

Nuevos enfoques para la enseñanza de la programación en el ámbito de las telecomunicaciones y la electrónica

*New approaches to teaching programming in the field of
Telecommunications and electronics*

Omar Antonio Hernández Duany¹ <http://orcid.org/0000-0002-0073-1036>

Caridad Anías Calderón¹ <http://orcid.org/0000-0002-5781-6938>

cache@tesla.cujae.edu.cu,

Laydai Reyes Morales¹ <http://orcid.org/0000-0002-2100-8728>

laydair@gmail.com

¹ Universidad Tecnológica de la Habana, "José Antonio Echeverría" (CUJAE).

Autor para la correspondencia. omar.hd@tele.cujae.edu.cu.

RESUMEN

En este artículo se presentan nuevos enfoques del proceso de enseñanza-aprendizaje de la programación de equipos de cómputo en la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica, en correspondencia con los objetivos definidos por el nuevo plan de estudio. El programa docente de la disciplina de programación se ha diseñado basado en la organización coherente del aprendizaje de los conocimientos teóricos, técnicas, herramientas y metodologías requeridas por los profesionales en formación, con el propósito de desarrollar habilidades que posibiliten afrontar la solución de problemas tecnológicos típicos del campo de las telecomunicaciones y electrónica en la etapa actual. El programa de la disciplina está estructurado en seis asignaturas que contribuyen a la difusión de conocimientos de utilidad para el desarrollo de soluciones tecnológicas durante todas las etapas del proceso de formación profesional: enseñanza de pregrado, postgrado y formación para el empleo.

Palabras clave: telecomunicaciones, electrónica, enseñanza de la programación, disciplina de programación plan de estudio de programación

ABSTRACT

This paper presents new approaches to the teaching-learning process of computer programming in the telecommunications and electronics engineering degree, in accordance with the objectives defined by the new study plan. The teaching program of programming discipline has been designed based on the coherent organization of learning the theoretical knowledge, techniques, tools and methodologies required by professionals in training, with the purpose of developing skills that make it possible to affront the solution of typical technological problems of the field of telecommunications and electronics at the current stage. The program of the discipline is structured in six subjects that contribute to the dissemination of useful knowledge for the development of technological solutions during all stages of the professional training: undergraduate, graduate and on-the-job training.

Keywords: telecommunications, electronic, programming teaching, programming discipline, programming plan of study

Recibido: 10/3/24

Aceptado: 24/9/24

INTRODUCCIÓN

El sector de las telecomunicaciones y la electrónica ha representado desde su surgimiento un entorno de extraordinaria importancia para el desarrollo social. En la etapa más reciente se ha producido una evolución acelerada en este ámbito, a partir del continuo desarrollo de soluciones tecnológicas emergentes, con una notable repercusión en la mejora del funcionamiento de organizaciones heterogéneas de diferentes esferas de la sociedad a escala internacional. Paralelamente ha adquirido cada vez una mayor relevancia a partir de representar

un objetivo estratégico del proceso de transformación digital de la sociedad contemporánea ITU (2020).

La ejecución de los procesos genéricos fundamentales de las telecomunicaciones: captura, procesamiento, almacenamiento y transmisión de señales, continúa requiriendo, en la era digital el desarrollo de soluciones tecnológicas innovadoras. Es necesario considerar que los volúmenes y diversidad de formatos de la información que deben ser procesados por muchos de los procesos intrínsecos de las organizaciones convoca a la necesidad de trabajar en función de la mejora del uso de los recursos disponibles para su procesamiento Telecoms Industry (2021).

La transformación digital y la evolución de internet han propiciado la generación de una amplia gama de dispositivos electrónicos y servicios programables, que resultan de mucha utilidad para organizaciones del sector de las telecomunicaciones y la electrónica u otras organizaciones a escala de toda la sociedad. En tales circunstancias, la programación de equipos de cómputo debe desempeñar un rol predominante en el desarrollo de soluciones tecnológicas emergentes que posibiliten la generación de nuevas funcionalidades con el propósito de lograr la obtención de indicadores superiores de eficiencia, eficacia y productividad, (TIC), ACM (2020).

