de tal manera que se puedan solventar oportunamente las dudas que un tema podría acarrear.

## 7 Bibliografía

### Obligatoria

- Bishop, Matt; Sullivan, Elisabeth; Ruppel, Michelle. (2019) Computer security: art and science, Boston: Addison-Wesley.
- Pfleeger, Charles P.; Pfleeger, Shari Lawrence; Margulies, Jonathan. (2015) Security in computing, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Gollmann, Dieter. (2010) Computer Security, Chichester: John Wiley and Sons Ltd.

### Complementaria

- Paul van Oorschot, Computer Security and the Internet: Tools and Jewels (2020, Springer).
- Wenliang Du, Computer Security: A Hands-on Approach (2017, self-published). Updated May 2019.
- Stallings and Brown, Computer Security: Principles and Practice, 3/e (2014, Prentice Hall).
- Dieter Gollmann, Computer Security, 3/e (2011, Wiley).
- Smith, Elementary Information Security (2011, Jones & Bartlett Learning).
- Mark Stamp, Information Security: Principles and Practice, 2/e (2011, Wiley).
- Goodrich and Tamassia, Introduction to Computer Security (2010, Addison-Wesley).
- Smith and Marchesini, The Craft of System Security (2007, Addison-Wesley).
- Keith M. Martin, Everyday Cryptography (2017, 2/e; Oxford University Press).
- William Stallings, Cryptography and Network Security: Principles and Practice, 5/e (2010, Prentice Hall).

Programa del curso CE xx

## **Taller de Señales Mixtas**

Área Ingeniería en Computadores  
Licenciatura Ingeniería en Computadores

[Última revisión de la plantilla: 01 de setiembre del 2021]

## **1 Datos generales**

<b>Nombre del curso:</b>	Taller de Señal Mixta
<b>Código:</b>	CE-xx
<b>Tipo de curso:</b>	Práctico
<b>Electivo o no:</b>	No
<b>Nº de créditos:</b>	4
<b>Nº horas de clase por semana:</b>	4
<b>Nº horas extra-clase por semana:</b>	8
<b>Áreas curriculares</b>	30% Ciencias de Ingeniería 70% Diseño de Ingeniería
<b>Ubicación en el plan de estudios:</b>	VII Semestre
<b>Requisitos:</b>	CE- xx Circuitos Analógicos CE- xx Análisis de Señal Mixta
<b>Co-requisitos:</b>	Ninguno
<b>El curso es requisito de:</b>	CE-5302 Proyecto de Aplicación de la Ingeniería en Computadores
<b>Asistencia:</b>	Obligatorio
<b>Suficiencia:</b>	No
<b>Posibilidad de reconocimiento:</b>	No
<b>Vigencia del programa:</b>	I Semestre 2022

## 2 Descripción general

*"Digital for storage and quickness. Analog for fatness and warmth.  
— Adrian Belew"*

El curso de Taller de Señal Mixta expondrá al estudiante al área de la electrónica integrada aplicada, donde podrá interactuar con sistemas mixtos de elementos tanto digitales como analógicos, entender su comportamiento y su configuración, además podrá conocer la importancia práctica de la electrónica analógica en la adquisición de señales y en el diseño de circuitos capaces de desarrollar diferentes tareas de monitoreo, control y su uso en sistemas autónomos.

Con los conocimientos adquiridos en este curso, el estudiante estará en la capacidad de diseñar e implementar sistemas electrónicos mixtos que le serán de gran utilidad en su formación como ingeniero.

Los atributos de acreditación relacionados a los graduados y a este curso son los siguientes:

- ◆ Investigación IN (Intermedio): Capacidad para desarrollar propuestas de investigación.
- ◆ Diseño DI (Intermedio): Capacidad para elaborar y comparar propuestas de diseño de ingeniería para sistemas, componentes o procesos, de acuerdo con requerimientos establecidos.
- ◆ Ingeniería y Sociedad IS (Inicial): Capacidad para identificar las responsabilidades profesionales dentro del contexto del problema o la práctica profesional de ingeniería.

### 3 Objetivos

#### **Objetivo general**

Evaluar sistemas electrónicos mixtos por medio de la comprensión del comportamiento y configuración de elementos analógicos y digitales con el fin de que el estudiante obtenga un criterio robusto de su utilidad para ser capaces de desarrollar diferentes tareas de monitoreo, control y su uso en sistemas autónomos.

Objetivos específicos	Atributos correspondientes
Investigar propuestas de solución para los casos de estudio en particular, basados en la documentación técnica y el criterio crítico de diseño.	IN
Desarrollar soluciones óptimas de acuerdo a objetivos específicos bajo un caso de estudio determinado.	DI
Evaluar soluciones usando modelos y componentes analógicos y digitales.	DI
Valorar aspectos sociales, de salud, seguridad, legales y culturales que puedan verse impactados o beneficiados por la implementación de este tipo de tecnología en la sociedad.	IS

## 4 Contenidos

- **Tratamiento de señales analógicas por medio de Amplificadores Operacionales.**
  - ◆ Generalidades amplificador operacional básico.
  - ◆ Propiedades ideales amplificador operacional.
  - ◆ Axiomas amplificador operacional.
  - ◆ Topologías de amplificación:..
- **Convertidores de datos: digital-analógico (DAC), analógico-digital (ADC).**
  - ◆ Conceptos básicos convertidores de datos.
  - ◆ Convertidor DAC.
  - ◆ Convertidor ADC.
- **Sensores y etapas de acondicionamiento de señal**
  - ◆ Principios sensores.
  - ◆ Funcionamiento de sensores.
  - ◆ Interfaces de Comunicación SPI y I2C.
- **Filtros activos continuos y discretos**
  - ◆ Filtros activos vs Filtros pasivos.
  - ◆ Filtro pasa bajas.
  - ◆ Filtro pasa altas.
  - ◆ Filtro pasa bandas.
  - ◆ Filtros digitales y aplicaciones.
- **Sistemas de adquisición de datos.**
  - ◆ Principios señal mixta.
  - ◆ Muestreo.
  - ◆ Principios de procesamiento digital de señal.
  - ◆ Acondicionadores de señal.
  - ◆ Software de Simulación Mixta

## 5 Metodología de enseñanza y aprendizaje

Para el desarrollo de este curso, se utilizará una metodología activa, orientada a la formación integral de las personas para favorecer su crecimiento personal, profesional, su socialización y su autonomía, para lo cual toman como sus valores fundamentales:

- El aprender a aprender
- El aprender a vivir juntos

- El aprender a resolver

Se promoverá la participación activa de los estudiantes, orientado a promover una filosofía de “aprender a aprender”, de manera que sean responsables de su proceso de aprendizaje, profundizando los temas abordados en clase, mientras que el profesor tendrá un rol de facilitador, siendo responsable del proceso de enseñanza.

De acuerdo con el Modelo pedagógico del TEC, se potencia la creación, gestión y transferencia del conocimiento orientada hacia el trabajo e investigación interdisciplinaria, multidisciplinaria y transdisciplinaria en los diferentes campos del conocimiento.

En este contexto de formación integral del estudiantado TEC, se implementarán estrategias de acuerdo con sus necesidades particulares, haciendo uso de técnicas relacionadas con:

- Estrategias didácticas colaborativas: técnicas didácticas de aula invertida, juego de roles, instrucción entre pares, enseñanza justo a tiempo, oratoria, foro o debate, disertación de expertos, conferencias, seminario, aprendizaje por descubrimiento, análisis de casos, gamificación o webquest, pensamiento visual, entre otras.
- Estrategias didácticas de sistematización y mapeo: técnicas didácticas de mapas mentales, mapas conceptuales, cuadros sinópticos, matrices, círculo analítico, UVE heurística, portafolio, entre otras.
- Estrategias didácticas de simulación: técnicas didácticas de diseño y elaboración de modelos, demostraciones, juego de roles, simulacro, trabajos de laboratorio, aprendizaje experimental, aprendizaje basado en problemas, prácticas de laboratorio, taller y campo, entre otras.

Estas estrategias y técnicas metodológicas (individuales o grupales), se encontrarán vinculadas con los atributos asignados al curso, de tal manera que favorezcan en el estudiantado:

- En su formación integral humana y académica mediante la construcción del aprendizaje a partir de las experiencias y conocimientos.
- En la formación del pensamiento crítico frente a problemas relacionados con asuntos éticos, de equidad y de sostenibilidad.

- En el trabajo en equipo como motor de socialización, relaciones socio-afectivas assertivas, innovación y construcción del conocimiento.
- En el empleo de medios tecnológicos en el proceso de comunicación, socialización y de aprendizaje.

Para cumplir lo anterior, el docente tendrá la responsabilidad de asistir puntualmente a las lecciones, cumplir con el horario establecido para las lecciones y las horas de consulta, desarrollar las sesiones en concordancia con los objetivos y contenidos planteados en este programa; así mismo, debe ofrecer espacios para aclarar las dudas o comentarios que el estudiante realice través de distintos medios de comunicación.

El estudiantado deberá asistir puntualmente a las sesiones, en las cuales participará activamente, y desarrollará las actividades asignadas, con el fin de alcanzar los objetivos del curso. Asimismo, el estudiantado debe demostrar, todos aquellos atributos y competencias actitudinales que fomenten una apropiación de su proceso de aprendizaje, un trabajo en equipo eficiente, y que reflejan los valores éticos y humanos fomentados por la Institución en cumplimiento de lo normado en el Régimen de Enseñanza-Aprendizaje (REA).

Las herramientas básicas para poder enfrentar este curso son:

- Herramientas de simulación de circuitos como LTSpice, NI Multisim, u otros.
- Protoboard, PCB, o en la plataforma NI ELSVIS II utilizando el entorno de desarrollo LabVIEW.

Si un estudiante no cuenta con estos recursos puede hacer uso de los diferentes laboratorios disponibles en el campus central de Instituto Tecnológico de Costa Rica.

**7 Evaluación** Este es un curso de carácter práctico, por lo que la evaluación estará basada en la experimentación de campo, el análisis de resultados y la elaboración de conclusiones de los mismos. Se contará con cuatro proyectos cortos prácticos de diseño, a desarrollar en las 16 semanas del curso según la sección de Contenidos de este programa.

Rubro	Porcentaje
Proyectos	60%
Tareas	20%
Talleres	20%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

La calificación de los proyectos se divide en:

- Informe del Proyecto (final) 40 %
- Presentación del Proyecto 100% funcional 60 %

- 8 Bibliografía**
- [1] Franco. Sergio.: Diseño con Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Analógicos. Tercera Edición, McGraw Hill. México, 2005. ISBN: 0072320842.
  - [2] Razavi. Behzad. Fundamentals of microelectronics. Wiley, 2008. ISBN: 9780471478461
  - [3] Goughlin. Robert F., Driscoll, Frederick F.: Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales. Quinta Edición, Prentice-Hall. México, 1999. ISBN: 0199765073
  - [4] P. E. Allen, D. R. Holberg: CMOS Analog Circuit Design. 2nd ed. Oxford University Press, USA, 2002
  - [5] National Semiconductor. Linear Applications Handbook. 1980. ISBN:1800272995.

Programa del curso CEXXXX

## **Principios de Modelado en Ingeniería**

**Área Ingeniería en Computadores**  
**Licenciatura Ingeniería en Computadores**

## **1 Datos generales**

<b>Nombre del curso:</b>	Principios de Modelado en Ingeniería
<b>Código:</b>	CEXXXX
<b>Tipo de curso:</b>	Teórico – Práctico
<b>Electivo o no:</b>	No
<b>Nº de créditos:</b>	3
<b>Nº horas de clase por semana:</b>	4
<b>Nº horas extraclase por semana:</b>	8
<b>Áreas curriculares</b>	Ciencias de Ingeniería (40%) Diseño en Ingeniería (60%)
<b>Ubicación en el plan de estudios:</b>	2 <sup>do</sup> semestre
<b>Requisitos:</b>	CE-1101: Introducción a la Programación CE-1102: Fundamentos de Sistemas Computacionales
<b>Co-requisitos:</b>	
<b>El curso es requisito de:</b>	CE-2103: Algoritmos y Estructuras de Datos II
<b>Asistencia:</b>	Obligatorio
<b>Suficiencia:</b>	No
<b>Posibilidad de reconocimiento:</b>	Sí
<b>Nota de aprobación:</b>	70%
<b>Examen de reposición:</b>	No hay
<b>Vigencia del programa:</b>	I Semestre 2022

## 2 Descripción general

En este curso el estudiante aprenderá y pondrá en práctica las distintas técnicas y medios para la recopilación y documentación de los requerimientos de software, así como también desarrollará las etapas, instrumentos y técnicas sistemáticas, para el desarrollo de productos tecnológicos usando los fundamentos de programación.

