



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES**

**CENTRO DE CIECIAS BÁSICAS  
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN**

**TESIS**

**APLICACIÓN DEL EFECTO DE INTERACTIVIDAD DE ELEMENTOS  
DE LA TEORÍA DE CARGA COGNITIVA EN EL DISEÑO DE  
MATERIAL INSTRUCCIONAL PARA LA PROGRAMACIÓN BÁSICA**

**QUE PRESENTA**

**ING. JESUS MAGDIEL ALONSO GARCÍA**

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN INFORMÁTICA Y  
TECNOLOGÍAS COMPUTACIONALES**

**COMITÉ TUTORAL**

Tutor: Dr. Carlos Argelio Arévalo Mercado  
Co-Tutor: Dra. Estela Lizbeth Muñoz Andrade  
Asesor: Dra. Lizeth Itziguery Solano Romo

Aguascalientes, Aguascalientes, noviembre 2024.

M. EN C. JORGE MARTÍN ALFÉREZ CHÁVEZ  
DECANO (A) DEL CENTRO DE CIENCIAS BASICAS

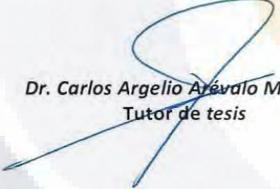
**PRESENTE**

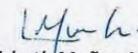
Por medio del presente como **Miembros del Comité Tutorial** designado del estudiante **JESUS MAGDIEL ALONSO GARCÍA** con ID 354272 quien realizó la tesis titulada: **APLICACIÓN DEL EFECTO DE INTERACTIVIDAD DE ELEMENTOS DE LA TEORÍA DE CARGA COGNITIVA EN EL DISEÑO DE MATERIAL INSTRUCCIONAL PARA LA PROGRAMACIÓN BÁSICA**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia damos nuestro consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que nos permitimos emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que *el* pueda proceder a imprimirlo así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

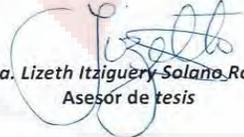
Ponemos lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, le enviamos un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
"Se Lumen Proferre"

Aguascalientes, Ags., a 27 de noviembre de 2024.

  
Dr. Carlos Argelio Arévalo Mercado  
Tutor de tesis

  
Dra. Estela Lizbeth Muñoz Andrade  
Co-Tutor de tesis

  
Dra. Lizeth Itziguery Solano Romo  
Asesor de tesis

c.c.p.- Interesado  
c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado

Elaborado por: Depto. Apoyo al Posgrado.  
Revisado por: Depto. Control Escolar/Depto. Gestión de Calidad.  
Aprobado por: Depto. Control Escolar/ Depto. Apoyo al Posgrado.

Código: DO-SEE-FO-16  
Actualización: 00  
Emisión: 17/05/19



**DICTAMEN DE LIBERACIÓN ACADÉMICA PARA INICIAR LOS TRÁMITES DEL EXAMEN DE GRADO**



Fecha de dictaminación dd/mm/aaaa: 28/11/2024

**NOMBRE:** JESUS MAGDIEL ALONSO GARCÍA **ID** 354272

**PROGRAMA:** Maestría en Informática y Tecnologías Computacionales **LGAC (del posgrado):** Gestión de Sistemas y Tecnologías de Información para mejorar competitividad, innovación y cambio organizacional

**TIPO DE TRABAJO:**  Tesis  Trabajo Práctico

**TÍTULO:** APLICACIÓN DEL EFECTO DE INTERACTIVIDAD DE ELEMENTOS DE LA TEORÍA DE CARGA COGNITIVA EN EL DISEÑO DE MATERIAL INSTRUCCIONAL PARA LA PROGRAMACIÓN BÁSICA

**IMPACTO SOCIAL (señalar el impacto logrado):** APOYAR EN LA PROBLEMÁTICA DE ALTA REPROBACIÓN EN MATERIAS INTRODUCTORIAS DE PROGRAMACIÓN, Y POR TANTO INCREMENTAR LA OFERTA LABORAL ALTAMENTE CAPACITADA EN TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN

**INDICAR SI NO N.A. (NO APLICA) SEGÚN CORRESPONDA:**

<i>Elementos para la revisión académica del trabajo de tesis o trabajo práctico:</i>	
SI	El trabajo es congruente con las LGAC del programa de posgrado.
SI	La problemática fue abordada desde un enfoque multidisciplinario
SI	Existe coherencia, continuidad y orden lógico del tema central con cada apartado
SI	Los resultados del trabajo dan respuesta a las preguntas de investigación o a la problemática que aborda
SI	Los resultados presentados en el trabajo son de gran relevancia científica, tecnológica o profesional según el área
SI	El trabajo demuestra más de una aportación original al conocimiento de su área
SI	Las aportaciones responden a los problemas prioritarios del país
SI	Generó transferencia del conocimiento o tecnológica
SI	Cumple con la ética para la investigación (reporte de la herramienta antiplagio)
<i>El egresado cumple con lo siguiente:</i>	
SI	Cumple con lo señalado por el Reglamento General de Docencia
SI	Cumple con los requisitos señalados en el plan de estudios (créditos curriculares, optativos, actividades complementarias, estancia, predoctoral, etc)
SI	Cuenta con los votos aprobatorios del comité tutorial, en caso de los posgrados profesionales si tiene solo tutor podrá liberar solo el tutor
SI	Cuenta con la carta de satisfacción del Usuario
SI	Coincide con el título y objetivo registrado
SI	Tiene congruencia con cuerpos académicos
SI	Tiene el CVU del Conacyt actualizado
N.A.	Tiene el artículo aceptado o publicado y cumple con los requisitos institucionales (en caso que proceda)
<i>En caso de Tesis por artículos científicos publicados</i>	
N.A.	Aceptación o Publicación de los artículos según el nivel del programa
N.A.	El estudiante es el primer autor
N.A.	El autor de correspondencia es el Tutor del Núcleo Académico Básico
N.A.	En los artículos se ven reflejados los objetivos de la tesis, ya que son producto de este trabajo de investigación.
N.A.	Los artículos integran los capítulos de la tesis y se presentan en el idioma en que fueron publicados
N.A.	La aceptación o publicación de los artículos en revistas indexadas de alto impacto

Con base a estos criterios, se autoriza se continúen con los trámites de titulación y programación del examen de grado:

SI   
No

**FIRMAS**

**Elaboró:**

\* NOMBRE Y FIRMA DEL CONSEJERO SEGÚN LA LGAC DE ADSCRIPCIÓN: DR. CARLOS ARGELIO ARÉVALO MERCADO

NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO TÉCNICO: DRA. LIZETH ITZIGUERY SOLANO ROMO

\* En caso de conflicto de intereses, firmará un revisor miembro del NAB de la LGAC correspondiente distinto al tutor o miembro del comité tutorial, asignado por el Decano

**Revisó:**

NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO: DR. ALEJANDRO PADILLA DÍAZ

**Autorizó:**

NOMBRE Y FIRMA DEL DECANO: M. EN C. JORGE MARTÍN ALFÉREZ CHÁVEZ

**Nota: procede el trámite para el Depto. de Apoyo al Posgrado**

En cumplimiento con el Art. 105C del Reglamento General de Docencia que a la letra señala entre las funciones del Consejo Académico: ... Cuidar la eficiencia terminal del programa de posgrado y el Art. 105F las funciones del Secretario Técnico, llevar el seguimiento de los alumnos.

Elaborado por: D. Apoyo al Posg.  
Revisado por: D. Control Escolar/D. Gestión de Calidad.  
Aprobado por: D. Control Escolar/ D. Apoyo al Posg.

Código: DO-SEE-FO-15  
Actualización: 01  
Emisión: 28/04/20

## AGRADECIMIENTOS

A CONACYT por el apoyo económico brindado a lo largo de estos dos años de posgrado.

A la Universidad Autónoma de Aguascalientes por brindarme la oportunidad de cursar un posgrado incorporado al programa nacional de posgrados de calidad, teniendo acceso a una educación de calidad.

A el Dr. Carlos Argelio Arévalo Mercado, la Dra. Lizeth Itziguery Solano Romo y la Dra. Estela Lizbeth Muñoz Andrade por el apoyo incondicional, por su paciencia, por confiar en mí y no dejar que me rindiera nunca y sobre todo por el tiempo otorgado a lo largo de estos dos años para la realización del presente trabajo de tesis. Realmente esto no hubiera sido posible sin ustedes y les estaré agradecido por siempre.

A todos los profesores de cada una de las materias impartidas en el programa académico del posgrado.

A Dayron Ponce Padilla por su ayuda durante estos dos años y por siempre estar ahí para motivarme a culminar y ser mejor cada día.

A Walbert Rivero Maceo, Ariel Santa Cruz Pacheco Espino y Lisvet Marrero Pérez mis amigos y hermanos que con ellos empezó este lindo proceso.

A mis amigos y compañeros de estudio, por ayudarme y confiar en mí, a todos les agradezco eternamente su apoyo incondicional.

## DEDICATORIAS

A mis padres

Regla Mercedes García Rodríguez y Manuel Celestino Alonso Fernández por todo su amor, su apoyo, su confianza en mí, por estar siempre apoyándome en cada etapa y momento de mi vida, por ser mi guía, mi apoyo y mi lugar seguro, ustedes son los verdaderos merecedores de todos mis logros.