En este artículo se realiza un esbozo de las experiencias asociadas al proceso de diseño y validación de la primera etapa de impartición de las asignaturas que integran la *disciplina de programación de equipos de cómputo*, en lo adelante *disciplina de programación*, así como, los aspectos que argumentan la inclusión de este modelo de formación en el marco del nuevo plan de estudio de la carrera de *Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica*. Se ha adoptado como referencia para su desarrollo la estrategia formulada por la *Comisión Nacional de Carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica (CNC) de Cuba*.

La programación en el ámbito de las Telecomunicaciones y la electrónica

En la actualidad el sector de las telecomunicaciones y la electrónica es un contexto en el que se desarrollan soluciones tecnológicas que están presentes en forma de aplicaciones, servicios o dispositivos electrónicos. Estos tienen impacto en diversas esferas de la vida cotidiana. Se ha realizado un trabajo sistemático enfocado en la formación de habilidades en los nuevos profesionales del campo de las telecomunicaciones y electrónica.

En tales circunstancias resulta necesario incentivar la formación de habilidades de programación como un requisito indispensable desde las etapas tempranas de formación de los nuevos profesionales del sector. A partir de un enfoque estructurado en función de mejorar al aprovechamiento eficiente de las arquitecturas de hardware, basado en el aumento de la eficacia del diseño algorítmico y la implementación de aplicaciones mediante la programación eficiente en conjunción con el dominio de los conocimientos teóricos que tradicionalmente han sido objeto de estudio del ámbito de las telecomunicaciones y electrónica, Impagliazzo J. et al. (2020).

Las soluciones a desarrollar requieren el dominio de un amplio espectro de conocimientos que pueden agruparse para su estudio en cuatro grandes áreas:

- Circuitos y sistemas de telecomunicaciones.
- Tecnologías flexibles.
- Tecnologías inalámbricas.
- Telemática.

Como puede observarse en la Fig.1 la programación en el ámbito de las telecomunicaciones y la electrónica posibilita el desarrollo de soluciones tecnológicas de amplio espectro, que pueden clasificarse para su estudio y desarrollo en tres niveles. Los profesionales en formación son convocados a dominar las técnicas de desarrollo de soluciones típicas dentro del sector, empleando los conocimientos de programación de aplicaciones, que deben

repercutir en la obtención de soluciones tecnológicas innovadoras University of Newcastle (2021).