Los atributos de acreditación relacionados a los graduados y a este curso son los siguientes:

◆ Conocimiento de ingeniería CI (Inicial):

Capacidad para aplicar conceptos matemáticos y de ciencias naturales relevantes, a nivel universitario, en el campo de la ingeniería.

◆ Análisis de problemas AP (Inicial):

Capacidad para identificar la naturaleza de problemas ingeniería de acuerdo con su campo de estudio.

◆ Herramientas de ingeniería HI (Inicial):

Capacidad para seleccionar técnicas, recursos y herramientas modernas de ingeniería en la solución de problemas complejos de ingeniería.

### 3 Objetivos

#### **Objetivo general**

Emplear técnicas de análisis y modelado de especificación de requerimientos en la búsqueda de soluciones de software para el desarrollo de productos tecnológicos.

Objetivos específicos	Atributos correspondientes
Modelar un ciclo de vida de desarrollo del producto con un conjunto de métodos, técnicas y herramientas para la especificación y el diseño de una solución computacional.	CI, AP, HI
Aplicar métodos para la recopilación y validación de información que posteriormente pueda ser transformada en requerimientos.	CI, AP, HI
Utilizar herramientas de ingeniería para la definición y documentación de los requerimientos de usuarios, funcionales y no funcionales.	CI, AP, HI
Emplear prácticas en una solución computacional que permita la trazabilidad y el análisis del código fuente para asegurar la calidad de los productos.	CI, AP, HI

## 4 Contenidos

### → Introducción al modelado en ingeniería

- ◆ Retos en la creación de productos.
- ◆ La disciplina de la ingeniería de software.
- ◆ Ciclos de vida del desarrollo.
- ◆ Planeación y estimación en procesos de desarrollo ágiles.
- ◆ Principios de administración de proyectos.

### → Design Thinking

- ◆ Principios de divergencia y convergencia.
- ◆ Herramientas de prototipado.
- ◆ Frameworks de Design Thinking.
- ◆ El sprint de diseño.

### → Modelado del negocio

- ◆ Identificación de la problemática u oportunidad.
- ◆ Estudios de factibilidad de la solución.

### → Planeación y manejo de requerimientos

- ◆ Planeación y manejo de requerimientos.
- ◆ Definición de requerimientos, proceso de manejo y herramientas.
- ◆ Estrategias de captura y análisis de requerimientos.
- ◆ Modelado y documentación de requerimientos.

### → Diseño

- ◆ Introducción a la arquitectura.
- ◆ Diseño con componentes.
- ◆ Introducción al diseño y los patrones de diseño.
- ◆ Tendencias tecnológicas en arquitecturas de software.

### → Construcción de Software

- ◆ Administración del código fuente considerando los requerimientos y su trazabilidad.
- ◆ Uso de procedimientos documentados y controlados.
- ◆ Métricas y mediciones del Software.
- ◆ Análisis estático del código.

### → Verificación y validación

- ◆ Introducción a la calidad.
- ◆ Pruebas de integración y de sistema.
- ◆ Pruebas unitarias.
- ◆ Creación de casos de pruebas y planes de pruebas.

- ◆ Introducción a la automatización de pruebas.

## 5 Metodología de enseñanza y aprendizaje

Para el desarrollo de este curso, se utilizará una metodología activa, orientada a la formación integral de las personas para favorecer su crecimiento personal, profesional, su socialización y su autonomía, para lo cual toman como sus valores fundamentales:

- El aprender a aprender.
- El aprender a vivir juntos.
- El aprender a resolver.

Se promoverá la participación activa de los estudiantes, orientado a promover una filosofía de “aprender a aprender”, de manera que sean responsables de su proceso de aprendizaje, profundizando los temas abordados en clase, mientras que el profesor tendrá un rol de facilitador, siendo responsable del proceso de enseñanza.

De acuerdo con el Modelo pedagógico del TEC, se potencia la creación, gestión y transferencia del conocimiento orientada hacia el trabajo e investigación interdisciplinaria, multidisciplinaria y transdisciplinaria en los diferentes campos del conocimiento.

En este contexto de formación integral del estudiantado TEC, se implementarán estrategias de acuerdo con sus necesidades particulares, haciendo uso de técnicas relacionadas con:

- **Estrategias didácticas colaborativas:** técnicas didácticas de aula invertida, juego de roles, instrucción entre pares, enseñanza justo a tiempo, oratoria, foro o debate, disertación de expertos, conferencias, seminario, aprendizaje por descubrimiento, análisis de casos, gamificación o webquest, pensamiento visual, entre otras.
- **Estrategias didácticas de sistematización y mapeo:** técnicas didácticas de mapas mentales, mapas conceptuales, cuadros sinópticos, matrices, círculo analítico, UVE heurística, portafolio, entre otras.
- **Estrategias didácticas de simulación:** técnicas didácticas de diseño y elaboración de modelos, demostraciones, juego de roles, simulacro, trabajos de laboratorio, aprendizaje

## II parte: Aspectos operativos

experimental, aprendizaje basado en problemas, prácticas de laboratorio, taller y campo, entre otras.

Estas estrategias y técnicas metodológicas (individuales o grupales), se encontrarán vinculadas con los atributos asignados al curso, de tal manera que favorezcan en el estudiantado:

- En su formación integral humana y académica mediante la construcción del aprendizaje a partir de las experiencias y conocimientos.
- En la formación del pensamiento crítico frente a problemas relacionados con asuntos éticos, de equidad y de sostenibilidad.
- En el trabajo en equipo como motor de socialización, relaciones socioafectivas asertivas, innovación y construcción del conocimiento.
- En el empleo de medios tecnológicos en el proceso de comunicación, socialización y de aprendizaje.

Para cumplir lo anterior, el docente tendrá la responsabilidad de asistir puntualmente a las lecciones, cumplir con el horario establecido para las lecciones y las horas de consulta, desarrollar las sesiones en concordancia con los objetivos y contenidos planteados en este programa; así mismo, debe ofrecer espacios para aclarar las dudas o comentarios que el estudiante realice través de distintos medios de comunicación.

El estudiantado deberá asistir puntualmente a las sesiones, en las cuales participará activamente, y desarrollará las actividades asignadas, con el fin de alcanzar los objetivos del curso. Asimismo, el estudiantado debe demostrar, todos aquellos atributos y competencias actitudinales que fomenten una apropiación de su proceso de aprendizaje, un trabajo en equipo eficiente, y que reflejan los valores éticos y humanos fomentados por la Institución en cumplimiento de lo normado en el Régimen de Enseñanza-Aprendizaje (REA).

## 7 Evaluación

El curso al ser teórico-práctico, se desglosa de la siguiente manera:

Rubro	Porcentaje
Evaluaciones	20%
Casos de estudio e investigaciones	15%
Proyecto semestral	50%
Evaluaciones cortas	7,5%
Tareas	7,5%
<b>Total</b>	<b>100 %</b>

Para efectos de la Investigación, esta debe cumplir por lo menos, los mínimos aspectos de un debido estudio detallado de la cuestión, análisis bibliográfico y análisis de resultados, todo esto con algún grado de uso de estandarización en la formulación documental del trabajo, considerando aspectos requeridos de acuerdo con la disciplina.

## 8 Bibliografía

- [1] Albin, Stephen. 2003. The Art of Software Architecture: Design Methods and Techniques. John Wiley & Sons
- [2] Bass L; Clements P; Kazman R. Software Architecture in Practice. Third Edition. Addison-Wesley, 2013
- [3] Booch. Análisis y Diseño Orientado a Objetos Con Aplicaciones. Addison-Wesley/Díaz De Santos, 1996
- [4] Booch, Grady, Rumbaugh, James, Jacobson, Ivar. El lenguaje unificado de modelado. Manual de referencia Madrid, España. Addison-Wesley. 2000.
- [5] Budgen, David. Software Design, 2nd. Ed. Addison-Wesley, 2003
- [6] IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications, 1993.
- [7] Larman, Craig. UML y Patrones: Una introducción al análisis y diseño orientado a objetos y al proceso unificado. Tercer edición. Madrid, España. Prentice-Hall. 2005.
- [8] Sommerville. Ingeniería de Software. Addison-Wesley, 2015
- [9] Wiegers, Karl. Software Requirements. Second Edition. Washington, USA. Microsoft Press. 2003

- 
- [10] Yourdon, Edward; Argila, Carl. Case Studies in Object-Oriented Analysis and Design. NJ, USA. Yourdon Press Computing Series, 1996.
  - [11] Beatty J; Chen Anthony. Visual Models for Software Requirements. Microsoft Press
  - [12] Fowler, M. UML Gota a Gota. Addison-Wesley, 1997
  - [13] Gorton, Ian. Essential Software Architecture. Springer-Verlag, 2006.
  - [14] Monahan; Shaw. Model-based specifications. En McDermid (ed.), Software engineer's reference book. Butterworth-Heinemann, 1991, 1993
  - [15] Rozanski, N; Woods E. Software Systems architecture, Second Edition. Addison-Wesley, 2012
  - [16] Wordsworth. Software engineering with B. Addison-Wesley, 1996

Programa del curso CE2103

## **Algoritmos y Estructuras de Datos II**

Área Ingeniería en Computadores  
Licenciatura Ingeniería en Computadores

---

## 1 Datos generales

Nombre del curso:	Algoritmos y Estructuras de Datos II
Código:	CE2103
Tipo de curso:	Teórico – Práctico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	4
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extra clase por semana:	8
Áreas curriculares	Ciencias de Ingeniería (40%) Diseño en Ingeniería (60%)
Ubicación en el plan de estudios:	3 <sup>er</sup> semestre
Requisitos:	CE-1103: Algoritmos y Estructuras de Datos I CE-xxxx: Principios de Modelado en Ingeniería
Co-requisitos:	No
El curso es requisito de:	CE-xxxx: Paradigmas de Programación
Asistencia:	Obligatorio
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	Sí
Nota de aprobación:	70%
Examen de reposición:	No hay
Vigencia del programa:	I Semestre 2022

---

## 2 Descripción general

En este curso el estudiante amplia los conceptos fundamentales de estructuras de datos y los algoritmos relacionados con ellas, haciendo énfasis en el diseño de algoritmos y su análisis, para determinar cuáles son más eficientes que otros.

Los atributos de acreditación relacionados a los graduados y a este curso son los siguientes:

◆ **Análisis de problemas AP (Inicial):**

Capacidad para identificar la naturaleza de problemas ingeniería de acuerdo con su campo de estudio

◆ **Investigación IN (Inicial):**

Capacidad para formular propuestas de investigación de problemas complejos de acuerdo con la metodología establecida.

◆ **Trabajo individual y en equipo TE (Medio):**

Capacidad para colaborar de forma activa en equipos de trabajo para la realización de las labores asignadas

---

### 3 Objetivos

Utilizar algoritmos y estructuras de datos en el desarrollo de productos tecnológicos, de tal manera que permita al estudiante la implementación de soluciones computacionales considerando técnicas de diseño y medición adecuados.