A mi hija

Allyson Victoria Alonso Campillo por ser mi motor impulsor y la personita por la que día a día me levanto con ansias de ser mejor, por darle el ejemplo a seguir.

A mi hermana

Odalys Alonso García por ser mi ejemplo a seguir aún siendo menor que yo, por siempre estar presente aun en la distancia y porque se que nuestro amor es el más bonito que he conocido.

A mis abuelos

Jesús García Cruz y Sixta Odilia Rodríguez Guerra que aunque ya no están presente sé que desde el cielo cuento siempre con su apoyo y parte de toda mi vida y logros se los debo a ellos, a mi abuela Sixta hacerle una dedicación especial, porque aunque este procesocomenzó en tu ausencia fuiste pieza clave para llegar hasta el final,  
donde            quiera            que            estes            te            amo.

A mi abuela Angela Fernández Lima, la cual gracias a dios tengo presente en vida y puedo hacerla disfrutar de este logro a mi lado, te quiero mucho, y a mi abuelo Manuel Alonso quien hoy tampoco esta entre nosotros, esto va para ustedes gracias.

A mi novia

Cristina Nidia Parra Torres, la persona que ha navegado junto a mi por estos dos años de esfuerzo y dedicación, la persona en quien confié día a día, muchas gracias por tu amor, por entenderme, por soportarme, por quererme, por confiar en mi y por sacar la mejor versión de mi aun cuando nadie cree, te amo.

A mi familia

Por apoyarme y creer siempre en mi para conseguir este importante paso, y por ser lo más importante que tengo en mi vida. Gracias a mis todos mis tíos, mis primos y que le llegue al cielo un agradecimiento especial a Juan Martin Vila Rodríguez gracias por todo campeón

## INDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	5
2	ANTECEDENTES.....	7
2.1	El aprendizaje de la programación .....	7
3	ESTADO DEL ARTE .....	13
3.1	Paradigma de aprendizaje cognitivo .....	13
4	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	14
5	JUSTIFICACIÓN.....	16
6	MARCO TEÓRICO .....	18
6.1	Teoría de Carga Cognitiva.....	18
6.1.1	Tipos de cargas cognitivas .....	19
6.1.2	Memorias de trabajo y largo plazo .....	21
6.1.3	Relación entre la Memoria de Trabajo y la Memoria a Largo Plazo .....	22
6.1.4	El efecto de interactividad de elementos.....	23
6.1.5	Estrategias instruccionales para reducir la interactividad de elementos.....	26
6.1.6	Relación de la interactividad de elementos con otros efectos.....	29
6.1.7	Relación con el efecto de atención dividida y el efecto de redundancia .....	29
6.1.8	Relación con el efecto de modalidad .....	30
6.1.9	Relación con el efecto de la inversión de la experiencia .....	31
6.1.10	Relación con el efecto de Imaginación.....	32
6.2	Consideraciones generales acerca de la teoría de carga cognitiva.....	33
7	METODOLOGÍA.....	37
7.1	Diseño de la solución .....	37
7.1.1	Preentrenamiento y uso de ejemplos resueltos .....	37
7.1.2	Presentación por subobjetivos.....	38
7.1.3	Autoexplicación .....	40
7.2	Diseño experimental.....	40
8	RESULTADOS .....	42
8.1	Estadística descriptiva.....	42
8.2	Pruebas de muestras relacionadas .....	43
9	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	50
9.1	Limitaciones del estudio. ....	51
10	CONCLUSIONES .....	52
11	REFERENCIAS .....	56

**INDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Relación entre la carga cognitiva total (CCT) y la memoria de trabajo (MDT) para condicionar el aprendizaje. Original del autor..... 24

Figura 2. Interactividad de elementos de un programa de computadora (Autor, Carlos Arévalo Mercado, 2024)..... 26

Figura 3. Ejemplo resuelto en video para el ejercicio “comparar cadenas”..... 38

Figura 4. Ejemplo de problema con subobjetivos (copiar cadenas)..... 39

Figura 5. Ejemplo de reactivo de manipulación de cadenas en medición “pre” del estudio piloto..... 41

Figura 6. Ejemplo de reactivo de manipulación de cadenas en medición “post” del estudio piloto..... 41

Figura 7. Histogramas de mediciones pre y post de grupos experimental y de control..... 49

**INDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Estadísticos de muestra relacionadas..... 43

Tabla 2 Prueba t de muestras relacionadas, grupos experimental y de control..... 44

Tabla 3. Estadística descriptiva, comparación de grupos como muestras independientes..... 46

Tabla 4. Prueba t de comparación de grupos, como muestras independientes. .... 46

Tabla 5. Pruebas de Wilcoxon de muestras relacionadas..... 47

Tabla 6. Estadísticos de contraste de Wilcoxon, pre y post de grupos experimental y de control..... 48

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se enfoca en el diseño y aplicación de material didáctico instruccional fundamentado en la Teoría de Carga Cognitiva (TCC), específicamente en el efecto de interactividad de elementos, para mejorar el aprendizaje de los conceptos básicos de programación en estudiantes de las carreras de Licenciatura en Informática y Licenciatura en Sistemas Computacionales. El objetivo principal es abordar las dificultades comunes en los cursos iniciales de programación, como el desconocimiento de conceptos fundamentales, la falta de habilidades cognitivas avanzadas y la frustración causada por la alta carga cognitiva asociada a estos estudios.

Se desarrollaron estrategias instruccionales basadas en la TCC, como el preentrenamiento, la presentación por subobjetivos y la autoexplicación, para reducir la carga cognitiva extrínseca y optimizar la pertinente. Estas estrategias se implementaron en un diseño cuasi experimental con un grupo experimental y uno de control, evaluando su efectividad a través de pruebas pre y post de rendimiento académico. Los resultados mostraron mejoras significativas en el grupo experimental, destacándose un incremento más homogéneo en sus calificaciones, lo que valida la eficacia del material desarrollado.

La investigación resalta la importancia de considerar teorías pedagógicas como la TCC en el diseño de materiales educativos que aborden la alta interactividad de elementos inherente a los conceptos de programación. Además, plantea la necesidad de personalizar los métodos de enseñanza para optimizar el aprendizaje y reducir las tasas de reprobación y deserción en los programas educativos afines a las ciencias computacionales.

En conclusión, el estudio demuestra que el uso de materiales didácticos diseñados con base en la TCC no solo mejora la comprensión de los conceptos básicos de programación, sino que también representa una estrategia efectiva para enfrentar los retos académicos asociados con la enseñanza de esta disciplina.

## ABSTRACT

This research focuses on the design and implementation of instructional materials based on Cognitive Load Theory (CLT), particularly the element interactivity effect, to improve the learning of basic programming concepts among students in bachelor's degrees in computer science and information systems. The primary objective is to address common challenges in introductory programming courses, such as a lack of foundational knowledge, insufficient advanced cognitive skills, and the frustration caused by the high cognitive load associated with these studies.

Instructional strategies rooted in CLT—such as pre-training, segmented presentation, and self-explanation—were employed to minimize extraneous cognitive load and optimize germane cognitive load. These strategies were implemented in a quasi-experimental design, with an experimental and a control group, assessing their effectiveness through pre- and post-tests of academic performance. Results indicated significant improvements in the experimental group, including more consistent academic achievement, validating the effectiveness of the developed materials.

The study highlights the importance of leveraging pedagogical theories like CLT in the design of educational materials to address the high element interactivity inherent in programming concepts. Additionally, it emphasizes the need to tailor teaching methods to enhance learning outcomes and reduce failure and dropout rates in computer science-related academic programs.

In conclusion, this research demonstrates that instructional materials designed based on CLT not only improve the understanding of basic programming concepts but also serve as an effective strategy to overcome the academic challenges associated with teaching this discipline

# 1 INTRODUCCIÓN

*“Hemos aprendido que mejorar la educación no es una simple cuestión de adoptar una nueva tecnología” Hegarty (2004)*

La implementación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) ha transformado profundamente diversas áreas, como la educación, la economía y la investigación. En particular, la programación juega un papel crucial en este contexto, ya que es la base para el desarrollo de software y soluciones tecnológicas que sostienen industrias y servicios modernos. Sin embargo, la enseñanza de programación presenta grandes desafíos, pues no solo se trata de aprender a escribir código, sino también de desarrollar competencias como el pensamiento lógico y la resolución de problemas. Estas habilidades son fundamentales para que los estudiantes puedan adaptarse y aportar al crecimiento tecnológico de sus respectivas áreas. Los nuevos usos sociales de las TIC en dispositivos móviles, equipos electrodomésticos, en el comercio, la economía, medios de transporte, la ciencia y la investigación, la educación, la medicina, etc., han provocado un boom en la necesidad de formación de profesionales con competencias para continuar su raudo desarrollo y entre ellos los programadores juegan un papel fundamental. Los nuevos usos sociales de las TIC en dispositivos móviles, equipos electrodomésticos, en el comercio, la economía, medios de transporte, la ciencia y la investigación, la educación, la medicina, etc., han provocado un boom en la necesidad de formación de profesionales con competencias para continuar su raudo desarrollo y entre ellos los programadores juegan un papel fundamental.