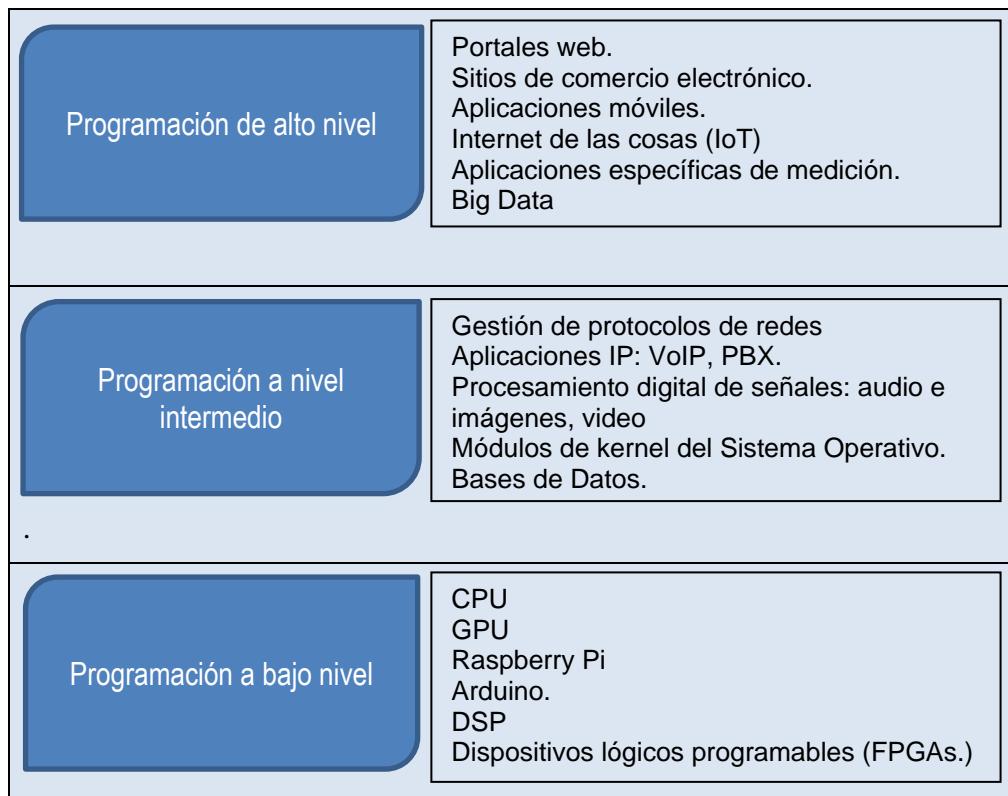


Figura 1: Clasificación de aplicaciones de telecomunicaciones por niveles de programación

Diseño de la disciplina de programación

La carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica, tiene como misión contribuir a la formación de futuros líderes, investigadores, especialistas y docentes del sector de las telecomunicaciones y la electrónica. La disciplina de programación, tiene como objetivo fundamental la articulación coherente del proceso de aprendizaje de los conocimientos de programación de equipos de cómputo en correspondencia con las nuevas demandas del sector. Está conformada por seis asignaturas contentivas de un cúmulo de conocimientos que resultan de utilidad para la generación de soluciones tecnológicas innovadoras del campo de actuación profesional, IEEE CTN (2021).

La disciplina de programación tiene un enfoque sistémico y se ha diseñado en función de lograr la interrelación entre cada una de las asignaturas que la componen con la introducción gradual de nuevos conocimientos, de modo que contribuyan a la introducción gradual de las técnicas de programación y complementar los conocimientos que son adquiridos en las asignaturas precedentes. A su vez se enfoca en el logro de la interdisciplinariedad, mediante la vinculación de los contenidos con otros aspectos teóricos que son impartidos paralelamente en asignaturas de otras disciplinas, adoptando como referencia la malla curricular de la carrera ACM (2020).

La disciplina de programación tiene un alto índice de convergencia con las restantes disciplinas docentes de la malla curricular de la carrera, como son: matemática, física, redes de telecomunicaciones, circuitos eléctricos, electrónica: analógica y digital; fundamentos de las comunicaciones, redes de telecomunicaciones, sistemas de radio; procesamiento digital de señales, líneas de transmisión y antenas. Durante su impartición se hace énfasis en el análisis y discusión de los métodos más adecuados para su implementación.

Todos estos conocimientos están imbricados en una amplia gama de soluciones típicas del campo de las telecomunicaciones, Tsai, M. J. et al. (2019). En tal sentido, a punto de partida se requiere formar habilidades para el desarrollo algorítmico y la implementación eficaz de aplicaciones, tomando en consideración que un aspecto muy importante es lograr siempre que sea posible minimizar los tiempos de ejecución y por consiguiente el aumento de la efectividad de los procesos.

La disciplina *de programación* se ha integrado bajo el precepto de lograr que los estudiantes realicen sistemáticamente ejercicios de reflexión y búsqueda para la selección de las mejores alternativas para el diseño y desarrollo de aplicaciones, que requieren cada vez mayor efectividad, así como la validación y evaluación de los conocimientos teóricos introducidos en cada una de las asignaturas, por lo que resulta oportuno orientar sistemáticamente actividades docentes evaluativas en alineación con los objetivos a alcanzar en cada asignatura. Este enfoque facilita la mejor comprensión de los problemas del contexto de las

telecomunicaciones creándose las bases para abordar problemas cada vez más complejos, Nwokeji, J. C. et al. (2020).