Objetivos específicos	Atributos correspondientes
Clasificar algoritmos mediante un análisis desde la perspectiva de la complejidad computacional.	AP(I), IN(I), TE(M)
Reconocer técnicas para el manejo eficiente de la memoria secundaria.	AP(I), IN(I), TE(M)
Aplicar principios básicos de administración de la memoria para el desarrollo de productos tecnológicos que impliquen un uso eficiente de la memoria principal.	AP(I), IN(I), TE(M)
Utilizar algoritmos para la implementación de productos tecnológicos, considerando diferentes técnicas de diseño de algoritmos de acuerdo con el contexto específico de cada problema.	AP(I), IN(I), TE(M)
Aplicar conceptos introductorios de sistemas de archivos y sistemas de bases de datos.	AP(I), IN(I), TE(M)

## 4 Contenidos

- Introducción a la administración de memoria
  - ◆ Referencias en memoria
  - ◆ Declaración y uso eficiente de variables
  - ◆ Parámetros por referencia y por valor
  - ◆ Pila de llamadas
  - ◆ Técnicas de la administración de memoria en el heap
  - ◆ Aritmética de direcciones
- Análisis de algoritmos
  - ◆ Medición empírica
  - ◆ Medición simulada
  - ◆ Medición Analítica
  - ◆ Notaciones más comunes ( $O$  grade, o pequeña  $\Omega$ )
- Algoritmos de Búsqueda
  - ◆ Búsqueda Secuencial
  - ◆ Búsqueda Binaria
  - ◆ Búsqueda por Interpolación
  - ◆ Pathfinding
- Diseño de algoritmos
  - ◆ Ávidos
  - ◆ Divide y vencerás
  - ◆ Programación dinámica
  - ◆ Backtracking
  - ◆ Algoritmos probabilísticos
  - ◆ Algoritmos genéticos
  - ◆ Algoritmos heurísticos
- Estructuras de almacenamiento externo
  - ◆ Estructuras jerárquicas
  - ◆ Sistemas de archivos
  - ◆ Operaciones sobre archivos
  - ◆ Archivos secuenciales
  - ◆ Archivos relativos
  - ◆ Archivos secuenciales indexados
  - ◆ Archivos multillave
  - ◆ Soluciones híbridas
  - ◆ Cache de datos
  - ◆ Algoritmos de ordenamiento externo

- 
- Algoritmos de compresión
    - ◆ Sin pérdida de datos
    - ◆ Con pérdida de datos
    - ◆ Códigos de huffman.
    - ◆ Codificación aritmética.
    - ◆ LZW
  - Introducción a algoritmos de criptografía, corrección y detección de errores
    - ◆ Algoritmos de criptografía de clave simétrica
    - ◆ Algoritmos de criptografía de clave asimétrica
    - ◆ Hashing
    - ◆ Hamming
  - Introducción a las estructuras básicas de bases de datos
    - ◆ Introducción a los motores de bases de datos.
    - ◆ Definición de tablas e índices.
    - ◆ Operaciones básicas de SQL
    - ◆ Conceptos avanzados de bases de datos.
    - ◆ NOSQL

## 5 Metodología de enseñanza y aprendizaje

Para el desarrollo de este curso, se utilizará una metodología activa, orientada a la formación integral de las personas para favorecer su crecimiento personal, profesional, su socialización y su autonomía, para lo cual toman como sus valores fundamentales:

- El aprender a aprender.
- El aprender a vivir juntos.
- El aprender a resolver.

Se promoverá la participación activa de los estudiantes, orientado a promover una filosofía de “aprender a aprender”, de manera que sean responsables de su proceso de aprendizaje, profundizando los temas abordados en clase, mientras que el profesor tendrá un rol de facilitador, siendo responsable del proceso de enseñanza.

De acuerdo con el Modelo pedagógico del TEC, se potencia la creación, gestión y transferencia del conocimiento orientada hacia el trabajo e investigación interdisciplinaria, multidisciplinaria y transdisciplinaria en los diferentes campos del conocimiento.

En este contexto de formación integral del estudiantado TEC, se implementarán estrategias de acuerdo con sus necesidades particulares, haciendo uso de técnicas relacionadas con:

• Estrategias didácticas colaborativas: técnicas didácticas de aula invertida, juego de roles, instrucción entre pares, enseñanza justo a tiempo, oratoria, foro o debate, disertación de expertos, conferencias, seminario, aprendizaje por descubrimiento, análisis de casos, gamificación o webquest, pensamiento visual, entre otras.

• Estrategias didácticas de sistematización y mapeo: técnicas didácticas de mapas mentales, mapas conceptuales, cuadros sinópticos, matrices, círculo analítico, UVE heurística, portafolio, entre otras.

Estrategias didácticas de simulación: técnicas didácticas de diseño y elaboración de modelos, demostraciones, juego de roles, simulacro, trabajos de laboratorio, aprendizaje experimental, aprendizaje basado en problemas, prácticas de laboratorio, taller y campo, entre otras.

Estas estrategias y técnicas metodológicas (individuales o grupales), se encontrarán vinculadas con los atributos asignados al curso, de tal manera que favorezcan en el estudiantado:

- En su formación integral humana y académica mediante la construcción del aprendizaje a partir de las experiencias y conocimientos.
- En la formación del pensamiento crítico frente a problemas relacionados con asuntos éticos, de equidad y de sostenibilidad.
- En el trabajo en equipo como motor de socialización, relaciones socioafectivas asertivas, innovación y construcción del conocimiento.
- En el empleo de medios tecnológicos en el proceso de comunicación, socialización y de aprendizaje.

Para cumplir lo anterior, el docente tendrá la responsabilidad de asistir puntualmente a las lecciones, cumplir con el horario establecido para las lecciones y las horas de consulta, desarrollar las sesiones en concordancia con los objetivos y contenidos planteados en este programa; así mismo, debe ofrecer espacios para aclarar las dudas o comentarios que el estudiante realice través de distintos medios de comunicación.

El estudiantado deberá asistir puntualmente a las sesiones, en las cuales participará activamente, y desarrollará las actividades asignadas, con el fin de alcanzar los objetivos del curso. Asimismo, el estudiantado debe demostrar, todos aquellos atributos y competencias actitudinales que fomenten una apropiación de su proceso de aprendizaje, un trabajo en equipo eficiente, y que reflejan los valores éticos y humanos fomentados por la Institución en cumplimiento de lo normado en el Régimen de Enseñanza-Aprendizaje (REA).

Las herramientas básicas para poder enfrentar este curso son:

1. Una computadora con mínimo 4GB de RAM.
2. Sistema Operativo GNU Linux.
3. GNU g++.
4. Un editor de código fuente (se recomienda C Lion).

Si un estudiante no cuenta con estos recursos puede hacer uso de los diferentes laboratorios disponibles en el campus central del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

## 6 Evaluación

Rubro	Porcentaje
Evaluaciones cortas	10%
Tareas extra-clase	10%
Actividades en clase	5%
Evaluaciones	15%
Proyectos programados	60%
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>

## 7 Bibliografía

### Obligatoria

- Deitel y Deitel, (2012). Cómo programar en Java. 9th ed. México: Pearson Educación.
- Drozdek, Adam, (2013). Data Structures and Algorithms in Java. 4th ed. United States: Cengage Learning Asia.

### Complementaria

- Weiss, M.A., "Data Structures & Algorithm. Analysis in JAVA", I edition, Addison Wesley Longman, Harlow, Inglaterra, 1999.
- Aho, A.V., Hopcroft, J.E., Ullman, J.D., "Estructuras de datos y algoritmos", versión en español de la I edición,

---

Addison-Wesley Iberoamericana, Buenos Aires,  
Argentina, 1988.

- Joyanes, Luis y Zahonero Ignacio. Estructuras de  
Datos: Algoritmos, abstracción y objetos. Mc Graw Hill.  
1998.

Programa del curso CE 2201

## **Laboratorio de Circuitos Eléctricos**

Área Académica Ingeniería en Computadores  
Programa de Licenciatura en Ingeniería en Computadores.

[Última revisión de la plantilla: 31 de agosto del 2021]

## I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

### 1 Datos generales

<b>Nombre del curso:</b>	Laboratorio de Circuitos Eléctricos
<b>Código:</b>	CE-2201
<b>Tipo de curso:</b>	Práctico
<b>Electivo o no:</b>	No
<b>Nº de créditos:</b>	1
<b>Nº horas de clase por semana:</b>	2
<b>Nº horas extraclase por semana:</b>	1
<b>% de las áreas curriculares:</b>	100% Ciencias de Ingeniería
<b>Ubicación en el plan de estudios:</b>	IV Semestre
<b>Requisitos:</b>	FI-1202 Laboratorio Física General II
<b>Correquisitos:</b>	
<b>El curso es requisito de:</b>	CE-3201 Taller de Diseño Digital
<b>Asistencia:</b>	Obligatoria
<b>Suficiencia:</b>	No
<b>Posibilidad de reconocimiento:</b>	No
<b>Nota de aprobación:</b>	70%
<b>Examen de reposición:</b>	No hay
<b>Vigencia del programa:</b>	I Semestre de 2022

---

## **2 Descripción general**

*Electrical science has disclosed to us the more intimate relation existing between widely different forces and phenomena and has thus led us to a more complete comprehension of Nature and its many manifestations to our senses.*

Nikola Tesla

En este curso el estudiante realiza mediciones con diversos circuitos excitados con corriente continua y corriente alterna, se implementan y analizan circuitos eléctricos utilizando resistencias, bobinas, condensadores y algunos elementos activos, con el fin de que el estudiante adquiera destrezas en las respectivas técnicas de medición y mejore la comprensión de conceptos vistos en los cursos de teoría.

Los atributos de acreditación relacionados a los graduados y a este curso son los siguientes:

- ◆ Conocimiento de Ingeniería CI (Intermedio):  
Capacidad para colaborar de forma activa en equipos de trabajo para la realización de las labores
- ◆ Herramientas de Ingeniería HI (Inicial):  
Capacidad para seleccionar técnicas, recursos y herramientas modernas de ingeniería en la solución de problemas complejos de ingeniería.
- ◆ Ambiente y Sostenibilidad AS (Inicial):  
Capacidad para comprender el concepto de sostenibilidad en los contextos sociales y ambientales.

**3 Objetivos** Examinar la aplicación de técnicas sobre diversos circuitos excitados con corriente continua y corriente alterna de tal manera que permitan al estudiante la interpretación del comportamiento de circuitos eléctricos.

Objetivo(s) del curso	Atributo(s) correspondiente(s)
Explicar matemáticamente el comportamiento de circuitos eléctricos que poseen elementos pasivos que almacenan energía tanto en el estado transitorio como en el estado estacionario.	CI
Identificar de forma práctica las leyes y conceptos fundamentales de la teoría sobre circuitos eléctricos lineales en corriente continua y en corriente alterna (ley de Ohm, leyes de Kirchhoff, etc.).	CI
Interpretar las diferentes variables físicas que describen el comportamiento de los circuitos eléctricos --corriente, tensión y potencia-- e interpretar los elementos básicos que los conforman: resistencias, condensadores, bobinas y fuentes de poder.	CI
Aplicar las técnicas del análisis de mallas y nodos, de superposición, de Thevenin y Norton, así como otras técnicas del análisis de circuitos eléctricos.	CI
Usar habilidades como el trabajo en equipo y el desarrollo de documentación técnica ordenada y concisa, así como la consideración del impacto de la ingeniería en la sociedad y el medio ambiente.	AS
Razonar las mediciones eléctricas básicas en circuitos en corriente continua y alterna, en régimen transitorio y estacionario, aplicando técnicas y métodos formales de medición en ingeniería.	HI

#### **4 Contenidos**

Las 15 semanas del curso incluyen los siguientes temas:

1. Principio de seguridad en el laboratorio.
2. Medición de magnitudes eléctricas.
3. Leyes de Kirchhoff.
4. Divisores de tensión y corriente, puente de Wheatstone.
5. Análisis de mallas y nodos.
6. Teoremas de superposición, Thévenin y Norton.
7. Resistencia interna y máxima transferencia de potencia.
8. Introducción al osciloscopio.
9. Circuitos RC y RL en corriente continua.
10. Circuitos RLC serie en corriente continua.
11. Reactancia capacitancia e inductiva.
12. Respuesta en frecuencia de circuitos RC.

#### **II parte: Aspectos operativos**

##### **• Metodología de enseñanza y aprendizaje**

Para el desarrollo de este curso, se utilizará una metodología activa, orientada a la formación integral de las personas para favorecer su crecimiento personal, profesional, su socialización y su autonomía, para lo cual toman como sus valores fundamentales:

- El aprender a aprender.
- El aprender a vivir juntos.
- El aprender a resolver.

Se promoverá la participación activa de los estudiantes, orientado a promover una filosofía de “aprender a aprender”, de manera que sean responsables de su proceso de aprendizaje, profundizando los temas abordados en clase, mientras que el profesor tendrá un rol de facilitador, siendo responsable del proceso de enseñanza.

De acuerdo con el Modelo pedagógico del TEC, se potencia la creación, gestión y transferencia del conocimiento orientada hacia el trabajo e investigación interdisciplinaria, multidisciplinaria y transdisciplinaria en los diferentes campos del conocimiento.

En este contexto de formación integral del estudiantado TEC, se implementarán estrategias de acuerdo con sus necesidades particulares, haciendo uso de técnicas relacionadas con:

- Estrategias didácticas colaborativas: técnicas didácticas de aula invertida, juego de roles, instrucción entre pares,

---

enseñanza justo a tiempo, oratoria, foro o debate, disertación de expertos, conferencias, seminario, aprendizaje por descubrimiento, análisis de casos, gamificación o webquest, pensamiento visual, entre otras.