Los programadores son de gran importancia e impacto en la economía de todos los países ya que están insertados en agencias y empresas especializadas en diseño, sitios web, posicionamiento seo, desarrollo de programas y aplicaciones informáticas que son vitales para el funcionamiento tecnológico de producciones y servicios.

Por solo citar un ejemplo en la Unión Europea el software aporta valor añadido anual por un total de 910.000 millones de euros— más del 7% del PIB de la Unión Europea de los 28. Correspondiente a todos los sectores y niveles de la economía y genera 11,6 millones de empleos, que representan el 5,3% del total de los empleos. La media de los sueldos en la industria del software en la UE es un 34% más alta que la media de los sueldos en la UE y un 80% mayor que la media de sueldos de los trabajadores del sector servicios.

Las diferencias en los salarios a promedios nacionales de los desarrolladores web varían mucho de un país a otro. Así el país que mejor paga es Suiza con un salario anual de 63,546 dólares y la India es el que menos paga con un salario promedio anual de 4,605 dólares. En América Latina es Panamá el país con mejores salarios con un promedio mensual de 2.250 dólares al mes y Bolivia el de menor con 800 dólares aproximadamente.

La sociedad ha incorporado las tecnologías de tal forma que ya no puede prescindir de ellas, cada vez son más las personas que navegan por el ciberespacio y demandan mayor interactividad y no ser solo sujetos depositarios de información. El cibernauta participa de entornos reales y virtuales, accede a información en tiempo real, se integra a aprendizajes colaborativos en red, se comunica con total independencia a largas distancias. Ante esta realidad los diseñadores de medios de enseñanza instruccionales para el aprendizaje de la programación tienen un gran reto, dada la necesidad de formar profesionales con competencias para programar.

Uno de los principales beneficios del uso de las TIC es la posibilidad de personalizar y emplear escenarios complejos para facilitar la construcción del conocimiento. Estos escenarios permiten visualizar de manera más concreta una problemática o temática específica, principalmente porque incrementan la cercanía entre las personas y los casos analizados.

La integración de tecnologías y escenarios contribuye a una mayor capacidad para gestionar el conocimiento de forma participativa y activa, ya que convierte a la persona en el protagonista de su propio aprendizaje, haciéndola responsable de este proceso. En particular, para la resolución de problemas, resulta especialmente eficaz al presentar escenarios complejos que reflejan de manera explícita situaciones similares al entorno laboral real.

## 2 ANTECEDENTES

### 2.1 El aprendizaje de la programación

Mathieu, (2014a) planteó: “La programación no es únicamente escribir código fuente, ya que este es el resultado de una serie de actividades previas que le garantizan cualidades como flexibilidad, robustez y concordancia con los objetivos planteados. Por esta causa, un programa informático es una colección de instrucciones, que al ejecutarse efectúa actividades específicas, a través de un sistema de cómputo. Para su escritura y ejecución, necesita un lenguaje de programación que tiene una sintaxis, con la cual fija las normas de codificación y una semántica que le permite plasmar sus objetivos en un entorno formal”. Planteamiento que se comparte ya que la programación es un proceso complejo donde participan estructuras cognitivas y no se debe simplificar solo a la escritura de códigos fuentes.

Aprender a programar permite a los estudiantes desarrollar habilidades como el pensamiento crítico y la resolución de problemas. Según (Mathieu, 2014b) la programación no solo implica escribir código, sino también estructurar actividades que garanticen flexibilidad y robustez en los sistemas desarrollados. Además, fomenta el aprendizaje colaborativo, dado que los estudiantes trabajan en equipo para resolver problemas y comunicar ideas de manera efectiva, habilidades transferibles a otros campos laborales.

A pesar del avance tecnológico que presenciamos en la actualidad, persisten diversos problemas relacionados con una débil base en los procesos de

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

aprendizaje de los actuales y futuros profesionales de la industria del software. Estas dificultades suelen originarse desde los cursos iniciales de programación, que generalmente se imparten durante el primer año de ingreso a la universidad o institución educativa (Jiménez-Toledo et al., 2019).

Estos problemas tienen su origen en diversas circunstancias, como el desconocimiento de los conceptos básicos de programación, la carencia de habilidades para modelar y desarrollar un programa informático, e incluso la falta de disciplina necesaria para llevar a cabo la construcción cognitiva requerida para abordar los fundamentos de la programación (Jiménez-Toledo et al., 2019).

Para lograr la comprensión de los principios básicos de la programación, es fundamental contar con habilidades cognitivas específicas, como la capacidad de abstracción, el razonamiento lógico y matemático, así como la habilidad para resolver problemas de manera algorítmica. Además, los factores motivacionales y las estrategias didácticas empleadas juegan un papel clave en el proceso de enseñanza, especialmente cuando se abordan los conceptos esenciales de la programación en el entorno educativo (Insuasti, n.d.-a). El aprendizaje de la programación no solo contribuye a la adquisición de nuevos conocimientos, sino que también se establece como una herramienta valiosa para la resolución de problemas (Depetris et al., n.d.).

La literatura científica señala dificultades tanto en el proceso de enseñanza dirigido por los docentes como en el aprendizaje de los estudiantes al abordar el estudio de los fundamentos de programación, tales como en el lenguaje de programación (sintaxis), experiencia previa, motivación, modelos mentales de expertos y novatos, insuficiente metacognición, programación orientada a objetos, etc.

La comprensión de los principios fundamentales de la programación o el desarrollo de algoritmos básicos representa un desafío significativo para los estudiantes, ya que abarca una serie de factores, desde la motivación para aprender hasta la evaluación de sus estilos de aprendizaje personales, pasando por el conocimiento

de sus experiencias previas y la capacidad para asimilar conceptos nuevos, entre otros aspectos (Muñoz, n.d.)-(Casas & Vanoli, n.d.).

A pesar de finalizar un curso de programación en informática, algunos estudiantes no logran desarrollar las habilidades fundamentales (Insuasti, n.d.-a), lo que sugiere que la programación es una disciplina compleja de aprender. Expertos en informática, educación y psicología han estado investigando durante décadas las barreras que enfrentan los estudiantes en el proceso de aprendizaje de esta área (Ortega et al., 2017).

El aprendizaje necesario para la programación de computadoras se considera un desafío, ya que los estudiantes deben poseer habilidades cognitivas avanzadas, tales como la capacidad para resolver problemas, desarrollar y aplicar modelos mentales o matemáticos, y crear algoritmos.

Además, deben estar dispuestos a aprender las diferentes sintaxis y semánticas necesarias para escribir programas de computadoras (Silva-Maceda et al., 2016), lo que con frecuencia lleva a que algunos estudiantes experimenten frustración y, en casos más graves, abandonen sus estudios (Silva-Maceda et al., 2016)-(Bowen et al., n.d.).

(Dann, 2011) identifica cuatro factores que dificultan el aprendizaje de la programación: el uso de metodologías de enseñanza inadecuadas para abordar la sintaxis en la codificación de programas; la incapacidad de obtener resultados tanto de los cálculos como del seguimiento de la estructura del programa simultáneamente al ejecutar el código; las dificultades en la comprensión de la lógica computacional y, finalmente, el manejo incorrecto de los procesos de diseño algorítmico. Estos aspectos deben ser tenidos en cuenta al diseñar materiales didácticos instruccionales.

A nivel global, se han realizado numerosas investigaciones que evidencian deficiencias en la comprensión de los conceptos fundamentales de la programación, pero son pocos los estudios que presentan de manera clara y

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

sólida la base científica de la estructura de esta habilidad (De La et al., 2015). Aunque hoy en día existen diversas metodologías, enfoques, métodos y herramientas para la enseñanza-aprendizaje de los fundamentos de la programación, no hay un enfoque que haya logrado satisfacer todas las necesidades de manera unánime (Mehran Bozorgmanesh, 2011), (Muñoz, n.d.) y que consiga cumplir eficazmente con los objetivos de los estudiantes del siglo XXI (Depetris et al., n.d.).

Aunque la familiaridad con las computadoras podría indicar que el aprendizaje debería ser más sencillo, los estudiantes siguen encontrando dificultades en los cursos de programación (Depetris et al., n.d.). Las investigaciones realizadas en las últimas dos décadas muestran que estas dificultades persisten, y los estudiantes parecen mostrar menos interés por la programación (Mehran Bozorgmanesh, 2011), (Depetris et al., n.d.).

Somers & Nelson, (2001) señalan otros factores que dificultan el aprendizaje de la programación en los estudiantes, como los complejos procesos cognitivos necesarios en las primeras etapas de estudio, los cuales implican tareas de pensamiento de orden superior, como la planificación, el razonamiento y la resolución de problemas. Esto resalta la importancia de desarrollar ciertas habilidades cognitivas antes de abordar un curso de programación, lo que se convierte en un factor clave para el aprendizaje adecuado de la lógica computacional (Somers & Nelson, 2001).

Actualmente, existen numerosos recursos didácticos disponibles para el aprendizaje de la lógica de programación y su codificación; sin embargo, aún no se han desarrollado entornos completos ni metodologías específicas que garanticen un aprendizaje efectivo, adaptado a las características individuales de los estudiantes (Mexicano De Investigación Educativa & México, 2010).

Otra de las dificultades que enfrentan los estudiantes al comenzar un curso introductorio de programación es el manejo de una terminología completamente ajena a su experiencia previa; conceptos como el de variable, la gestión de

memoria asignada a un estado o, simplemente, el tipo de datos, complican aún más el aprendizaje en esta etapa inicial (Dunican, 2002).