En este programa de estudio está previsto que los estudiantes aprendan a programar haciendo uso del paradigma de Programación Orientada a Objetos (POO). El dominio de este paradigma posibilita el diseño de programas modulares que facilitan la resolución de disímiles problemas, la reutilización de códigos previamente desarrollados por la comunidad de desarrolladores a nivel internacional, la consiguiente reducción del tiempo y costo asociado al proceso de desarrollo. La flexibilidad a través del polimorfismo a través de lo que se logra la adaptabilidad de las funciones a cualquier clase en la que se encuentre. Es importante considerar que existe una amplia variedad de bibliotecas que contienen funciones propias de disímiles áreas del campo de las telecomunicaciones y la electrónica. Dichas funciones contribuyen a extender las potencialidades del núcleo del lenguaje C++ para el diseño y desarrollo de soluciones a la medida para problemas típicos y emergentes del sector, esto constituye una verdadera oportunidad para los desarrolladores, por tal razón resulta conveniente su introducción gradual en el programa de estudio.

Existen una amplia gama de bibliotecas que contienen funciones pre-diseñadas que contribuyen a solucionar problemas típicos del campo de las telecomunicaciones en función de su dominio de aplicación. En el campo de visión computacional y procesamiento digital de imágenes: OpenCV, PCL. Procesamiento de audio: PDSPLib, SoLoud, Essentia, Ajaakman, Maximilian. Comunicación IOT-Lógica de Tiempo Real: JSON, ibm-watson-iot, POCO. Comunicación serie, TCP/IP: Seriallib, Serialport, Serial communication. Redes en C++: Superpowered Networking Library, Apache Serf, Boost Asio, cpp-netlib, cpr, dlib, libcurl.

Han sido mencionadas apenas algunas bibliotecas con cierta relevancia. El proceso de familiarización con las bibliotecas desarrolladas por la comunidad internacional, amplía notablemente las posibilidades para la resolución de problemas específicos del campo de actuación profesional, sin requerirse desarrollarlas siempre desde cero. Cada desarrollador debe generar capacidades

para la solución de problemas cada vez más complejos con una productividad creciente empleando el lenguaje que domina mejor y en este caso C++ resulta una excelente alternativa específicamente para el campo de las telecomunicaciones y la electrónica fundamentalmente para las capas asociadas a la programación a bajo nivel e intermedio, dado que posibilita la solución de problemas heterogéneos.

Organización del proceso de enseñanza-aprendizaje de la disciplina de programación

La disciplina de programación se ha diseñado a partir de un enfoque sistémico que integra aspectos relativos a la visión metodológica, científica y tecnológica del proceso de enseñanza-aprendizaje. Está estructurada en dos bloques fundamentales: currículo básico y currículo optativo respectivamente. Las asignaturas del currículo básico se imparten en los tres primeros semestres de la carrera y son consideradas las bases del proceso de aprendizaje. El currículo optativo profundiza en el aprendizaje de conocimientos, técnicas y herramientas que resultan de mucha utilidad para el diseño e implementación de los sistemas emergentes de telecomunicaciones de la actualidad. Se introducen técnicas fundamentales para el desarrollo de aplicaciones empleando conocimientos básicos relativos a la Ingeniería de Software.

En la Tabla 2 se relacionan las asignaturas fundamentales que componen la disciplina:

Currículo básico	Currículo Optativo
Introducción a la POO	Sistemas Operativos
Estructura de Datos y Algoritmos	Programación Paralela y Distribuida
Bases de datos	Herramientas de Modelación y Simulación

Tabla 2: Asignaturas del currículo de básico y optativo de la disciplina de programación

La disciplina de programación tiene un enfoque metodológico que contribuye a la articulación coherente de los contenidos y el proceso de enseñanza-aprendizaje en el ámbito de cada una de las asignaturas que la componen. En el actual diseño de la disciplina se ha realizado el reajuste y balance de los contenidos para alcanzar los objetivos propuestos con una mayor eficacia, de modo que se logre garantizar la mejora continua de la calidad del aprendizaje. Se ha ampliado el espectro de conocimientos y habilidades a dominar por parte de los profesionales en formación, en correspondencia con las demandas actuales del sector de las telecomunicaciones.