- Estrategias didácticas de sistematización y mapeo: técnicas didácticas de mapas mentales, mapas conceptuales, cuadros sinópticos, matrices, círculo analítico, UVE heurística, portafolio, entre otras.

Estrategias didácticas de simulación: técnicas didácticas de diseño y elaboración de modelos, demostraciones, juego de roles, simulacro, trabajos de laboratorio, aprendizaje experimental, aprendizaje basado en problemas, prácticas de laboratorio, taller y campo, entre otras.

Estas estrategias y técnicas metodológicas (individuales o grupales), se encontrarán vinculadas con los atributos asignados al curso, de tal manera que favorezcan en el estudiantado:

- En su formación integral humana y académica mediante la construcción del aprendizaje a partir de las experiencias y conocimientos.
- En la formación del pensamiento crítico frente a problemas relacionados con asuntos éticos, de equidad y de sostenibilidad.
- En el trabajo en equipo como motor de socialización, relaciones socioafectivas asertivas, innovación y construcción del conocimiento.
- En el empleo de medios tecnológicos en el proceso de comunicación, socialización y de aprendizaje.

Para cumplir lo anterior, el docente tendrá la responsabilidad de asistir puntualmente a las lecciones, cumplir con el horario establecido para las lecciones y las horas de consulta, desarrollar las sesiones en concordancia con los objetivos y contenidos planteados en este programa; así mismo, debe ofrecer espacios para aclarar las dudas o comentarios que el estudiante realice través de distintos medios de comunicación.

El estudiantado deberá asistir puntualmente a las sesiones, en las cuales participará activamente, y desarrollará las actividades asignadas, con el fin de alcanzar los objetivos del

curso. Asimismo, el estudiantado debe demostrar, todos aquellos atributos y competencias actitudinales que fomenten una apropiación de su proceso de aprendizaje, un trabajo en equipo eficiente, y que reflejan los valores éticos y humanos fomentados por la Institución en cumplimiento de lo normado en el Régimen de Enseñanza-Aprendizaje (REA).

Las herramientas básicas para poder enfrentar este curso son:

- Componentes eléctricos.
- Componentes de medición.
- Computador con 4GB de RAM y CPU Core I5 o similar

Si un estudiante no cuenta con estos recursos puede hacer uso de los diferentes laboratorios disponibles en el campus central de Instituto Tecnológico de Costa Rica.

## 6 Evaluación

Los siguientes son los rubros que se evaluarán en el curso:

Rubro	Porcentaje
Bitácora	15%
Evaluaciones cortas	15%
Informes de laboratorio	20%
Proyecto final	25%
Comprobaciones prácticas	25%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

## 7 Bibliografía

- Fundamentos de. Circuitos eléctricos. Charles K. Alexander. Cleveland State University. Matthew N. O. Sadiku. Prairie View A&M University. 3a. edición.
- Circuito eléctricos (Dorf).
- Análisis de circuitos (Hayt).

Programa del curso CE 3201

## Taller de Diseño Digital

Área Académica Ingeniería en Computadores  
Licenciatura Ingeniería en Computadores

[Última revisión de la plantilla: 31 de agosto del 2021]

---

## I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

### 1 Datos generales

<b>Nombre del curso:</b>	Taller de Diseño Digital
<b>Código:</b>	CE 3201
<b>Tipo de curso:</b>	Práctico
<b>Electivo o no:</b>	No
<b>Nº de créditos:</b>	2
<b>Nº horas de clase por semana:</b>	4
<b>Nº horas extraclase por semana:</b>	2
<b>% de las áreas curriculares:</b>	70 % Diseño en Ingeniería 30 % Ciencias de Ingeniería
<b>Ubicación en el plan de estudios:</b>	V Semestre
<b>Requisitos:</b>	CE-2201 Laboratorio de Circuitos Eléctricos
<b>Correquisitos:</b>	CE-xxxx Fundamentos de Arquitectura
<b>El curso es requisito de:</b>	CE 4301 – Arquitectura de Computadores I
<b>Asistencia:</b>	Obligatoria
<b>Suficiencia:</b>	No
<b>Posibilidad de reconocimiento:</b>	No
<b>Nota de aprobación:</b>	70%
<b>Examen de reposición:</b>	No hay
<b>Vigencia del programa:</b>	I Semestre de 2022

---

## **2 Descripción general**

En este curso el estudiante asimilará los conceptos fundamentales en el diseño e implementación de sistemas digitales combinacionales y secuenciales, usando compuertas lógicas, lógica programable y herramientas de software para la descripción, simulación y síntesis de dichos sistemas.

Los atributos de acreditación relacionados a los graduados y a este curso son los siguientes:

- ◆ Herramientas de ingeniería HI (Intermedio):  
Capacidad para aplicar y evaluar técnicas, recursos y herramientas modernas de ingeniería para la solución de problemas complejos de ingeniería, con una comprensión de las limitaciones asociadas.
  
- ◆ Diseño DI (Inicial):  
Capacidad para describir un problema complejo de ingeniería en términos de requerimientos de diseño y limitantes.
  
- ◆ Ambiente y Sostenibilidad AS (Inicial):  
Capacidad para comprender el concepto de sostenibilidad en los contextos sociales y ambientales.

---

**3 Objetivos**

Diseñar sistemas digitales combinacionales y secuenciales usando compuertas lógicas, lógica programable y herramientas de software que permitan al estudiante la simulación e implementación de sistemas digitales para la solución de una situación determinada.

Objetivo(s) del curso	Atributos correspondientes
Diseñar sistemas digitales combinacionales y secuenciales usando compuertas lógicas y lenguajes de alto nivel para la descripción de hardware permitiendo su simulación e implementación.	HI
Elaborar las herramientas adecuadas para llevar los sistemas digitales diseñados a un arreglo lógico programable (FPGA).	HI
Desarrollar habilidades de trabajo individual y en equipo, así como de elaboración de documentación técnica, de manera colaborativa, ordenada y concisa, haciendo uso de principios y valores como responsabilidad, respeto y tolerancia.	MS

---

## 4 Contenidos

1. Introducción a la electrónica digital
  - 1.1. Compuertas lógicas en chip.
  - 1.2. Características eléctricas: fan-out, rangos de operación, alta impedancia.
  - 1.3. Tecnologías: CMOS vs TTL.
  - 1.4. Aspectos ambientales de circuitos digitales
2. Lenguajes de descripción de hardware y síntesis lógica
  - 2.1. Modelos de descripción de hardware.
  - 2.2. Niveles de abstracción.
  - 2.3. FPGAs.
  - 2.4. Creación de testbenches y simulaciones.
  - 2.5. Metodologías de diseño.
3. Diseño de circuitos de lógica combinacional
  - 3.1. Decodificadores y encodificadores.
  - 3.2. Multiplexores y demultiplexores.
  - 3.3. Circuitos aritméticos (sumadores, restadores, comparadores, multiplicadores).
  - 3.4. Unidad Lógico-Aritmética (ALU).
  - 3.5. Tiempo de propagación y contaminación
  - 3.6. Simulación.
4. Diseño de circuitos de lógica secuencial
  - 4.1. Contadores.
  - 4.2. Circuitos anti-rebote.
  - 4.3. Máquinas de estados finitos (FSM).
  - 4.4. Simulación.
  - 4.5. Temporización y sincronización.
  - 4.6. Glitches.
5. Estructuras digitales avanzadas
  - 5.1. Controladores de dispositivos periféricos
  - 5.2. Introducción a los computadores.
  - 5.3. Arquitectura genérica de un computador simple.
  - 5.4. Lenguaje máquina.
  - 5.5. Técnicas de diseño e implementación de microprocesadores.
  - 5.6. Manejo de entradas y salidas digitales, y periféricos
  - 5.7. Memorias.

---

## II parte: Aspectos operativos

**5 Metodología de enseñanza y aprendizaje** Para el desarrollo de este curso, se utilizará una metodología activa, orientada a la formación integral de las personas para favorecer su crecimiento personal, profesional, su socialización y su autonomía, para lo cual toman como sus valores fundamentales:

- El aprender a aprender.
- El aprender a vivir juntos.
- El aprender a resolver.

Se promoverá la participación activa de los estudiantes, orientado a promover una filosofía de “aprender a aprender”, de manera que sean responsables de su proceso de aprendizaje, profundizando los temas abordados en clase, mientras que el profesor tendrá un rol de facilitador, siendo responsable del proceso de enseñanza.

De acuerdo con el Modelo pedagógico del TEC, se potencia la creación, gestión y transferencia del conocimiento orientada hacia el trabajo e investigación interdisciplinaria, multidisciplinaria y transdisciplinaria en los diferentes campos del conocimiento.

En este contexto de formación integral del estudiantado TEC, se implementarán estrategias de acuerdo con sus necesidades particulares, haciendo uso de técnicas relacionadas con:

- Estrategias didácticas colaborativas: técnicas didácticas de aula invertida, juego de roles, instrucción entre pares, enseñanza justo a tiempo, oratoria, foro o debate, disertación de expertos, conferencias, seminario, aprendizaje por descubrimiento, análisis de casos, gamificación o webquest, pensamiento visual, entre otras.
  - Estrategias didácticas de sistematización y mapeo: técnicas didácticas de mapas mentales, mapas conceptuales, cuadros sinópticos, matrices, círculo analítico, UVE heurística, portafolio, entre otras.
- Estrategias didácticas de simulación: técnicas didácticas de diseño y elaboración de modelos, demostraciones, juego de roles, simulacro, trabajos de laboratorio, aprendizaje experimental, aprendizaje basado en problemas, prácticas de laboratorio, taller y campo, entre otras.

---

Estas estrategias y técnicas metodológicas (individuales o grupales), se encontrarán vinculadas con los atributos asignados al curso, de tal manera que favorezcan en el estudiantado:

- En su formación integral humana y académica mediante la construcción del aprendizaje a partir de las experiencias y conocimientos.
- En la formación del pensamiento crítico frente a problemas relacionados con asuntos éticos, de equidad y de sostenibilidad.
- En el trabajo en equipo como motor de socialización, relaciones socioafectivas asertivas, innovación y construcción del conocimiento.
- En el empleo de medios tecnológicos en el proceso de comunicación, socialización y de aprendizaje.

Para cumplir lo anterior, el docente tendrá la responsabilidad de asistir puntualmente a las lecciones, cumplir con el horario establecido para las lecciones y las horas de consulta, desarrollar las sesiones en concordancia con los objetivos y contenidos planteados en este programa; así mismo, debe ofrecer espacios para aclarar las dudas o comentarios que el estudiante realice través de distintos medios de comunicación.

El estudiantado deberá asistir puntualmente a las sesiones, en las cuales participará activamente, y desarrollará las actividades asignadas, con el fin de alcanzar los objetivos del curso. Asimismo, el estudiantado debe demostrar, todos aquellos atributos y competencias actitudinales que fomenten una apropiación de su proceso de aprendizaje, un trabajo en equipo eficiente, y que reflejan los valores éticos y humanos fomentados por la Institución en cumplimiento de lo normado en el Régimen de Enseñanza-Aprendizaje (REA).

Las herramientas básicas para poder enfrentar este curso son:

- Computador con 4GB de RAM y CPU Core I5 o similar
- Sistema Operativo GNU Linux o Windows
- FPGA
- Raspberry Pi

Si un estudiante no cuenta con estos recursos puede hacer uso de los diferentes laboratorios disponibles en el campus central de Instituto Tecnológico de Costa Rica.

---

**6 Evaluación** La distribución porcentual de cada rubro se indica a continuación:

Rubro	Porcentaje
Laboratorio 1	5%
Laboratorio 2	10%
Laboratorio 3	15%
Laboratorio 4	25%
Proyecto final	40%
Evaluaciones cortas	5%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

## **7 Bibliografía**

Obligatoria:

- [1] Sarah Harris y David Harris. *Digital design and computer architecture:arm edition*. Morgan Kaufmann, 2015.

Complementaria:

- [2] Pong P Chu. *FPGA prototyping by Verilog examples: Xilinx Spartan-3 version*. John Wiley & Sons, 2011.  
[3] Pong P Chu. *FPGA prototyping by VHDL examples: Xilinx Spartan-3 version*. John Wiley & Sons, 2011.  
[4] OpenCores. *OpenCores HDL modeling guidelines*. Revision 2.0 Online, 2009.