De manera similar, algunos autores sostienen que la complejidad de la estructura sintáctica del código también dificulta el proceso de aprendizaje. Esto se ve igualmente reflejado en la baja calidad de los recursos educativos disponibles y en el insuficiente desarrollo de las habilidades necesarias para abordar un problema (Insuasti, n.d.-b).

Además, los estudiantes enfrentan dificultades al interpretar los enunciados planteados, lo que puede ser consecuencia de problemas relacionados con la falta de habilidades en procesos de abstracción (Anderson, 1996). Debido a esto, algunos estudiantes en los primeros cursos, al no lograr desarrollar las habilidades necesarias para entender los fundamentos de la programación, adoptan una actitud de rechazo hacia el proceso de aprendizaje (Insuasti, n.d.-a), (G. Campos & Campos, 2018)-(Hartmann et al., 2001).

En un corto período de tiempo, el estudiante debe enfrentarse a una gran cantidad de conceptos nuevos y desconocidos, lo que hace más difícil la adopción de los principios esenciales para la creación de programas informáticos (Spigariol, n.d.).

Otra dificultad en el aprendizaje de la programación son las constantes actualizaciones de los entornos de programación, debido a su alto nivel profesional, que ofrecen una gran variedad de herramientas, lo que puede resultar confuso para un estudiante que comienza con este tipo de estudios (Emilio Sánchez-García et al., n.d.). Además, los métodos de estudio inapropiados representan un gran obstáculo al intentar consolidar la lógica de pensamiento y desarrollar las habilidades cognitivas necesarias para la codificación de un programa de computadora (Emilio Sánchez-García et al., n.d.).

Las dificultades en el aprendizaje de la programación orientada a objetos generan efectos negativos, como el aumento en las tasas de reprobación y deserción. Los estudiantes son los más afectados por estas dificultades, ya que no logran

desarrollar las competencias necesarias para desempeñarse profesionalmente como programadores de sistemas, analistas o líderes de proyectos de desarrollo de software.

El desafío del aprendizaje de la programación orientada a objetos radica en que es una disciplina compleja que involucra la integración de diversos elementos, tales como el paradigma orientado a objetos, el lenguaje de programación, el entorno de desarrollo, la metodología de desarrollo, el lenguaje de modelado, los patrones de desarrollo y la lógica de programación. Como resultado, los estudiantes se enfrentan a una gran cantidad de conceptos en un corto período de tiempo, lo que dificulta su comprensión y el desarrollo de las habilidades necesarias para escribir código.

Las investigaciones que comparan el rendimiento de programadores expertos y novatos suelen enfocarse en identificar las diferencias en sus modelos mentales, con el objetivo de acelerar el proceso de aprendizaje e identificar fallos en las estrategias de resolución de problemas de los aprendices (Hartmann et al., 2001).

El hecho de que el aprendizaje de la programación computacional de forma general les resulte complejo a muchos estudiantes noveles, hace que el diseño de materiales didácticos instruccionales esto representa un reto para los docentes.

Como se ha comprobado, el aprendizaje de la programación es un tema de difícil dominio para los estudiantes universitarios que comienzan sus estudios en programas relacionados con las ciencias computacionales. Sin embargo, este problema ha cobrado mayor importancia debido al aumento en el uso de tecnologías de la información en dispositivos móviles y en la vida diaria, lo que genera la creciente necesidad de contar con más desarrolladores de software.

### 3 ESTADO DEL ARTE

#### 3.1 Paradigma de aprendizaje cognitivo

Una de las teorías enfocadas y utilizadas en el diseño de material instruccional para el aprendizaje en estudiantes es la Teoría de Carga Cognitiva (TCC), la cual muestra buenos resultados empíricos y de la cual se derivan varios efectos. Uno de los efectos de la teoría de carga cognitiva más conocidos es el efecto interactividad de elementos, esta constituye una teoría novedosa e interesante. Obtener resultados positivos en su aplicación puede tener limitaciones en su alcance, sin embargo, ello puede revertirse con la introducción de tecnologías afines. De esta forma, el efecto interactividad de elementos se ha indicado que es efectivo para reforzar estructuras de conocimiento existentes y su aplicación se recomienda para estudiantes que cuentan con un conocimiento base sobre los temas correspondientes.

En el contexto de las ciencias cognitivas, se han hecho aportaciones importantes sobre la forma en que el cerebro humano procesa la información y su efecto medible en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Toda la información no sensorial pasa por la memoria de corto plazo, y aquello que sobrepasa su capacidad provoca una “carga cognitiva” y dificulta el aprendizaje. Diseños instruccionales deficientes suelen provocar tal sobrecarga cognitiva y conllevan a la reprobación y ésta a la desmotivación, frustración y no en pocos casos a la deserción escolar.

## 4 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Tanto la enseñanza como el aprendizaje de la programación de computadores son temas de estudio de varios autores. Debido a las dificultades reportadas, se han adelantado diversas investigaciones que proponen la construcción de metodologías, técnicas y herramientas que tratan de aportar soluciones a los problemas encontrados en los dos ámbitos (Depetris et al., n.d.).

La problemática descrita es un fenómeno que se manifiesta de forma general en los estudiantes de carreras de diferentes perfiles que deben aprender a programar, lo cual trae como consecuencias la reprobación de la asignatura y peor aún, el abandono de los estudios. Ejemplos de ello se reflejan en los resultados que muestran Bennedsen & Caspersen, (2007) de una investigación que abarcó varias instituciones en diferentes partes del mundo (Estados Unidos, Australia, países de Europa y África) donde índices de reprobación y abandono en los cursos introductorios de programación representaron el 33%. En 2019, se realizó una réplica de la investigación donde se incluyeron en el estudio países de Asia y Sudamérica, los resultados obtenidos cambiaron un poco en relación con el estudio presentado en 2007, en este caso reportan el 28% en el índice de reprobación y abandono (Bennedsen & Caspersen, 2007).

Uno de los escenarios donde los estudiantes de Licenciatura de Sistemas y de Licenciatura en Informática de la Universidad Autónoma de Aguascalientes UAA, en México, enfrentan mayores dificultades, en el uso de las tecnologías en la asimilación de los conceptos básicos de la programación de computadores.

Por todo lo anterior se consideró necesario abordar el siguiente problema de investigación:

**Problema de Investigación:** ¿Cómo contribuir a mejorar los resultados en el aprendizaje de los conceptos básicos de programación de los estudiantes de las carreras de Licenciatura de Sistemas y Licenciatura en Informática de la UAA?

**Hipótesis:** Si se utiliza un material didáctico instruccional diseñado con los preceptos de la TCC y en particular ponderando el efecto de interactividad, mejorarán los resultados del aprendizaje de los conceptos básicos de programación, de los estudiantes de las carreras de Licenciatura de Sistemas e Informática de la UAA.

**Objetivo general:**

Diseñar un material didáctico instruccional fundamentado en la TCC y en el efecto de interactividad de elementos para evaluar su aplicabilidad en el contexto de la enseñanza de la programación y su efecto en el aprendizaje de los conceptos básicos de programación.

**Objetivos específicos**

1. Identificar conceptos básicos de programación a enseñar (objetivos de aprendizaje), en las carreras de Licenciatura de Sistemas y Licenciatura en Informática, con un nivel de interactividad alta.
2. Diseñar material didáctico instruccional para el aprendizaje de los conceptos básicos de programación identificados, aplicando las guías y principios instruccionales indicados en el efecto de la interactividad de elementos de la Teoría de Carga Cognitiva.
3. Aplicar el material didáctico instruccional diseñado en un pilotaje para refinar y depurar las estrategias instruccionales.
4. Valorar la efectividad del material didáctico instruccional diseñado utilizando el efecto de interactividad de elementos, para cumplir objetivos de aprendizaje de los conceptos básicos de programación.

Para guiar el proceso de investigación se formularon las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Qué problemas de aprendizaje de los conceptos básicos de programación presentan los estudiantes de las carreras de Licenciatura de Sistemas e Informática de la UAA?
2. ¿Qué teorías y tendencias sustentan el uso de materiales didácticos instruccionales con el uso de las TIC para el aprendizaje de los conceptos básicos de programación?
3. ¿Cuáles características debe tener un material didáctico instruccional para facilitar el aprendizaje de los conceptos básico de programación de los estudiantes de las carreras de Licenciatura de Sistemas e Informática de la UAA?
4. ¿Cómo diseñar un material didáctico instruccional para facilitar el aprendizaje de los conceptos básicos de programación de los estudiantes de las carreras de Licenciatura de Sistemas e Informática de la UAA considerando la TCC y el efecto de interactividad de los elementos?
5. ¿Cómo validar la efectividad en el aprendizaje de los estudiantes de los conceptos básicos de programación con el uso del material didáctico instruccional propuesto?