Las asignaturas de la disciplina se han estructurado sobre la base de la definición precisa de cada uno de los contenidos docentes, que describen son descritos posteriormente, también desde un enfoque científico-tecnológico, permitiendo establecer los nexos entre cada una de las unidades didácticas que la componen. El aprendizaje basado en casos constituye un resorte para la validación de los conocimientos que son introducidos gradualmente a partir del análisis de la efectividad de la resolución de problemas, conjuntamente con la asimilación de los conocimientos teóricos del profesional en formación. Este enfoque contribuye a incentivar el desarrollo de habilidades durante los propios procesos de resolución de problemas diversos y paralelamente incentivar la necesidad de que se trabaje en minimizar los tiempos de ejecución.

Es importante lograr una perspectiva multidimensional que posibilite abordar la solución de los sistemas completos, los módulos que los componen y su interrelación durante el transcurso de cada una de las asignaturas de la disciplina.

Currículo básico

En el currículo básico se estructuran las tres asignaturas que contribuyen a la familiarización con los conocimientos de programación y el desarrollo de habilidades para el diseño e implementación de software. En esta etapa se fomenta en los profesionales en formación la comprensión del paradigma de programación orientada a objetos. Este enfoque facilita el proceso de desarrollo de software de calidad, específicamente para el campo de las telecomunicaciones

y electrónica, con lo que se logra potenciar aspectos tales como: la reutilización de códigos, el mantenimiento, y la extensibilidad de diversas aplicaciones que se requieren en el campo de actuación profesional. El currículo básico lo integran las asignaturas: Introducción a la programación orientada a objetos Deitel y Deitel (2021), Estructura de datos y algoritmos La Rocca (2021), así como Bases de datos Özsü y Valdúriez (2020).

Currículo optativo

El currículo optativo contribuye a la ampliación del caudal de conocimientos como plataforma para lograr afrontar la solución de problemas reales típicos del sector de las telecomunicaciones. Se imparten asignaturas que los estudiantes seleccionarán de acuerdo a la compatibilidad con las tareas a las que están vinculados en sus respectivos proyectos de investigación, o las áreas en las que pretenden desarrollarse en el futuro. En este bloque las técnicas de programación están enfocadas a la solución de problemas aún más específicos de este campo de aplicación, que tienen un grado de complejidad superior en correspondencia con los nuevos conocimientos teóricos introducidos y las nuevas habilidades que se pretenden desarrollar.

Ha podido comprobarse en la práctica que este enfoque contribuye significativamente a ampliar las habilidades adquiridas durante el currículo básico y posibilita incrementar el alcance y profundidad de los conocimientos correspondientes al currículo optativo que está conformado por Sistemas Operativos Silberschatz A. et al. (2018), Programación Paralela y Distribuida Schimidt B. et al., (2017), Czarnul P. (2018)., así como, Herramientas de simulación y modelación computacional Giordano A., Levesque A. H., (2015).

Resultados y análisis

Los enfoques empleados para el diseño e implementación del proceso de enseñanza-aprendizaje de la programación en el ámbito de las telecomunicaciones y la electrónica, tienen el propósito de incentivar la

asimilación de un amplio y diverso espectro de conocimientos de programación en el contexto de una ciencia que ha migrado desde mundo analógico al mundo digital, aumentado de modo significativo el número de dispositivos electrónicos programables. Con el diseño del programa de la disciplina, los profesionales en formación ampliarán el nivel de conocimientos y el desarrollo sistemático de habilidades para la solución de problemas propios del campo de las telecomunicaciones en cada una de las unidades didácticas de las asignaturas.