Programa del curso CE XXXX

## Sistemas Empotrados

Área Académica de Ingeniería en Computadores  
Programa de Licenciatura en Ingeniería en Computadores.

[Última revisión de la plantilla: 31 de agosto del 2021]

---

## I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

### 1 Datos generales

<b>Nombre del curso:</b>	CE-XXXX
<b>Código:</b>	Sistemas Empotrados
<b>Tipo de curso:</b>	Teórico-Práctico
<b>Electivo o no:</b>	No
<b>Nº de créditos:</b>	3
<b>Nº horas de clase por semana:</b>	4
<b>Nº horas extra-clase por semana:</b>	8
<b>% de las áreas curriculares:</b>	30 % Diseño en Ingeniería 70 % Ciencias de Ingeniería
<b>Ubicación en el plan de estudios:</b>	VIII Semestre
<b>Requisitos:</b>	CE-4303 Principios de Sistemas Operativos
<b>Correquisitos:</b>	Ninguno
<b>El curso es requisito de:</b>	CE-5302 Proyecto de Aplicación de la Ingeniería en Computadores
<b>Asistencia:</b>	No obligatoria
<b>Suficiencia:</b>	No
<b>Posibilidad de reconocimiento:</b>	Sí
<b>Nota de aprobación:</b>	70%
<b>Examen de reposición:</b>	No hay
<b>Vigencia del programa:</b>	I Semestre de 2022

---

## **2 Descripción general**

En este curso el estudiante asimilará el diseño de sistemas empotrados, abarcando las características y herramientas de software y de hardware en dichos diseños, con énfasis en el estudio sistemas basados en microprocesadores y sistemas en chip (SoC), que pueden incluir un sistema operativo empotrado, así como también, se describirían sistemas operativos en tiempo real en sistemas empotrados, en particular Linux.

Los atributos de acreditación relacionados a los graduados y a este curso son los siguientes:

- ◆ Ética y Equidad EE (Intermedio):  
Capacidad para proponer acciones responsables, equitativas y éticas.
  
- ◆ Administración y Finanzas AF (Intermedio):  
Capacidad para aplicar prácticas de administración de proyectos y finanzas en el ejercicio de la ingeniería.
  
- ◆ Herramientas de Ingeniería HI (Avanzado):  
Capacidad para aplicar y evaluar técnicas, recursos y herramientas modernas de ingeniería para la solución de problemas complejos de ingeniería, con una comprensión de las limitaciones asociadas.

### 3 Objetivos

Diseñar sistemas empotrados modernos mediante el uso de herramientas de software y hardware, de tal manera que permita al estudiante la implementación de soluciones adecuadas y viables.

Objetivo(s) del curso	Atributo correspondiente
Aplicar los principios de diseño utilizados en sistemas embebidos modernos, mediante el uso y la creación de herramientas de software y hardware, para tal fin.	HI
Analizar las implicaciones éticas y morales, así como de equidad relacionadas al desarrollo e implementación de sistemas empotrados.	EE
Examinar las finanzas de sistemas empotrados desde un punto de vista crítico e integral.	AF

- 
- 4 Contenidos** Las 15 semanas que abarcan el curso se distribuyen en los siguientes temas:
1. Introducción a los sistemas embebidos.
    - 1.1. Definición de sistema embebido.
    - 1.2. Historia y avances de los sistemas embebidos.
    - 1.3. Requisitos para el diseño de sistemas embebidos.
    - 1.4. Clasificación de los sistemas embebidos
    - 1.5. Aplicaciones de los sistemas embebidos
    - 1.6. Mercado de los sistemas embebidos
  2. Características de los sistemas embebidos
    - 2.1. Componentes de hardware y software de un sistema embebido
    - 2.2. Compromiso entre el hardware y el software
  3. Herramientas para el diseño de sistemas embebidos
    - 3.1. Herramientas de software
      - 3.1.1 Toolchains y cross-toolchains
      - 3.1.2 Simuladores
      - 3.1.3 Kits de desarrollo de software (SDKs)
      - 3.1.4 Herramientas de construcción automatizada
    - 3.2. Herramientas de hardware
      - 3.2.1 Estaciones de trabajo (Host machines)
      - 3.2.2 Módulos de evaluación de diseños (EVMs).
      - 3.2.3 Interfaces para la programación y prueba (RS-232, Ethernet, USB, I2C, SPI)
      - 3.2.4 Depuradores y emuladores (On-chip debugging, JTAG, In-circuit emulators)
      - 3.2.5 Analizadores de protocolo.
  4. Programación y arranque de sistemas embebidos
    - 4.1. Preprocesadores, compiladores y enlazadores en lenguaje C
    - 4.2. Desarrollo cruzado (cross development)
    - 4.3. Carga de software en el sistema embebido (Image transfer)
    - 4.4. Programación de sistema operativo y Bare-metal
  5. Unidades de procesamiento en sistemas embebidos
    - 5.1. descripción de diferentes arquitecturas (ARM, MIPS, etc.)
    - 5.2. Procesadores RISC y Procesadores de Señales Digitales (DSPs)
  6. Metodología de diseño de sistemas embebidos
    - 6.1. Metodologías tradicionales de diseño

- 
- 6.2. Metodología de co-diseño hardware/software
  - 6.3. Metodologías de diseño basadas en estándares
  - 6.4. El ciclo de vida del diseño de sistemas embebidos
  - 6.5. Exploración del espacio de diseño
  
  - 7. Sistemas en chip (SoC)
    - 7.1. Fundamentos de SoC
    - 7.2. Diseño de SoC a nivel de sistema
    - 7.3. Modelado de especificación
    - 7.4. Modelos de Computación (MoC)
    - 7.5. Síntesis de alto nivel (HLS)
    - 7.6. Síntesis de Hardware
    - 7.7. Síntesis de Software
    - 7.8. MPSoC
  
  - 8. Diseño de sistemas confiables
    - 8.1. Fallas típicas en sistemas embebidos.
    - 8.2. Fuentes de error en el software y el hardware.
    - 8.3. Seguridad y protección
  
  - 9. Sistemas embebidos de baja potencia
    - 9.1. Fuentes de consumo de energía en los sistemas embebidos.
    - 9.2. Herramientas de perfilado en sistemas embebidos.
    - 9.3. Técnicas de reducción de consumo de energía por hardware y software.

## II parte: Aspectos operativos

### 5 Metodología de enseñanza y aprendizaje

Para el desarrollo de este curso, se utilizará una metodología activa, orientada a la formación integral de las personas para favorecer su crecimiento personal, profesional, su socialización y su autonomía, para lo cual toman como sus valores fundamentales:

- El aprender a aprender.
- El aprender a vivir juntos.
- El aprender a resolver.

Se promoverá la participación activa de los estudiantes, orientado a promover una filosofía de “aprender a aprender”, de manera que sean responsables de su proceso de aprendizaje, profundizando los temas abordados en clase, mientras que el profesor tendrá un rol de facilitador, siendo responsable del proceso de enseñanza.

De acuerdo con el Modelo pedagógico del TEC, se potencia la creación, gestión y transferencia del conocimiento orientada hacia el trabajo e investigación interdisciplinaria, multidisciplinaria y transdisciplinaria en los diferentes campos del conocimiento.

En este contexto de formación integral del estudiantado TEC, se implementarán estrategias de acuerdo con sus necesidades particulares, haciendo uso de técnicas relacionadas con:

- **Estrategias didácticas colaborativas:** técnicas didácticas de aula invertida, juego de roles, instrucción entre pares, enseñanza justo a tiempo, oratoria, foro o debate, disertación de expertos, conferencias, seminario, aprendizaje por descubrimiento, análisis de casos, gamificación o webquest, pensamiento visual, entre otras.
- **Estrategias didácticas de sistematización y mapeo:** técnicas didácticas de mapas mentales, mapas conceptuales, cuadros sinópticos, matrices, círculo analítico, UVE heurística, portafolio, entre otras.

**Estrategias didácticas de simulación:** técnicas didácticas de diseño y elaboración de modelos, demostraciones, juego de roles, simulacro, trabajos de laboratorio, aprendizaje experimental, aprendizaje basado en problemas, prácticas de laboratorio, taller y campo, entre otras.

Estas estrategias y técnicas metodológicas (individuales o grupales), se encontrarán vinculadas con los atributos asignados al curso, de tal manera que favorezcan en el estudiantado:

- En su formación integral humana y académica mediante la construcción del aprendizaje a partir de las experiencias y conocimientos.
- En la formación del pensamiento crítico frente a problemas relacionados con asuntos éticos, de equidad y de sostenibilidad.
- En el trabajo en equipo como motor de socialización, relaciones socioafectivas asertivas, innovación y construcción del conocimiento.

- 
- En el empleo de medios tecnológicos en el proceso de comunicación, socialización y de aprendizaje.

Para cumplir lo anterior, el docente tendrá la responsabilidad de asistir puntualmente a las lecciones, cumplir con el horario establecido para las lecciones y las horas de consulta, desarrollar las sesiones en concordancia con los objetivos y contenidos planteados en este programa; así mismo, debe ofrecer espacios para aclarar las dudas o comentarios que el estudiante realice través de distintos medios de comunicación.

El estudiantado deberá asistir puntualmente a las sesiones, en las cuales participará activamente, y desarrollará las actividades asignadas, con el fin de alcanzar los objetivos del curso. Asimismo, el estudiantado debe demostrar, todos aquellos atributos y competencias actitudinales que fomenten una apropiación de su proceso de aprendizaje, un trabajo en equipo eficiente, y que reflejan los valores éticos y humanos fomentados por la Institución en cumplimiento de lo normado en el Régimen de Enseñanza-Aprendizaje (REA).

Las herramientas básicas para poder enfrentar este curso son:

- Computador con 4GB de RAM y CPU Core I5 o similar
- Sistema Operativo GNU Linux o Windows
- FPGA
- Raspberry Pi

Si un estudiante no cuenta con estos recursos puede hacer uso de los diferentes laboratorios disponibles en el campus central de Instituto Tecnológico de Costa Rica.

## 6 Evaluación

Los siguientes son los rubros que se evaluarán en el curso:

Rubro	Porcentaje
Proyectos	50%
Talleres	20%
Evaluación Final	20%
Investigación	10%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

---

Para efectos de la Investigación, esta debe cumplir por lo menos, los mínimos aspectos de un debido estudio detallado de la cuestión, análisis bibliográfico y análisis de resultados, todo esto con algún grado de uso de estandarización en la formulación documental del trabajo, considerando aspectos requeridos de acuerdo con la disciplina.

## 7 Bibliografía

### Obligatoria:

- [1] Daniel D Gajski, Samar Abdi, Andreas Gerstlauer y Gunar Schirner. Embedded system design: modeling, synthesis and verification. Springer Science & Business Media, 2009.
- [2] Peter Barry y Patrick Crowley. Modern embedded computing: designing connected, pervasive, media-rich systems. Elsevier, 2012.

### Complementaria:

- [3] Tammy Noergaard. Embedded systems architecture: a comprehensive guide for engineers and programmers. Newnes, 2012.
- [4] Marilyn Wolf. High-performance embedded computing: applications in cyber-physical systems and mobile computing. Newnes, 2014.
- [5] Michael Barr. Programming embedded systems in C and C++. O'Reilly Media, Inc., 1999.

Programa del curso EL XXXX

## **Circuitos Analógicos**

**Área Académica de Ingeniería en Computadores**  
**Programa de Licenciatura en Ingeniería en Computadores.**

[Última revisión de la plantilla: 31 de agosto del 2021]

---

## I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

### 1 Datos generales

<b>Nombre del curso:</b>	Circuitos Analógicos
<b>Código:</b>	EL-XXXX
<b>Tipo de curso:</b>	Teórico
<b>Electivo o no:</b>	No
<b>Nº de créditos:</b>	4
<b>Nº horas de clase por semana:</b>	4
<b>Nº horas extraclasses por semana:</b>	8
<b>% de las áreas curriculares:</b>	Ciencias de Ingeniería (70 %) Diseño de Ingeniería (30 %)
<b>Ubicación en el plan de estudios:</b>	VI Semestre
<b>Requisitos:</b>	EL-2207 Elementos Activos SO-4604 Salud Ocupacional
<b>Correquisitos:</b>	Ninguno
<b>El curso es requisito de:</b>	CE-4202 Taller de Señal Mixta.
<b>Asistencia:</b>	Obligatoria.
<b>Suficiencia:</b>	No
<b>Posibilidad de reconocimiento:</b>	No
<b>Nota de aprobación:</b>	70%
<b>Examen de reposición:</b>	No hay
<b>Vigencia del programa:</b>	I Semestre de 2022

---

## **2 Descripción general**

En este curso el estudiante asimilará los principios para el desarrollo de circuitos analógicos, de tal manera que permita la implementación de las etapas de acondicionamiento, filtrado, operaciones aritméticas y otros circuitos con aplicaciones analógicas.