## 5 JUSTIFICACIÓN

La programación involucra un gran número de actividades cognitivas o de aprendizaje, como son el análisis de problema, planteamiento de posibles soluciones, diseño, codificación, pruebas y depuración hasta lograr la optimización +de esta. Todo esto requiere pensamiento lógico algorítmico, así como el conocimiento de una gran cantidad de reglas de sintaxis, lo cual puede ocasionar frustración y falta de motivación en los estudiantes [22]. Por lo que se hace necesario buscar métodos y medios de enseñanza - aprendizaje que faciliten el aprendizaje, lo hagan más ameno e interesante.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Se coincide con López- Román (2013) cuando plantea que “Existen varios factores que afectan de manera negativa el aprendizaje de la programación como lo son la complejidad de la sintaxis del lenguaje y sus conceptos, la carga cognitiva que implica el proceso de aprendizaje, el mal diseño del material instruccional y la falta de habilidades propias de los estudiantes para la resolución de problemas, todo esto se ve reflejado en altas tasas de deserción”.

A pesar de que se han identificado muchos de los factores que afectan negativamente el aprendizaje de la programación y se han realizado varios estudios mediante la creación de herramientas de apoyo, material instruccional, enfoques educativos, todo esto para el apoyo del aprendizaje de la programación; la producción de material instruccional para abordar esta problemática no sido lo suficientemente amplia y efectiva, además de que existe una marcada tendencia en un enfoque instruccional tradicional donde el enfoque es a través de ejemplos y ejercicios subsecuentes (Rosales Almendra et al., 2018)(Depetris et al., n.d.). Por tal razón se diseñó material didáctico instruccional con características diferentes ponderando la interactividad.

De acuerdo con lo anterior, se pretende trabajar en desarrollo de material didáctico instruccional para la enseñanza de conceptos de programación enfocada a estudiantes de carreras afines a las ciencias computacionales. Basando el desarrollo en una teoría de aprendizaje definida (Teoría de la Carga Cognitiva), así como en los enfoques pedagógicos del cognitivismo y el histórico- cultural, disponiendo así de una metodología de aprendizaje más concreta, que les permita a los estudiantes obtener las competencias necesarias de los conceptos de programación.

Con el diseño o elaboración de este material didáctico instruccional se pretende contribuir a mejorar el problema académico y social de reprobación en las materias de programación de las carreras de sistemas. Además, de proporcionar evidencia de la validez de los efectos de la teoría de carga cognitiva utilizados.

La introducción de las TIC en los procesos de enseñanza- aprendizaje han producido un reclamo social a los pedagogos y psicólogos, de manera que esta introducción se realice con un sustento teórico metodológico, que repercuta positivamente en el aprendizaje y no como frecuentemente ha sucedido, como una mera transmisión de tecnología, lo cual se ha convertido en un desafío para los investigadores del proceso de enseñanza - aprendizaje. Por lo que se desarrolla a continuación el siguiente capítulo.

## 6 MARCO TEÓRICO

Existen diversos enfoques o corrientes pedagógicas contemporáneas, entre ellas la escuela nueva, la pedagogía liberadora, la tendencia cognitiva, el constructivismo y el enfoque histórico-cultural. En esta tesis se hace referencia al enfoque cognitivista y al histórico-cultural por considerarse sustentos teóricos de la investigación realizada. Así como a la Teoría de la Carga Cognitiva (TCC), muy importante al diseñar materiales didácticos instruccionales para facilitar el aprendizaje.

### 6.1 Teoría de Carga Cognitiva.

La Teoría de la Carga Cognitiva (TCC) de [Haga clic o pulse aquí para escribir texto.](#) se basa en los principios de la biología evolutiva, considera que el procesamiento de información en el cerebro humano pasa por dos subsistemas: la memoria de trabajo, que tiene una capacidad muy limitada, y la memoria de largo plazo que no tiene límites. Fue desarrollada a partir de un estudio de resolución de problemas y consiste en un modelo teórico que sugiere que el aprendizaje es óptimo cuando las condiciones del mismo están alineadas con la arquitectura cognitiva.

## 6.1.1 Tipos de cargas cognitivas

### **Carga Cognitiva Intrínseca**

La carga cognitiva intrínseca refleja la complejidad natural de los materiales de aprendizaje. Para un alumno determinado y unos materiales de aprendizaje determinados, el nivel de carga cognitiva intrínseca es constante. La carga cognitiva intrínseca puede modificarse cambiando los materiales de aprendizaje o los conocimientos almacenados en la memoria a largo plazo.

Por ejemplo, si se está aprendiendo a memorizar palabras en inglés como "Manzana" y "Perro", el nivel de interactividad de elementos del material es bajo, ya que "Manzana" y "Perro" se pueden procesar individualmente y por separado sin referirse entre sí, lo que da como resultado que solo se procese un elemento a la vez en la memoria de trabajo.

En comparación con memorizar palabras en inglés, resolver una ecuación, como  $5x + 3 = 8$ , resolver para  $x$ , tiene una alta interactividad de elementos, ya que todos los elementos (5,  $x$ , +, 3, =, 8) deben procesarse simultáneamente en la memoria de trabajo para poder entender y resolver la ecuación.

### **Carga Cognitiva Extrínseca**

La carga cognitiva extrínseca está determinada por el número de elementos que interactúan y que los alumnos deben procesar simultáneamente. Sin embargo, a diferencia de la carga cognitiva intrínseca, que está determinada por la naturaleza de la información, la carga cognitiva extrínseca ***está determinada por la forma en que se presenta la información, o el diseño instructivo.***

Por ejemplo, al resolver un problema novedoso mediante el análisis de medios-fines<sup>1</sup>, quien resuelve un problema debe considerar **simultáneamente** su estado actual, el estado objetivo, las diferencias entre el estado actual del problema y el

---

<sup>1</sup> El término en inglés es "Means-ends analysis", que podría interpretarse como "prueba y error".

estado objetivo, los operadores de resolución de problemas que pueden reducir la diferencia entre los dos estados y cualquier subobjetivo que se haya establecido.

Esa carga cognitiva extrínseca puede reducirse sustancialmente presentando a los alumnos un ejemplo resuelto que elimine todos los elementos anteriores, lo que lleva al efecto del ejemplo resuelto.

### **Carga Cognitiva Pertinente**

La carga cognitiva pertinente se refiere a los recursos de la memoria de trabajo que se utilizan **para gestionar la carga cognitiva intrínseca**. Cuantos más recursos de la memoria de trabajo se dediquen a gestionar los elementos que interactúan y que conducen a la carga cognitiva intrínseca, y menos se dediquen a los elementos que interactúan y que conducen a la carga cognitiva extrínseca, mayor será la carga cognitiva pertinente. Contribuye directamente al desarrollo de estructuras cognitivas por parte del alumno que aumentan el rendimiento.

Por ejemplo, cuando los requisitos intrínsecos de la tarea (que dan lugar a una carga cognitiva intrínseca) dejan suficientes recursos cognitivos disponibles, los alumnos pueden "invertir un esfuerzo adicional en procesos que son directamente relevantes para el aprendizaje, como la construcción de esquemas".

Estos procesos también aumentan la carga cognitiva, pero se trata de una carga cognitiva pertinente que contribuye al aprendizaje, en lugar de interferir en él.

La carga cognitiva pertinente se impone añadiendo procesos cognitivos de nivel superior a la mera activación simultánea de elementos en la memoria de trabajo; estos procesos integran los elementos en un esquema.

En el caso del aprendizaje a partir de ejemplos resueltos, la carga cognitiva pertinente puede imponerse al alumno mediante actividades cognitivamente exigentes como la comparación de ejemplos y la elaboración de ejemplos.

## 6.1.2 Memorias de trabajo y largo plazo

La teoría de carga cognitiva se basa en una arquitectura cognitiva humana que distingue entre dos tipos de memoria: memoria de trabajo (o de corto plazo) y memoria de largo plazo (Sweller et.al., 1988).

### **Características de la Memoria de Trabajo o de corto plazo**

- Capacidad Limitada: La memoria de trabajo tiene una capacidad muy limitada tanto en la cantidad de elementos que puede procesar como en la duración en la que puede retener la información.
  - Puede procesar un número limitado de elementos discretos de forma simultánea.
  - Se ha sugerido que la memoria de trabajo puede manejar un máximo de nueve elementos a la vez.
  - La duración de la información en la memoria de trabajo es muy corta (en diversos estudios, se ha medido su duración entre 7 y 40 segundos), desapareciendo rápidamente si no se repasa.
- Procesamiento de nueva información: La memoria de trabajo se utiliza principalmente para procesar información novedosa.
- Influencia en el aprendizaje: Las limitaciones de la memoria de trabajo tienen implicaciones importantes para la instrucción y el aprendizaje, ya que, si se sobrecarga con demasiada información nueva, el aprendizaje se ve afectado.

### **Características de la Memoria a Largo Plazo**

- Capacidad Ilimitada: La memoria a largo plazo, en contraste con la memoria de trabajo, tiene una capacidad de almacenamiento ilimitada.
- Almacenamiento de Esquemas: La información en la memoria a largo plazo se almacena principalmente en forma de esquemas.
  - Estos esquemas son estructuras de conocimiento que permiten organizar múltiples elementos de información como una sola unidad.

- Facilitan el procesamiento de grandes cantidades de información sin sobrecargar la memoria de trabajo.
- Adquisición de Esquemas: La adquisición de esquemas en la memoria a largo plazo es el objetivo principal de la instrucción.
- Influencia en la Interactividad de Elementos: Los esquemas almacenados en la memoria a largo plazo pueden reducir la interactividad de elementos de una tarea, haciendo que la información sea más fácil de procesar.
  - Por ejemplo, una persona con experiencia en álgebra puede ver una ecuación algebraica como un solo elemento, mientras que un principiante la percibiría como múltiples elementos interactivos.