Es necesario hacer énfasis en la necesaria interrelación que se ha formulado entre todas las asignaturas de la disciplina, con vistas a garantizar la compatibilidad de todos los conocimientos requeridos para la solución de problemas basado en las nuevas tendencias tecnológicas del sector de las telecomunicaciones y la electrónica, tratándose como una sucesión de aspectos que también contribuyen a afianzar los conocimientos de programación como herramienta indispensable para el desarrollo de soluciones tecnológicas en la etapa actual y perspectiva, Clear, A. et al., (2020).

El ejercicio de analizar e intercambiar información respecto a cada uno de los casos a partir de la presentación sistemática en clases de los avances del proceso de resolución de los problemas por parte de los equipos, estimula la reflexión, el diálogo y la inducción, que resultan recursos de probada eficacia en la enseñanza universitaria Scherer et al., (2018). En la práctica el proceso de desarrollo del proyecto final también ofrece disímiles criterios por etapas para la evaluación sistemática de la aplicabilidad de este enfoque incluso más allá del entorno educativo, Román-González et al., (2017).

Un aporte del diseño de esta disciplina ha sido el replanteamiento de los métodos tradicionales de la enseñanza de la programación, haciendo énfasis en las técnicas más apropiadas para abordar la solución rápida de problemas típicos del campo de las telecomunicaciones y la electrónica de la actualidad. Es necesario lograr que los conocimientos aprendidos sean portadores de las nuevas tendencias, métodos, herramientas y tecnologías emergentes de este campo de actuación, con lo que se pretende lograr que los nuevos especialistas estén aptos para enfrentar gama de problemas complejos más amplia con mayor efectividad.

Bista et al., (2015). Los desarrolladores tendrán que aprender desde el inicio a resolver dichos problemas basado en el conocimiento de las técnicas y metodologías de la programación. Esto presupone el desarrollo de habilidades para el intercambio efectivo con los usuarios para lograr la satisfacción de sus requisitos, (FIE'19) (2019).

CONCLUSIONES

La transformación digital ha propiciado la generación continua de nuevas funcionalidades mediante la programación, que tienen una repercusión directa en la eficiencia, eficacia y productividad de diversos procesos organizacionales. Los ingenieros en telecomunicaciones y electrónica de la actualidad, así como de otras ciencias afines requieren hacer énfasis en la asimilación de la programación de equipos de cómputo como herramienta indispensable para el diseño y desarrollo de soluciones tecnológicas empleando las arquitecturas de hardware emergentes. La programación de equipos de cómputo resulta una herramienta de inestimable valor en la etapa para lograr la implementación o mejora de una amplia gama de procesos del ámbito de las telecomunicaciones y la electrónica.

El proceso de aprendizaje de la programación en la carrera está basado en el paradigma de la programación orientada a objetos empleando para el aprendizaje el lenguaje C++, dada la necesidad de propiciar la abstracción y construcción de modelos de objetos del mundo real fundamentalmente del campo de actuación profesional. Los conocimientos aportados por el diseño de la disciplina de programación ofrecen una visión general de los métodos de solución de problemas y contribuye al desarrollo del pensamiento algorítmico.

El aprendizaje de los conocimientos y el estudio de sus aspectos más relevantes se enfoca en lograr que los egresados adquieran recursos cognoscitivos para contribuir a ampliar la gama de funcionalidades y servicios de utilidad para las telecomunicaciones y crea las bases para su reutilización en diversos entornos afines. El proceso de enseñanza-aprendizaje de la programación no puede considerarse un contexto estático, dado que la actualización sistemática de los