Los atributos de acreditación relacionados a los graduados y a este curso son los siguientes:

- ◆ Conocimiento de Ingeniería CI (Intermedio):  
Capacidad para colaborar de forma activa en equipos de trabajo para la realización de las labores
- ◆ Herramientas de Ingeniería HI (Intermedio):  
Capacidad para aplicar y evaluar técnicas, recursos y herramientas modernas de ingeniería para la solución de problemas complejos de ingeniería, con una comprensión de las limitaciones asociadas.
- ◆ Análisis de Problemas AP (Intermedio):  
Capacidad para analizar y resolver problemas de ingeniería bajo los principios fundamentales del área.

**3 Objetivos** Construir soluciones a problemas de ingeniería por medio de la aplicación de circuitos analógicos de tal manera que permita al estudiante un criterio suficiente usando métodos de análisis de circuitos.

Objetivos del curso	Atributos correspondientes
Utilizar herramientas para diseño de circuitos analógicos, optimizando sus características eléctricas en función de su necesidad.	HI
Desarrollar criterios básicos de diseño para aplicaciones avanzadas en sistemas complejos de control, comunicaciones y adquisición y procesamiento de señales.	CI
Examinar un amplificador electrónico y sus parámetros característicos, utilizando los modelos compactos de primer y segundo orden de los transistores BJT y MOSFET, apoyándose en métodos de análisis de circuitos para aplicar dichos parámetros en un rango determinado de operación.	CI
Resolver problemas de ingeniería usando circuitos analógicos, logrando acondicionamiento de señales para posterior procesamiento.	AP

#### **4 Contenidos**

Las 15 semanas del curso incluyen los siguientes temas:

1. Amplificadores con circuitos discretos (BJT y MOSFET) y sus usos. No incluir espejos de corriente, cascodo o diferencial. (4 semanas).
2. Amplificadores en potencia y etapas de salida. Multivibradores. (1 semana).
3. Fundamentos amplificadores operacionales (parámetros, limitaciones, comerciales) (2 semanas)
4. Topologías de amplificadores operacionales (comparador, seguidor, inversor, no inversor, integrador, diferenciador, logaritmo, exponencial, sumador, R-2R, promediador, restador) (4 semanas).
5. Filtros pasivos y activos (2 semanas).
6. Osciladores, entre ellos cristales, 555 o con Amp Op (2 semanas).

#### **II parte: Aspectos operativos**

##### **3 Metodología de enseñanza y aprendizaje**

Para el desarrollo de este curso, se utilizará una metodología activa, orientada a la formación integral de las personas para favorecer su crecimiento personal, profesional, su socialización y su autonomía, para lo cual toman como sus valores fundamentales:

- El aprender a aprender.
- El aprender a vivir juntos.
- El aprender a resolver.

Se promoverá la participación activa de los estudiantes, orientado a promover una filosofía de “aprender a aprender”, de manera que sean responsables de su proceso de aprendizaje, profundizando los temas abordados en clase, mientras que el profesor tendrá un rol de facilitador, siendo responsable del proceso de enseñanza.

De acuerdo con el Modelo pedagógico del TEC, se potencia la creación, gestión y transferencia del conocimiento orientada hacia el trabajo e investigación interdisciplinaria, multidisciplinaria y transdisciplinaria en los diferentes campos del conocimiento.

En este contexto de formación integral del estudiantado TEC, se implementarán estrategias de acuerdo con sus necesidades particulares, haciendo uso de técnicas relacionadas con:

- **Estrategias didácticas colaborativas:** técnicas didácticas de aula invertida, juego de roles, instrucción entre pares, enseñanza justo a tiempo, oratoria, foro o debate, disertación de expertos, conferencias, seminario, aprendizaje por descubrimiento, análisis de casos, gamificación o webquest, pensamiento visual, entre otras.
- **Estrategias didácticas de sistematización y mapeo:** técnicas didácticas de mapas mentales, mapas conceptuales, cuadros sinópticos, matrices, círculo analítico, UVE heurística, portafolio, entre otras.

**Estrategias didácticas de simulación:** técnicas didácticas de diseño y elaboración de modelos, demostraciones, juego de roles, simulacro, trabajos de laboratorio, aprendizaje experimental, aprendizaje basado en problemas, prácticas de laboratorio, taller y campo, entre otras.

Estas estrategias y técnicas metodológicas (individuales o grupales), se encontrarán vinculadas con los atributos asignados al curso, de tal manera que favorezcan en el estudiantado:

- En su formación integral humana y académica mediante la construcción del aprendizaje a partir de las experiencias y conocimientos.
- En la formación del pensamiento crítico frente a problemas relacionados con asuntos éticos, de equidad y de sostenibilidad.
- En el trabajo en equipo como motor de socialización, relaciones socioafectivas asertivas, innovación y construcción del conocimiento.
- En el empleo de medios tecnológicos en el proceso de comunicación, socialización y de aprendizaje.

Para cumplir lo anterior, el docente tendrá la responsabilidad de asistir puntualmente a las lecciones, cumplir con el horario establecido para las lecciones y las horas de consulta, desarrollar las sesiones en concordancia con los objetivos y contenidos planteados en este programa; así mismo, debe ofrecer espacios para aclarar las dudas o comentarios que el estudiante realice través de distintos medios de comunicación.

El estudiantado deberá asistir puntualmente a las sesiones, en las cuales participará activamente, y desarrollará las

---

actividades asignadas, con el fin de alcanzar los objetivos del curso. Asimismo, el estudiantado debe demostrar, todos aquellos atributos y competencias actitudinales que fomenten una apropiación de su proceso de aprendizaje, un trabajo en equipo eficiente, y que reflejan los valores éticos y humanos fomentados por la Institución en cumplimiento de lo normado en el Régimen de Enseñanza-Aprendizaje (REA).

Las herramientas básicas para poder enfrentar este curso son:

- Computador con 4GB de RAM y CPU Core I5 o similar

Si un estudiante no cuenta con estos recursos puede hacer uso de los diferentes laboratorios disponibles en el campus central de Instituto Tecnológico de Costa Rica.

## 6 Evaluación

El curso tiene la siguiente distribución porcentual:

Rubro	Porcentaje
Evaluaciones	45%
Tareas	10%
Investigación	10%
Talleres	15%
Proyecto	20%
<b>Total</b>	100%

Para efectos de la Investigación, esta debe cumplir por lo menos, los mínimos aspectos de un debido estudio detallado de la cuestión, análisis bibliográfico y análisis de resultados, todo esto con algún grado de uso de estandarización en la formulación documental del trabajo, considerando aspectos requeridos de acuerdo con la disciplina.

---

## **7 Bibliografía      Obligatorio:**

[1] Franco. Sergio.: Diseño con Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Analógicos. Tercera Edición, McGraw Hill. México, 2005. ISBN: 0072320842.

[2] Razavi. Behzad. Fundamentals of microelectronics. Wiley, 2008. ISBN: 9780471478461

### **Complementaria:**

[3] Goughlin. Robert F., Driscoll, Frederick F.: Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales. Quinta Edición, Prentice-Hall. México, 1999. ISBN: 0199765073

[4] P. E. Allen, D. R. Holberg: CMOS Analog Circuit Design. 2nd ed. Oxford University Press, USA, 2002

[5] National Semiconductor. Linear Applications Handbook. 1980. ISBN:1800272995

Programa del curso CExxx

## **Compiladores e intérpretes**

Área Ingeniería en Computadores  
Licenciatura Ingeniería en Computadores

[Última revisión de la plantilla: 31 de agosto del 2021]

---

## I Parte: Aspectos relativos al plan de estudios

### 1 Datos generales

<b>Nombre del curso:</b>	CE-3104 Compiladores e intérpretes
<b>Código:</b>	CE-3104
<b>Tipo de curso:</b>	Teórico / Práctico
<b>Electivo o no:</b>	No
<b>Nº de créditos:</b>	4
<b>Nº horas de clase por semana:</b>	4
<b>Nº horas extraclasses por semana:</b>	8
<b>% de las áreas curriculares:</b>	Ciencias de Ingeniería (100%)
<b>Ubicación en el plan de estudios:</b>	6to semestre
<b>Requisitos:</b>	CE-xxxx Fundamentos de Arquitectura
<b>Correquisitos:</b>	CE-4301 Arquitectura de Computadores I
<b>El curso es requisito de:</b>	CE-4303 Principios de Sistemas Operativos
<b>Asistencia:</b>	Obligatoria
<b>Suficiencia:</b>	Sí
<b>Posibilidad de reconocimiento:</b>	No
<b>Nota de aprobación:</b>	70%
<b>Examen de reposición:</b>	No hay
<b>Vigencia del programa:</b>	I semestre 2022

---

## **2 Descripción general**

En este curso el estudiante asimilará los conceptos, principios y métodos utilizados en el diseño e implementación de compiladores e interpretes abarcando cada una de las etapas del proceso de compilación desde el análisis del código fuente original hasta la generación del código meta, considerando características de la arquitectura, consumo de energía e impacto de rendimiento.

Los atributos de acreditación relacionados a los graduados y a este curso son los siguientes:

◆ Ambiente y Sostenibilidad AS (Inicial):

Capacidad para comprender el concepto de sostenibilidad en los contextos sociales y ambientales.

◆ Conocimiento en Ingeniería CI (Medio):

Capacidad para colaborar de forma activa en equipos de trabajo para la realización de las labores

◆ Aprendizaje Continuo AC (Medio):

Capacidad para ejecutar estrategias con el fin de resolver sus necesidades educativas o de aprendizaje, de acuerdo con los objetivos o las intenciones de aprendizaje.

---

### 3

### Objetivos

Valorar el funcionamiento global de los compiladores e intérpretes orientados a arquitecturas de propósito específico o de propósito general, de tal manera que permita al estudiante su construcción tomando en cuenta características de la arquitectura, consumo de energía e impacto de rendimiento.

Objetivo(s) del curso	Atributo(s) correspondiente(s)
Identificar temas fundamentales en la generación de patrones, teoría de Autómatas y construcción de Lenguajes Formales	CI AC
Escribir de forma sistemática y orientado a la optimización, compiladores e intérpretes.	CI
Aplicar los principios estudiados, mediante la construcción de partes de un compilador o la implementación de un lenguaje (funcional o imperativo) simple vía un intérprete.	CI AC
Desarrollar criterios específicos para discernir el impacto de las arquitecturas de computadoras con respecto a los distintos lenguajes y su proceso de compilación.	CI AS

---

## 4 Contenidos

### Introducción a los Compiladores

- Compiladores e interpretes
- Estructura del proceso de compilación
- Bootstrapping
- Procesos de optimización (pasadas)
- Abstracción orientado hacia el lenguaje generado

### Análisis Léxico (scanning)

- Manipulación del texto fuente
- Expresiones Regulares
- Autómatas
- Tratamiento de errores léxicos
- Tabla de Símbolos

### Análisis Sintáctico (parsing)

- Reconocimiento Sintáctico
- Gramáticas libres de contexto
- Reconocimiento Descendente - LL(1)
- Construcción de árboles sintácticos - AST
- Reconocimiento Ascendente – LR(1), SLR y LALR
- Tratamiento de errores sintácticos

### Análisis Semántico

- Gramáticas de Atributos
- Tabla de símbolos
- Modelos de verificación de tipos
- Modelos semánticos de tipos
- Polimorfismo paramétrico, polimorfismo de subtipos

### Optimización

- Introducción
- Generación de código: código objeto e intermedio
- Representaciones intermedias
- Implementación de generadores de código
- Optimización independiente de la máquina
- Análisis de flujo de datos
- Optimizaciones de bucle
- Optimización dependiente de la máquina

---

### Generación de Código

- Código de 3 Direcciones
- Administración de memoria
- Garbage Collector
- Generación de código al caminar por los árboles (tree walking)
- Traducción sensible al contexto,
- Estructuras en tiempo de ejecución
- Representación de datos
- Evaluación de expresiones
- Acceso a objetos no locales
- Máquinas abstractas de pila

## II parte: Aspectos operativos

### 5 Metodología de enseñanza y aprendizaje

Para el desarrollo de este curso, se utilizará una metodología activa, orientada a la formación integral de las personas para favorecer su crecimiento personal, profesional, su socialización y su autonomía, para lo cual toman como sus valores fundamentales:

- El aprender a aprender.
- El aprender a vivir juntos.
- El aprender a resolver.