### 6.1.3 Relación entre la Memoria de Trabajo y la Memoria a Largo Plazo

La memoria de trabajo y la memoria a largo plazo trabajan juntas durante el proceso de aprendizaje. La información nueva se procesa primero en la memoria de trabajo y, si se codifica correctamente, se transfiere a la memoria a largo plazo para su almacenamiento a largo plazo. Una vez que la información se almacena como un esquema en la memoria a largo plazo, se puede recuperar a la memoria de trabajo para guiar el comportamiento y facilitar el procesamiento de información nueva relacionada.

La teoría de carga cognitiva busca optimizar el proceso de aprendizaje mediante la gestión de la carga impuesta a la memoria de trabajo. Al minimizar la carga cognitiva extrínseca y optimizar la carga cognitiva pertinente, se liberan recursos de la memoria de trabajo que pueden dedicarse a la construcción de esquemas y su almacenamiento en la memoria a largo plazo.

#### 6.1.4 El efecto de interactividad de elementos.

La teoría de carga cognitiva utiliza la interactividad de elementos para categorizar la carga cognitiva. La interactividad de elementos se refiere al grado de conexión intrínseca entre varios elementos, lo que requiere que se procesen simultáneamente en la memoria de trabajo para su comprensión. Los elementos que no interactúan se pueden procesar individualmente y por separado sin referencia entre sí. El grado de interacción entre los elementos determina la interactividad de los elementos. La interactividad de elementos alta cuando se deben procesar simultáneamente más elementos de los que puede manejar la memoria de trabajo.

La carga cognitiva intrínseca viene determinada por el nivel de interactividad entre los elementos esenciales de la información. Cuando la interactividad de elementos es baja, el uso de un diseño instruccional que provoque una alta carga extrínseca puede no interferir con el aprendizaje (Jhon Sweller, n.d.; Sweller & Chlander, 1994) (Sweller et al., 2011). En el caso en que el nivel de interactividad entre elementos esenciales de información es alto, añadir más interactividad de elementos asociada a una alta carga cognitiva ajena debida a un diseño instruccional no óptimo puede resultar en una carga total muy superior a la capacidad de la memoria de trabajo, lo cual afectaría el aprendizaje (ver Figura 1).

Cuando la interactividad del elemento que conduce a una carga cognitiva intrínseca es baja, cualquier interactividad adicional del elemento debida a una carga cognitiva ajena puede ser irrelevante si la carga cognitiva total está dentro de los límites de la capacidad de la memoria de trabajo. La mayoría de los efectos de la carga cognitiva se manifiestan cuando existe una elevada carga cognitiva intrínseca que conduzca al efecto de interactividad de los elementos, de ahí la importancia de conocer a cerca de este aspecto en el diseño de materiales didácticos instruccionales.

Cuando la carga cognitiva total, compuesta por la carga cognitiva intrínseca y la extrínseca, no supera los recursos de la memoria de trabajo existen condiciones para que el aprendizaje sea eficaz y pasa a ser parte de la CCI.

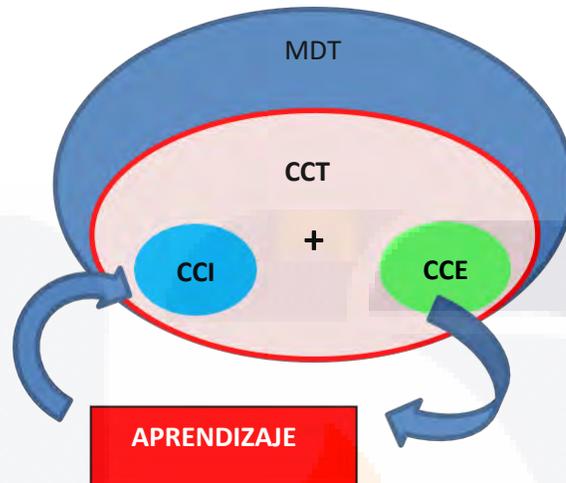


Figura 1. Relación entre la carga cognitiva total (CCT) y la memoria de trabajo (MDT) para condicionar el aprendizaje. Original del autor

La aplicación de estrategias de aprendizaje dirigidas a reducir la Carga Cognitiva Extrínseca es más importante cuando la carga intrínseca es alta.

Si la carga cognitiva intrínseca es baja, es posible que una carga cognitiva externa alta no inhiba el aprendizaje porque la carga cognitiva total puede estar en el rango de capacidad disponible de la memoria de trabajo. Por lo tanto, para condiciones de instrucción con una carga cognitiva intrínseca baja, optimizar el diseño de la instrucción puede no ser tan importante como para situaciones con una carga cognitiva intrínseca alta.

La carga cognitiva intrínseca está determinada por el grado de interactividad entre elementos esenciales de la información. Si la interactividad de elementos es baja, el uso de un diseño instruccional que provoque una alta carga extrínseca puede no interferir con el aprendizaje. También, si el nivel de interactividad entre elementos esenciales de información es alto, añadir más

interactividad de elementos asociada a una alta carga cognitiva ajena debida a un diseño instruccional no óptimo puede resultar en una carga total muy superior a la capacidad de la memoria de trabajo, lo cual no favorece el aprendizaje. En un contexto de alta carga cognitiva intrínseca, la optimización de los diseños didácticos instruccionales es determinante en el aprendizaje.

La medida en que los estudiantes comprendan las instrucciones dependerá del grado de interactividad de los elementos. Según aumentan los niveles de interactividad de los elementos, aumenta la dificultad de comprensión, ya que hay que procesar más información simultáneamente en la memoria de trabajo. Cuando la cantidad de elementos a procesar supera la capacidad de la memoria de trabajo, el material no podrá comprenderse hasta que algunos de los elementos se hayan incorporado a esquemas que puedan tratarse como un único elemento.

Un esquema es una agrupación o clasificación de diferentes elementos de información en una sola unidad, los cuales son almacenados en la memoria de largo plazo (Sweller et al., 2011), esta agrupación facilita a la memoria de trabajo su utilización cuando la información es requerida (Andrade-Lotero, 2012), pero aún con la agrupación de esquemas de información almacenados en la memoria de largo plazo, cuando estos esquemas son recientes o nuevos, la memoria de trabajo aún necesita un esfuerzo consciente y destinar recursos cognitivos para su utilización.

Los elementos asociados con una alta carga cognitiva extrínseca (CCE) y los elementos asociados con una alta carga cognitiva intrínseca (CCI) pueden exceder la capacidad de la memoria de trabajo. En esta situación, la reducción de la interactividad de los elementos asociados a la carga extrínseca mediante la aplicación de las medidas cognitivas apropiadas puede reducir la capacidad de la memoria de trabajo.

Con base en lo anterior, puede identificarse que el contexto de la enseñanza de la programación es un dominio de conocimiento claramente marcado por una alta interactividad de elementos, en donde la codificación de un programa, aún los más sencillos, requiere de el procesamiento simultáneo de varios elementos. Por ejemplo (ver Figura 2), la utilización de una condición -que es una estructura de control fundamental- requiere del concepto de “expresión lógica”, que a su vez se compone de “operadores y operandos” y a su vez tal expresión lógica puede regresar un valor “booleano” (falso o verdadero). Los operandos pueden a su vez ser “variables”, las cuales tienen un tipo de dato.

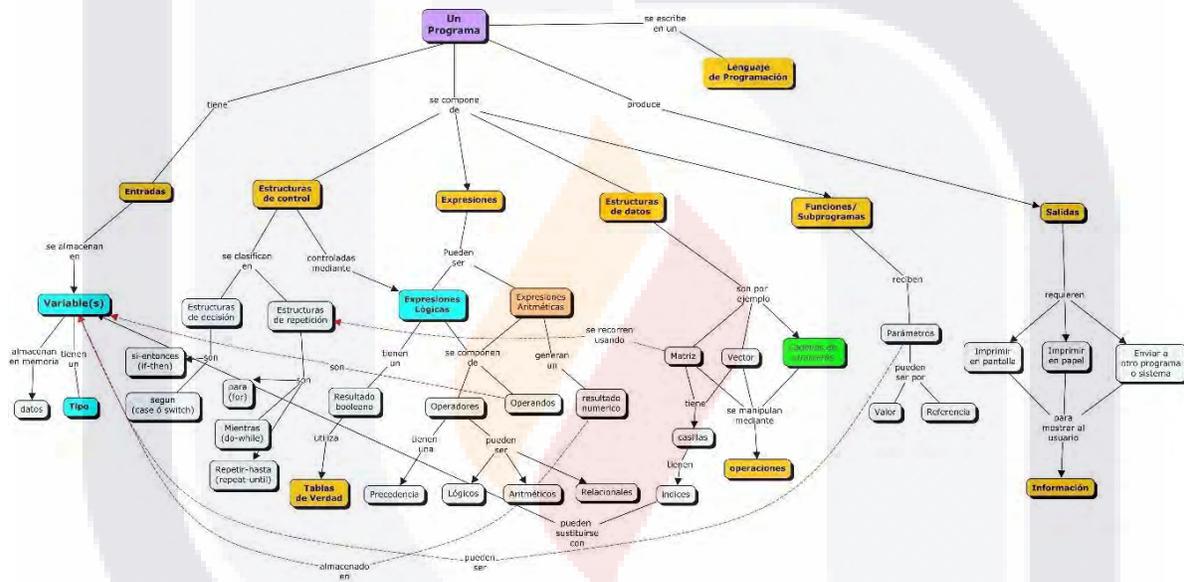


Figura 2. Interactividad de elementos de un programa de computadora (Autor, Carlos Arévalo Mercado, 2024)

### 6.1.5 Estrategias instruccionales para reducir la interactividad de elementos.

La literatura sobre la teoría de carga cognitiva proporciona una variedad de estrategias instruccionales que pueden utilizarse para reducir la interactividad de elementos y, por lo tanto, la carga cognitiva intrínseca. Estas estrategias buscan facilitar el aprendizaje al descomponer la información compleja en unidades más manejables para la memoria de trabajo.