conocimientos permitirá abordar una gama cada vez más amplia de problemas del sector en cada uno de los entornos formativos y empresariales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ITU-(2020). Handbook for the collection of administrative data on telecommunications.
- Telecoms Industry CEO Outlook-2021 (2021). Accelerating Digital Transformation: Current victories and future challenges, KPGM international.
- ACM (2020). Information Technology Curricula. Curriculum Guidelines for Baccalaureate Degree Programs in Information Technology, Association for Computing Machinery (ACM) IEEE Computer Society (IEEE-CS).
- Impagliazzo J, Parrish, A. y Clear, A. (2020). Innovative Computing Curricula and the CC2020 Project. In Proc. of the Frontiers in Education (FIE) Conference. <https://doi.org/10.1109/FIE.2018.8658622>
- University of Newcastle-2021 (2021). Information Technology, National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine.
- Consensus Study Report. (2018). Assessing and Responding to the Growth of Computer Science Undergraduate Enrollments. Washington, DC: The National Academies Press.
- IEEE CTN (2021). Seven Communications Technology Trends for 2021, CTN Editorial.
- ACM (2020), Information Technology Curricular Guidance for Transfer Programs; ACM. Computer Science Transfer Curriculum 2017 Computer Science Curricular Guidance for Associate-Degree Transfer Programs with Infused Cybersecurity, The Association for Computing Machinery (ACM) Committee for Computing Education in Community Colleges (CCECC).
- Tsai, M. J., Wang, Ch-Y. y Hsu, P. (2019). Developing the computer programming self-efficacy scale for computer literacy education. *Journal of Educational Computing Research*, 56(8), 1345-1360.
- Nwokeji, J. C., Stachel, R., Holme, T. y Orji, R. (2020). Competencies Required for Developing Computer and Information Systems Curriculum.

- Deitel P. y Deitel H., (2021). C++ How to program 10th edition. Pearson India Education.
- La Rocca M. (2021). Advanced Algorithms and Data Structures, Manning.
- Özsu, M.T. y Valduriez, P. (2020). Principles of Distributed Database Systems, 4th ed.; Springer: Berlin, Germany.
- Silberschatz A., Baer Galvin, P. y Gagne, G. (2018). Operating Systems Concepts. Wiley.
- Schmidt B., Gonzalez-Martinez, J.A., Hundt, Ch. y Schlarb, M. (2017). Parallel Programming: Concepts and Practice, Morgan Kaufmann.
- Czarnul P. (2018). Parallel Programming for Modern High Performance Computing Systems, CRC Press.
- Zhengxiong H., Wuang, Y., Sui, Y. y Jianhua G. (2018). Managing high-performance computing applications as an on-demand service on federated clouds Computers and Electrical Engineering.
- Soyata T. (2018). GPU Parallel Program Development using CUDA, CRC Press.
- Giordano A. y Levesque A. H., (2015). Modeling of Digital Communication Systems Using SIMULINK. Wiley.
- Clear, A., Clear, T., Impagliazzo J. y Wang, P. (2020). From Knowledge-based to Competency-based Computing Education: Future Directions, submitted for Review.
- Scherer, R., Siddiq, F., & Sánchez Viveros, B. (2019). The cognitive benefits of learning computer programming: A meta-analysis of transfer effects. *Journal of Educational Psychology*, 111(5), 764–792. <https://doi.org/10.1037/edu0000314>.
- Román-González, M., Pérez-González, J.C. y Jiménez-Fernández, C. et al. (2017). Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the Computational Thinking Test. *Computers in Human Behavior*, 72, 678-691.
- Bista, R., Bajracharya, L., & Dongol, D. (2015). A New Approach to Enhance Efficiency of Object Oriented Programming. *Technia*, 8(1), 1058.
- FIE'19 (2019). In Proceedings of the 49th Frontiers in Education Conference, 1–9. (Cincinnati, OH: IEEE Computer Society).

Conflicto de intereses

Los autores manifiestan que no existen conflictos de intereses

Contribuciones de los autores

Los autores participaron en la conceptualización de la investigación, el diseño de metodología y la validación de los resultados.

Omar Antonio Hernández Duany: Conceptualización, Curación de Datos, Análisis formal, Investigación, Metodología, Validación-Verificación, Visualización, Administración de proyecto, Redacción-borrador original, Redacción-revisión y edición.

Caridad Anías Calderón: Conceptualización, Curación de Datos, Análisis formal, Investigación, Metodología, Validación-Verificación, Visualización, Revisión.

Laydai Reyes Morales: Conceptualización, Curación de datos, Validación-Verificación.