Se promoverá la participación activa de los estudiantes, orientado a promover una filosofía de “aprender a aprender”, de manera que sean responsables de su proceso de aprendizaje, profundizando los temas abordados en clase, mientras que el profesor tendrá un rol de facilitador, siendo responsable del proceso de enseñanza.

De acuerdo con el Modelo pedagógico del TEC, se potencia la creación, gestión y transferencia del conocimiento orientada hacia el trabajo e investigación interdisciplinaria, multidisciplinaria y transdisciplinaria en los diferentes campos del conocimiento.

En este contexto de formación integral del estudiantado TEC, se implementarán estrategias de acuerdo con sus necesidades particulares, haciendo uso de técnicas relacionadas con:

- **Estrategias didácticas colaborativas:** técnicas didácticas de aula invertida, juego de roles, instrucción entre pares, enseñanza justo a tiempo, oratoria, foro o debate, disertación de expertos, conferencias, seminario, aprendizaje por descubrimiento, análisis de casos, gamificación o webquest, pensamiento visual, entre otras.
- **Estrategias didácticas de sistematización y mapeo:** técnicas didácticas de mapas mentales, mapas conceptuales, cuadros sinópticos, matrices, círculo analítico, UVE heurística, portafolio, entre otras.

**Estrategias didácticas de simulación:** técnicas didácticas de diseño y elaboración de modelos, demostraciones, juego de roles, simulacro, trabajos de laboratorio, aprendizaje experimental, aprendizaje basado en problemas, prácticas de laboratorio, taller y campo, entre otras.

Estas estrategias y técnicas metodológicas (individuales o grupales), se encontrarán vinculadas con los atributos asignados al curso, de tal manera que favorezcan en el estudiantado:

- En su formación integral humana y académica mediante la construcción del aprendizaje a partir de las experiencias y conocimientos.
- En la formación del pensamiento crítico frente a problemas relacionados con asuntos éticos, de equidad y de sostenibilidad.
- En el trabajo en equipo como motor de socialización, relaciones socioafectivas asertivas, innovación y construcción del conocimiento.
- En el empleo de medios tecnológicos en el proceso de comunicación, socialización y de aprendizaje.

Para cumplir lo anterior, el docente tendrá la responsabilidad de asistir puntualmente a las lecciones, cumplir con el horario establecido para las lecciones y las horas de consulta, desarrollar las sesiones en concordancia con los objetivos y contenidos planteados en este programa; así mismo, debe ofrecer espacios para aclarar las dudas o comentarios que el estudiante realice través de distintos medios de comunicación.

El estudiantado deberá asistir puntualmente a las sesiones, en las cuales participará activamente, y desarrollará las actividades asignadas, con el fin de alcanzar los objetivos del

curso. Asimismo, el estudiantado debe demostrar, todos aquellos atributos y competencias actitudinales que fomenten una apropiación de su proceso de aprendizaje, un trabajo en equipo eficiente, y que reflejan los valores éticos y humanos fomentados por la Institución en cumplimiento de lo normado en el Régimen de Enseñanza-Aprendizaje (REA).

## 6 Evaluación

Rubro	Porcentaje
Investigación y exposición	20%
Evaluaciones Cortas	10%
Tareas	10%
Evaluaciones	20%
Proyectos Programados	40%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

El proyecto programado será generado basado en entregas por medio de una metodología de prototipos, en los cuales se encontrará basado en un correcto levantamiento de requerimientos y en la construcción paulatina de la entrega final.

Para efectos del rubro de Investigación se espera un cumplimiento acorde con el grado de complejidad de la misma, todo esto dentro del marco de formalidad que este tipo de trabajo requiere tanto en el planteamiento del problema como en su desarrollo, de tal manera que permita sintetizar los resultados de manera adecuada con el fin de llegar a conclusiones válidas.

---

## 7 Bibliografía

### Obligatoria:

[1] A. Aho, M. Lam, R. Sethi, J. Ullman, "Compilers -Principles, Techniques and Tools", Pearson Education Limited, Edinburgh Gate, 2014

[2] K. Louden, "Compiler Construction - Principles and Practice", PWS Publishing Company, U.S.A., 1997

[3] C. Fisher, R. Cytron, R. LeBlanc Jr., "Crafting a Compiler", Addison-Wesley, Pearson, 2014

[4] A. Appel, "Modern Compiler Implementation in C", Cambridge University Press, 1998

### Complementaria:

[5] Bornat. Understanding and writing compilers. Macmillan, 1979.

[6] Friedman. From Babbage to Babel and beyond: A brief history of programming languages. Computer Language 17, 1992. pp. 1-17.

[7] Waite; Goos. Compiler construction. Nueva York: Springer-Verlag, 1984.

[8] Wirth. On the design of programming languages. Originalmente publicado en 1974. En Horowitz (ed.), Programming languages, a grand tour. Computer Science Press / Springer-Verlag.

Programa del curso CEXXXX

## Diseño y Calidad de Productos Tecnológicos

Área Ingeniería en Computadores  
Licenciatura Ingeniería en Computadores

---

## 1 Datos generales

Nombre del curso:	Diseño y Calidad de Productos Tecnológicos
Código:	CEXXXX
Tipo de curso:	Teórico – Práctico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	4
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclase por semana:	8
Áreas curriculares	Ciencias de Ingeniería (40%) Diseño en Ingeniería (60%)
Ubicación en el plan de estudios:	7 <sup>mo</sup> semestre
Requisitos:	CE-3101: Bases de Datos PI5516: Ingeniería Económica CE4301: Arquitectura de Computadores I
Co-requisitos:	
El curso es requisito de:	CE-5301: Redes de Computadores
Asistencia:	Obligatorio
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	Sí
Nota de aprobación:	70%
Examen de reposición:	No hay
Vigencia del programa:	I Semestre 2022

---

## 2 Descripción general

En este curso el estudiante aprenderá a analizar un problema de desarrollo de software y será capaz de diseñar arquitecturas y estructuras de solución, incluyendo un nivel apropiado de modularidad, adecuada separación de las responsabilidades y la utilización de modelos de abstracción para representar la solución, aplicando especificaciones en la creación de productos, así como estándares y patrones de diseño recurrentes haciendo ejercicios de verificación para asegurarse una correcta implementación.

Los atributos de acreditación relacionados a los graduados y a este curso son los siguientes:

◆ **Diseño DI (Intermedio):**

Capacidad para elaborar y comparar propuestas de diseño de ingeniería para sistemas, componentes o procesos, de acuerdo con requerimientos establecidos.

◆ **Trabajo individual y en equipo TE (Avanzado):**

Capacidad para evaluar el trabajo individual y de equipo

◆ **Administración de proyectos y finanzas (Intermedio):**

Capacidad para aplicar prácticas de administración de proyectos y finanzas en el ejercicio de la ingeniería.

### 3 Objetivos

Elaborar propuestas de solución a un problema concreto utilizando las mejores prácticas de la industria y tecnologías en el Cloud por medio de su análisis, descripción, comparación y validación completa.

Objetivos específicos	Atributos correspondientes
Realizar diseños de solución considerando los elementos de experiencia de usuario y diseño de usabilidad utilizando una metodología de desarrollo de acuerdo con cada contexto.	DI, TE, AF
Utilizar conceptos de integración continua, cloud computing y entrega continua para reducir el time-to-market de un producto.	DI, TE, AF
Aplicar técnicas para garantizar la calidad de los productos, tanto en la especificación como en el diseño e implementación.	DI, TE, AF
Diseñar y crear sistemas tomando como base tecnologías emergentes que permitan ofrecer las soluciones más adecuadas a cada problema particular, y validando la posible automatización de los procesos de validación.	DI, TE, AF

### 4 Contenidos

#### → Requerimientos en el diseño

- ◆ Características de requerimientos para el diseño.
- ◆ Pasando de procesos tradicionales a procesos bajo la filosofía ágil
- ◆ Impacto de los requerimientos de calidad como Rendimiento, Seguridad, Verificación, Interoperabilidad, Usabilidad, etc. en el diseño.

#### → Cloud Computing

- ◆ Conceptos básicos y terminologías de Cloud Computing
- ◆ Tecnologías Cloud-enabling
- ◆ Virtualización y Contenedores

- ◆ Mecanismos de administración de soluciones en el cloud: Balanceo de carga, escalabilidad, elasticidad, replicación, monitoreo, SLA
- ◆ Almacenamiento en la nube
- ◆ Economías de soluciones en el Cloud

→ Herramientas para la entrega y operación de soluciones

- ◆ Conceptos básicos de DevOps
- ◆ Integración continua
- ◆ Distribución Continua

→ Pasando de arquitecturas monolíticas a arquitecturas de servicios

- ◆ Arquitecturas tradicionales
- ◆ Patrones avanzados de Diseño
- ◆ Principios SOLID para la creación de aplicaciones fáciles de mantener.
- ◆ Implementación de servicios web
- ◆ Arquitecturas REST para SOA
- ◆ Patrones para la implementación de SOA
- ◆ Integración y orquestación de Servicios

→ Arquitecturas de microservicios

- ◆ Domain-driven design (DDD)
- ◆ Pasos para la implementación de arquitectura microservicios
- ◆ Patrones para la implementación de arquitectura de microservicios
- ◆ Despliegue y Mantenimiento de soluciones con microservicios
- ◆ Gobernabilidad de Microservicios

→ Diseño y pruebas de experiencia de usuario

- ◆ Concepto de Usabilidad.
- ◆ Técnicas y guías para el diseño de interfaces.
- ◆ Diseño de dispositivos físicos.
- ◆ Pruebas de usabilidad

→ Calidad y monitoreo de las aplicaciones

- 
- ◆ Utilización de pruebas para el aseguramiento de la calidad
  - ◆ Cobertura de pruebas
  - ◆ Estrategias de Test Driven Development.
  - ◆ Automatización de pruebas.
  - ◆ Actividades de Code Review.
  - ◆ Herramientas de monitoreo de las aplicaciones

## 5 Metodología de enseñanza y aprendizaje

Para el desarrollo de este curso, se utilizará una metodología activa, orientada a la formación integral de las personas para favorecer su crecimiento personal, profesional, su socialización y su autonomía, para lo cual toman como sus valores fundamentales:

- El aprender a aprender.
- El aprender a vivir juntos.
- El aprender a resolver.

Se promoverá la participación activa de los estudiantes, orientado a promover una filosofía de “aprender a aprender”, de manera que sean responsables de su proceso de aprendizaje, profundizando los temas abordados en clase, mientras que el profesor tendrá un rol de facilitador, siendo responsable del proceso de enseñanza.

De acuerdo con el Modelo pedagógico del TEC, se potencia la creación, gestión y transferencia del conocimiento orientada hacia el trabajo e investigación interdisciplinaria, multidisciplinaria y transdisciplinaria en los diferentes campos del conocimiento.

En este contexto de formación integral del estudiantado TEC, se implementarán estrategias de acuerdo con sus necesidades particulares, haciendo uso de técnicas relacionadas con:

- Estrategias didácticas colaborativas: técnicas didácticas de aula invertida, juego de roles, instrucción entre pares, enseñanza justo a tiempo, oratoria, foro o debate, disertación de expertos, conferencias, seminario, aprendizaje por descubrimiento, análisis de casos, gamificación o webquest, pensamiento visual, entre otras.
- Estrategias didácticas de sistematización y mapeo: técnicas didácticas de mapas mentales, mapas conceptuales, cuadros sinópticos, matrices, círculo analítico, UVE heurística, portafolio, entre otras.

Estrategias didácticas de simulación: técnicas didácticas de diseño y elaboración de modelos, demostraciones, juego de roles,

---

simulacro, trabajos de laboratorio, aprendizaje experimental, aprendizaje basado en problemas, prácticas de laboratorio, taller y campo, entre otras.