A continuación, se presenta una síntesis de las estrategias instruccionales recomendadas:

- **Pre-entrenamiento:** Esta estrategia consiste en presentar material instruccional introductorio para establecer las conexiones relevantes en la memoria a largo plazo **antes** de presentar el material clave. El objetivo es que el alumno no tenga que buscar relaciones entre elementos mediante ensayo y error, sino que pueda utilizar las relaciones ya almacenadas para procesar la información, reduciendo así la carga en la memoria de trabajo (Malliarakis et al., 2014; Troyano et al., n.d.) (Mathieu, 2014a). Un ejemplo de esto sería introducir los conceptos básicos de variables y estructuras de control antes de enseñar a escribir un programa completo.
- **Enfoque en subobjetivos y autoexplicación:** Dividir la tarea en subobjetivos más pequeños puede ayudar a los alumnos a comprender mejor la estructura del problema y a transferir el conocimiento adquirido a nuevas situaciones (Mathieu, 2014a; Rosales Almendra et al., 2018). Se recomienda utilizar "pistas" o etiquetas para indicar a los estudiantes qué pasos se pueden agrupar. Esto los anima a **autoexplicarse** el propósito de cada paso y la razón por la que se agrupan, lo que facilita la integración de la información con el conocimiento previo (Jiménez-Toledo et al., 2019; Rosales Almendra et al., 2018). Por ejemplo, al enseñar a resolver una ecuación algebraica, se pueden identificar subobjetivos como "simplificar la expresión", "aislar la variable" y "comprobar la solución".
- **Presentar la información declarativa y procedimental por separado:** La información declarativa se refiere al conocimiento sobre el problema, mientras que la información procedimental se centra en los pasos para resolverlo. Presentar ambos tipos de información al mismo tiempo puede sobrecargar la memoria de trabajo (Depetris et al., n.d.). Se sugiere **postergar la presentación de la información procedimental**, permitiendo que la memoria de trabajo se dedique a la elaboración de la nueva información declarativa (Depetris et al., n.d.). Un ejemplo sería enseñar

primero los conceptos teóricos de un algoritmo antes de mostrar su implementación en código.

- **Reducir la carga cognitiva intrínseca en los ejemplos resueltos:** Los ejemplos resueltos tradicionales, que se asemejan a "recetas", pueden ser abrumadores para los novatos (Insuasti, n.d.-a; Reguera et al., n.d.). Un enfoque **modular**, que descompone el procedimiento de solución en elementos significativos que se pueden entender por separado, puede reducir la carga cognitiva intrínseca (Muñoz, n.d.). En lugar de presentar fórmulas complejas, se pueden mostrar los pasos individuales y su relación con las características del problema.
- **Combinar con el efecto de elementos aislados:** Esta estrategia implica separar o eliminar algunos de los elementos que interactúan en la tarea, creando una secuencia de elementos aislados que se pueden procesar y aprender por separado (Carbone et al., 2009; Felder & Brent, 2005). Una vez que los alumnos dominan los elementos aislados, se les puede presentar la tarea completa. Por ejemplo, se podría enseñar primero a declarar variables, luego a utilizar operadores aritméticos y finalmente a combinar ambos elementos para crear expresiones matemáticas en un programa.
- **Combinar con el efecto de variabilidad:** Presentar ejemplos resueltos con mayor variabilidad en sus características superficiales puede ayudar a los estudiantes a diferenciar mejor las características relevantes de las irrelevantes (Casas & Vanoli, n.d.). Esto mejora la transferencia del conocimiento a nuevas situaciones. Por ejemplo, al enseñar un algoritmo de ordenamiento, se pueden mostrar ejemplos con diferentes tipos de datos y tamaños de entrada.

Es importante destacar que la elección de la estrategia instruccional más adecuada dependerá del tema que se esté enseñando y del nivel de experiencia de los alumnos (Ortega et al., 2017; Silva-Maceda et al., 2016). En general, las estrategias que reducen la interactividad de elementos son más efectivas para los estudiantes novatos, ya que su memoria de trabajo es más susceptible a la sobrecarga (Bennedsen & Caspersen, n.d.; Bowen et al., n.d.).

#### 6.1.6 Relación de la interactividad de elementos con otros efectos.

Se considera que la mayoría de los efectos de la carga cognitiva se deben a la reducción de la carga cognitiva extrínseca. El efecto de interactividad de los elementos indica que la carga cognitiva intrínseca es inevitablemente igual de importante para determinar la carga cognitiva total y para determinar la eficacia de las operaciones instructivas que se realicen con el objetivo de reducir la carga cognitiva extrínseca.

#### 6.1.7 Relación con el efecto de atención dividida y el efecto de redundancia

A continuación, se presenta, mediante ejemplos, una síntesis de la relación existente entre el efecto de interactividad de los elementos y los efectos de atención dividida o redundancia, de la modalidad, de la inversión de la experiencia, y de la Imaginación, los cuales en opinión del autor son los más afines a ser considerados en el diseño del material didáctico instruccional que se propone.

Son efectos negativos al aprendizaje, se presenta cuando se ofrece al estudiante simultáneamente fuentes de información que pueden ser comprendidas por separado.

(Jhon Sweller, n.d.; Sweller & Chlander, 1994; Sweller et al., 1998), en sus experimentos comprobaron los efectos de atención dividida o redundancia asociados al aprendizaje de aplicaciones informáticas utilizando manuales y ordenadores. Cuando se utilizan ambos en el proceso de instrucción, pueden producirse efectos de atención dividida o redundancia. El efecto de atención dividida y el de redundancia sólo se obtuvo en áreas en las que el material didáctico implicaba un alto nivel de interactividad de los elementos.

Si un video presenta la misma información en audio y en textos simultáneamente (efecto atención dividida o de redundancia) se demandan de

más recursos cognitivos, lo cual disminuye la capacidad para procesar la información esencial que debe ser aprendida.

El efecto de atención dividida es perjudicial y se produce cuando dos o más recursos de información que deben ser comprendidos de forma integrada, están separados espacial o temporalmente dividiendo la atención del estudiante innecesariamente.

Reducir el número de elementos interactivos asociados a la carga cognitiva ajena mediante la integración de fuentes de información relacionadas o la eliminación de información redundante puede reducir la carga de la memoria de trabajo a niveles manejables. Lo cual debe repercutir favorablemente en el aprendizaje de los estudiantes.

Según Marcus et al., (1996) “Es posible presentar la misma información de una forma que altere la interactividad de los elementos modificando el grado en que se utilizan los esquemas preexistentes para procesar los elementos necesarios. Si se puede utilizar un esquema para incorporar elementos interactivos, se puede reducir la carga de la memoria de trabajo”.

Bandi-Rao, n.d.; Marcus et al., (1996) demostraron que cuanto mayor era la cantidad de elementos interactivos, mayor era la carga cognitiva y más difícil comprender la información; también que el uso de diagramas reducía la carga cognitiva y mejoraba la comprensión en comparación con la misma información presentada en forma textual.

Estos experimentos establecieron claramente las relaciones entre la carga cognitiva, la interactividad de los elementos y la comprensión.

#### 6.1.8 Relación con el efecto de modalidad

Sweller y Chlander, (1994) en sus estudios experimentales aportaron pruebas interesantes acerca de la importancia de la interactividad de los elementos en la obtención del efecto de modalidad. Los materiales de modalidad dual en los que

se proporcionaban diagramas o tablas de cableado con explicaciones textuales narradas fueron más favorecidos con respecto a los formatos de modalidad única, en los que se proporcionaban diagramas o tablas con explicaciones textuales impresas. Estos efectos fueron exclusivos en materiales instructivos con altos niveles de interactividad de los elementos. No hubo diferencias en los resultados entre el texto oral y el escrito en el caso de las instrucciones con poca interactividad de los elementos.

Los resultados de los ítems de las pruebas, las escalas de valoración subjetiva y las medidas de eficacia instructiva indicaron fuertes efectos de modalidad para los materiales con altos niveles de interactividad.

O'Neil, (n.d.); Zi, (n.d.) demostraron que la retroalimentación textual audiovisual complementaria mejoró significativamente la comprensión del contenido y las puntuaciones de comunicación de los alumnos en comparación con el texto sólo visual. Los resultados de este experimento demostraron las ventajas de presentar el material didáctico en formato integrado o audiovisual.