Estas estrategias y técnicas metodológicas (individuales o grupales), se encontrarán vinculadas con los atributos asignados al curso, de tal manera que favorezcan en el estudiantado:

- En su formación integral humana y académica mediante la construcción del aprendizaje a partir de las experiencias y conocimientos.
- En la formación del pensamiento crítico frente a problemas relacionados con asuntos éticos, de equidad y de sostenibilidad.
- En el trabajo en equipo como motor de socialización, relaciones socioafectivas asertivas, innovación y construcción del conocimiento.
- En el empleo de medios tecnológicos en el proceso de comunicación, socialización y de aprendizaje.

Para cumplir lo anterior, el docente tendrá la responsabilidad de asistir puntualmente a las lecciones, cumplir con el horario establecido para las lecciones y las horas de consulta, desarrollar las sesiones en concordancia con los objetivos y contenidos planteados en este programa; así mismo, debe ofrecer espacios para aclarar las dudas o comentarios que el estudiante realice través de distintos medios de comunicación.

El estudiantado deberá asistir puntualmente a las sesiones, en las cuales participará activamente, y desarrollará las actividades asignadas, con el fin de alcanzar los objetivos del curso. Asimismo, el estudiantado debe demostrar, todos aquellos atributos y competencias actitudinales que fomenten una apropiación de su proceso de aprendizaje, un trabajo en equipo eficiente, y que reflejan los valores éticos y humanos fomentados por la Institución en cumplimiento de lo normado en el Régimen de Enseñanza-Aprendizaje (REA).

Las herramientas básicas para poder enfrentar este curso son:

5. Una computadora con mínimo 4GB de RAM y CPU Core i5 o similar.
6. Sistema Operativo GNU Linux o Windows.

Si un estudiante no cuenta con estos recursos puede hacer uso de los diferentes laboratorios disponibles en el campus central del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

## 6 Evaluación

Rubro	Porcentaje
Artículo	10%
Investigaciones	15%
Proyecto Semestral	60%
Evaluaciones Cortas	7,5%
Tareas	7,5%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

Para efectos del rubro de Investigación se espera un cumplimiento acorde con el grado de complejidad de la misma, todo esto dentro del marco de formalidad que este tipo de trabajo requiere tanto en el planteamiento del problema como en su desarrollo, de tal manera que permita sintetizar los resultados de manera adecuada con el fin de llegar a conclusiones válidas.

## 7

### Bibliografía

#### Obligatoria

- Albin, Stephen. 2003. The Art of Software Architecture: Design Methods and Techniques. John Wiley & Sons
- Bass L; Clements P; Kazman R. Software Architecture in Practice. Third Edition. Addison-Wesley, 2013
- Booch. Análisis y Diseño Orientado a Objetos Con Aplicaciones. Addison-Wesley/Díaz De Santos, 1996
- Booch, Grady, Rumbaugh, James, Jacobson, Ivar. El lenguaje unificado de modelado. Manual de referencia Madrid, España. Addison-Wesley. 2000.
- Budgen, David. Software Design, 2nd. Ed.Addison-Wesley, 2003
- IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications, 1993.

- 
- Larman, Craig. UML y Patrones: Una introducción al análisis y diseño orientado a objetos y al proceso unificado. Tercer edición. Madrid, España. Prentice-Hall. 2005.
  - Sommerville. Ingeniería de Software. Addison-Wesley, 2015
  - Wiegers, Karl. Software Requirements. Second Edition. Washington, USA. Microsoft Press. 2003
  - Yourdon, Edward; Argila, Carl. Case Studies in Object-Oriented Analysis and Design. NJ, USA. Yourdon Press Computing Series, 1996.

### **Complementaria**

- Beatty J; Chen Anthony. Visual Models for Software Requirements. Microsoft Press
- Fowler, M. UML Gota a Gota. Addison-Wesley, 1997
- Gorton, Ian. Essential Software Architecture. Springer-Verlag, 2006.
- Monahan; Shaw. Model-based specifications. En McDermid (ed.), Software engineer's reference book. Butterworth-Heinemann, 1991, 1993
- Rozanski, N; Woods E. Software Systems architecture, Second Edition. Addison-Wesley, 2012

Programa del curso CE XXXX

## Fundamentos de Arquitectura de Computadores

Área Académica Ingeniería en Computadores  
Licenciatura Ingeniería en Computadores

[Última revisión de la plantilla: 29 de septiembre del 2021]

---

## I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

### 1 Datos generales

<b>Nombre del curso:</b>	Fundamentos de Arquitectura
<b>Código:</b>	Por asignar
<b>Tipo de curso:</b>	Teórico-práctico
<b>Electivo o no:</b>	No
<b>Nº de créditos:</b>	4
<b>Nº horas de clase por semana:</b>	4
<b>Nº horas extraclasses por semana:</b>	8
<b>% de las áreas curriculares:</b>	Ciencias de Ingeniería (65%) Diseño Ingeniería (35%)
<b>Ubicación en el plan de estudios:</b>	V Semestre
<b>Requisitos:</b>	EL2207 – Elementos Activos
<b>Correquisitos:</b>	
<b>El curso es requisito de:</b>	CE4301 – Arquitectura de Computadores I CEXXXX – Compiladores e Intérpretes
<b>Asistencia:</b>	No obligatoria
<b>Suficiencia:</b>	No
<b>Posibilidad de reconocimiento:</b>	Sí (por los programas viejos es equivalente por lógico y digitales)
<b>Nota de aprobación:</b>	70%
<b>Examen de reposición:</b>	No hay
<b>Vigencia del programa:</b>	I Semestre de 2022

---

## **2 Descripción general**

*Knowledge is power. Knowledge shared is power multiplied.*  
Robert Noyce

En este curso el estudiante asimilará aspectos relacionados al desarrollo de bloques básicos como compuertas lógicas, flip-flops, sumadores, registros y sus respectivos paradigmas de diseño, así como también elementos esenciales para la optimización de procesadores de tal manera que permitan conformar un procesador para la ejecución de instrucciones.

Los atributos de acreditación relacionados a los graduados y a este curso son los siguientes:

- ◆ Ingeniería y Sociedad IS (Inicial):  
Capacidad para describir el contexto relacionado con el problema o la práctica profesional de ingeniería.
  
- ◆ Investigación IN (Intermedio):  
Capacidad para desarrollar propuestas de investigación.
  
- ◆ Aprendizaje Continuo AC (Medio):  
Capacidad para ejecutar estrategias con el fin de resolver sus necesidades educativas o de aprendizaje, de acuerdo con los objetivos o las intenciones de aprendizaje.

---

**3 Objetivos**

Evaluar diseño digital y los principios necesarios para desarrollar arquitectura de computadores con un enfoque integral entre el software y el hardware para la construcción de elementos de electrónica digital los cuales son base para la implementación de arquitectura de computadores.

Objetivo(s) del curso	Atributo(s) correspondiente(s)
Identificar las diferentes estrategias de diseño de procesadores desde los aspectos legales, culturales, comerciales, sociales.	IS
Analizar los aspectos de diseño de arquitecturas básicas para la evaluación de estrategias de diseño.	IN
Examinar las implicaciones del pipeline en arquitecturas segmentadas.	IN
Evaluar los elementos de lógica combinacional y secuencial, los cuales forman parte de las unidades funcionales de un procesador.	AC

---

#### **4 Contenidos**

Las 15 semanas del curso incluyen los siguientes temas:

1. Descripción de unidades funcionales (combinacional y secuencial) y sus herramientas .
  - Técnicas simplificación de circuitos.
  - FU combinacional.
    - Decodificador.
    - Multiplexor.
    - Aritméticos.
    - Triestado.
  - FU secuencial.
    - FF.
    - Contador.
    - FSM.
2. Principios de diseño de CPU.
  - CISC.
  - Von Neumann.
  - Harvard.
  - CISC vs RISC.
  - Arquitectura Load/Store.
  - Arquitectura Registro-Memoria.
  - Set de instrucciones comerciales.
3. Diseño uniciclo, multiciclo.
  - Arquitectura microprocesador uniciclo.
  - Arquitectura microprocesador multiciclo .
4. Introducción a pipelining.
  - Descripción.
  - Riesgos y dependencias.

## II parte: Aspectos operativos

### 5 Metodología de enseñanza y aprendizaje

Para el desarrollo de este curso, se utilizará una metodología activa, orientada a la formación integral de las personas para favorecer su crecimiento personal, profesional, su socialización y su autonomía, para lo cual toman como sus valores fundamentales:

- El aprender a aprender.
- El aprender a vivir juntos.
- El aprender a resolver.

Se promoverá la participación activa de los estudiantes, orientado a promover una filosofía de “aprender a aprender”, de manera que sean responsables de su proceso de aprendizaje, profundizando los temas abordados en clase, mientras que el profesor tendrá un rol de facilitador, siendo responsable del proceso de enseñanza.

De acuerdo con el Modelo pedagógico del TEC, se potencia la creación, gestión y transferencia del conocimiento orientada hacia el trabajo e investigación interdisciplinaria, multidisciplinaria y transdisciplinaria en los diferentes campos del conocimiento.

En este contexto de formación integral del estudiantado TEC, se implementarán estrategias de acuerdo con sus necesidades particulares, haciendo uso de técnicas relacionadas con:

- **Estrategias didácticas colaborativas:** técnicas didácticas de aula invertida, juego de roles, instrucción entre pares, enseñanza justo a tiempo, oratoria, foro o debate, disertación de expertos, conferencias, seminario, aprendizaje por descubrimiento, análisis de casos, gamificación o webquest, pensamiento visual, entre otras.
- **Estrategias didácticas de sistematización y mapeo:** técnicas didácticas de mapas mentales, mapas conceptuales, cuadros sinópticos, matrices, círculo analítico, UVE heurística, portafolio, entre otras.

**Estrategias didácticas de simulación:** técnicas didácticas de diseño y elaboración de modelos, demostraciones, juego de roles, simulacro, trabajos de laboratorio, aprendizaje experimental, aprendizaje basado en problemas, prácticas de laboratorio, taller y campo, entre otras.

---

Estas estrategias y técnicas metodológicas (individuales o grupales), se encontrarán vinculadas con los atributos asignados al curso, de tal manera que favorezcan en el estudiantado:

- En su formación integral humana y académica mediante la construcción del aprendizaje a partir de las experiencias y conocimientos.
- En la formación del pensamiento crítico frente a problemas relacionados con asuntos éticos, de equidad y de sostenibilidad.
- En el trabajo en equipo como motor de socialización, relaciones socioafectivas asertivas, innovación y construcción del conocimiento.
- En el empleo de medios tecnológicos en el proceso de comunicación, socialización y de aprendizaje.

Para cumplir lo anterior, el docente tendrá la responsabilidad de asistir puntualmente a las lecciones, cumplir con el horario establecido para las lecciones y las horas de consulta, desarrollar las sesiones en concordancia con los objetivos y contenidos planteados en este programa; así mismo, debe ofrecer espacios para aclarar las dudas o comentarios que el estudiante realice través de distintos medios de comunicación.

El estudiantado deberá asistir puntualmente a las sesiones, en las cuales participará activamente, y desarrollará las actividades asignadas, con el fin de alcanzar los objetivos del curso. Asimismo, el estudiantado debe demostrar, todos aquellos atributos y competencias actitudinales que fomenten una apropiación de su proceso de aprendizaje, un trabajo en equipo eficiente, y que reflejan los valores éticos y humanos fomentados por la Institución en cumplimiento de lo normado en el Régimen de Enseñanza-Aprendizaje (REA).

Las herramientas básicas para poder enfrentar este curso son:

- Computador con 4GB de RAM y CPU Core I5 o similar
- Sistema Operativo GNU Linux o Windows

Si un estudiante no cuenta con estos recursos puede hacer uso de los diferentes laboratorios disponibles en el campus central de Instituto Tecnológico de Costa Rica.

---

## 6 Evaluación

Rubro	Porcentaje
Evaluaciones	40%
Talleres	20%
Proyecto	20%
Informes	20%
<b>Total</b>	100%

## 7 Bibliografía

- John L Hennessy y David A Patterson. Computer architecture: a quantitative approach. Elsevier, 2011.
- Patterson, D.; Hennessy, J.: Computer Organization and Design: The Hardware/Software Interface. Quinta Edición. Elsevier- Morgan Kaufmann. 2013
- Wakerly, J.F. Digital Design. Principles and practices. Prentice Hall: New Jersey, 2001.
- Floyd, Thomas L., Fundamentos de sistemas digitales, Prentice Hall, 7<sup>a</sup> edición, Madrid, España, 2000.