También, se ha demostrado que el aprendizaje mejora cuando se presenta la información verbal de forma hablada acompañada con imágenes relacionadas, es decir, que no pueden ser comprendidas por separado.

#### 6.1.9 Relación con el efecto de la inversión de la experiencia

El efecto de la inversión de la experiencia es perjudicial para el aprendizaje y ocurre cuando se enseña a estudiantes avanzados con material que es adecuado para los principiantes. Así los ejemplos resueltos son factibles para los novatos, pero en los estudiantes avanzados, producen en ellos igual o incluso bajo aprendizaje comparado con los novatos.

El efecto de la interactividad de los elementos interactúa con el efecto de inversión de la experiencia. Es conocido que los niveles de interactividad de los elementos dependen de los niveles de pericia, por lo que a medida que aumenta

la experiencia, los elementos interactivos se incorporan a los esquemas y pueden tratarse como elementos individuales. Como consecuencia, la interactividad de los elementos se convierte en un problema menor a medida que aumenta la experiencia.

Existe una relación evidente entre estos dos efectos, ya que los niveles de interactividad de los elementos que producen una carga cognitiva intrínseca son siempre relativos a los niveles de experiencia del alumno.

En consecuencia, se espera que los niveles más bajos de interactividad de elementos asociados con la carga cognitiva intrínseca tengan consecuencias similares a los niveles más altos de experiencia del alumno.

Las tareas de aprendizaje que reflejaban niveles relativamente altos de interactividad de elementos se vuelven bajas en interactividad de elementos a medida que aumenta la pericia. Los niveles más bajos de interactividad de elementos asociados con la carga cognitiva intrínseca debido al aumento de la pericia permiten manejar niveles más altos de carga cognitiva ajena sin sobrecargar la memoria de trabajo.

#### 6.1.10 Relación con el efecto de Imaginación

Este efecto favorece el aprendizaje y tiene lugar cuando se solicita a los estudiantes que imaginen o repasen mentalmente una información aprendida previamente.

(Sweller, 1999) en experimentos realizados con alumnos del nivel primario, llegaron a concluir que la ventaja de estudiar ejemplos trabajados disminuía con respecto a la de imaginar ejemplos. De acuerdo con los efectos de inversión de la imaginación y la pericia, a medida que aumentaba la carga cognitiva intrínseca impuesta por los materiales de aprendizaje, también aumentaba la interacción entre estos métodos instructivos y los niveles de pericia del alumno. Tanto los efectos de la imaginación como los de los ejemplos trabajados fueron

mayores en los materiales con niveles más altos de interactividad de los elementos.

## 6.2 Consideraciones generales acerca de la teoría de carga cognitiva

En resumen, con base en los resultados empíricos en diversas áreas de conocimiento, pueden describirse los siguientes principios y guías instruccionales tomadas de la teoría de carga cognitiva.

- Los estudiantes con niveles más altos de conocimientos previos pueden utilizar esquemas de organización y vinculación del entorno suficientemente desarrollados, o esquemas parciales, que les permiten enfrentarse a altos niveles de interactividad de los elementos.
- Los estudiantes con niveles más altos de conocimientos previos pueden utilizar el principio de organización y vinculación del entorno que les permiten enfrentarse a altos niveles de interactividad de los elementos
- Una metodología de tarea parcial reduce la carga cognitiva intrínseca porque contiene menos elementos interactivos que una tarea completa.
- Un enfoque de tarea parcial puede no ser eficaz para entornos de aprendizaje complejos que requieren la integración de una serie de habilidades, conocimientos y actitudes
- Es conveniente presentar al inicio tareas completas en un formato simplificado (carga intrínseca reducida) y luego pasar a la complejidad total.
- La presentación inicial de tareas parciales ayuda a consolidar procedimientos o reglas, que pueden aplicarse a tareas completas en una fase posterior
- Para los estudiantes con escasos conocimientos previos, el uso inicial de la estrategia de elementos aislados resultó más eficaz que el uso inicial del enfoque de elementos totalmente interactivos. En cambio, en el caso de los alumnos con altos niveles de conocimientos previos, no se observaron diferencias entre ambos enfoques

- La carga cognitiva intrínseca debe optimizarse en lugar de reducirse. Si la carga cognitiva intrínseca supera la capacidad de la memoria de trabajo, el aprendizaje y la resolución de problemas no serán los deseados.
- Si la carga cognitiva intrínseca requiere menos recursos cognitivos que los disponibles en la memoria de trabajo y se puede aumentar el número de elementos interactivos relevantes para la tarea, el aprendizaje mejorará al aumentar la carga cognitiva intrínseca.
- La interactividad de los elementos y la carga cognitiva intrínseca aumentan con el incremento de la variabilidad. Se requiere recursos adicionales de la memoria de trabajo dedicados a tratar esta mayor carga intrínseca
- Al reducirse la carga intrínseca, los alumnos son más capaces de comprender y aprender los materiales, así como de desarrollar esquemas parciales, lo que les permite progresar a tareas completas.
- Si la interactividad de los elementos es baja, el aprendizaje puede verse facilitado al aumentar la carga cognitiva intrínseca por el incremento de la variabilidad.
- Pueden alcanzarse niveles óptimos de interactividad de los elementos aumentando la variabilidad de los ejemplos
- El uso de diagramas reduce la carga cognitiva y mejora la comprensión en comparación con la misma información presentada en forma textual.
- La disminución de la carga cognitiva intrínseca se consiguió normalmente mediante una secuencia de procesamiento de simple a complejo.
- El aumento de la cognición intrínseca se consiguió aumentando la variabilidad de los ejemplos.
- La carga CCI sólo puede alterarse cambiando la naturaleza de la tarea y la naturaleza de lo que esperamos que aprendan los alumnos (objetivos de aprendizaje).
- Al aumentar la variabilidad de los ejemplos, se puede optimizar la interactividad de los elementos y la CCI, utilizando al máximo la capacidad de la memoria de trabajo. Se produce así un aumento del aprendizaje.

- Cuando la memoria de trabajo se dedica, a realizar búsquedas ineficaces mediante el principio de la aleatoriedad como génesis, a retener información mientras intenta procesar otra o a integrar información redundante, sus limitados recursos se consumen en procesos que no fomentan la adquisición de esquemas
- La atención dividida y la redundancia son dos elementos que afectan el aprendizaje
- La transitoriedad introducida en forma de discurso o animación puede reducir sustancialmente el aprendizaje en comparación con formas permanentes de comunicación como la información escrita o los gráficos estáticos.
- La instrucción debe estructurarse de modo que se reduzca la alta interactividad asociada a la información redundante o de fuente dividida para garantizar el funcionamiento óptimo de la memoria de trabajo y la transferencia de información a la memoria a largo plazo.
- La atención dividida y la interactividad de los elementos puede reducirse integrando varias fuentes de información en una sola.
- Con el uso de las TIC la información permanente puede convertirse en transitoria (información escrita en hablada), efecto de modalidad. La información gráfica estática puede transformarse en información animada. Los gráficos estáticos son permanentes, mientras que la animación es transitoria.
- La información auditiva y visual puede tener un efecto positivo en el aprendizaje.
- Los diseñadores de materiales didácticos instruccionales deberán ser cuidadosos con la introducción de la transitoriedad como parte de la tecnología educativa. El solo hecho de existencia de una herramienta tecnológica jamás es motivo suficiente para introducirla en el proceso de enseñanza- aprendizaje.
- Los resultados del aprendizaje de los estudiantes están relacionados con el diseño instruccional que deberá considerar la CCI, CCE, y la memoria de trabajo de éstos, evitando la carga cognitiva ajena y para ello se hace

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

necesario diseños instruccionales flexibles acordes con el diagnóstico que se debe tener de los aprendices.

- El acervo de conocimientos ha aumentado y continúa aumentando exponencialmente, pero deben elegirse diseños que reduzcan una carga cognitiva innecesaria.



## 7 METODOLOGÍA

Con base en los principios del efecto de interactividad de elementos y en las estrategias didácticas para reducir la interactividad mencionadas en el capítulo anterior, se diseñaron actividades y material didáctico para fines de evaluar tanto aplicabilidad de tales principios a la enseñanza de la programación, como su efectividad en el aprendizaje.

### 7.1 Diseño de la solución.

Se seleccionó el tema de “manejo de cadenas de caracteres”, que es un tema incluido en el plan de estudios de la materia de “Programación Estructurada” de las carreras de Lic. en Informática e Ing. en Sistemas Computacionales y que se presta, precisamente por su alta interactividad de elementos, a la aplicación del efecto. De tal forma, el material instruccional utilizado tuvo las siguientes características.

#### 7.1.1 Preentrenamiento y uso de ejemplos resueltos.

Se utilizaron 4 videos (Figura 3), de los cuales el primero explica en formato de “ejemplo resuelto” los conceptos de “cadena” “longitud”, “índice”, y “fin de línea”, en el Lenguaje de programación C, a manera de antecedente del tema de manejo de cadenas de caracteres. En el contexto del efecto de interactividad de elementos, la presentación de estos videos tiene que ver con dos estrategias instruccionales: “El preentrenamiento, y la “separación de conocimiento declarativo y procedural”, de tal suerte que los alumnos tuviesen la noción previa del concepto de cadena, y propiedades tales como el “carácter nulo” ('\0') y el recorrido de letras de la cadena tal como su fuesen las casillas de un vector.

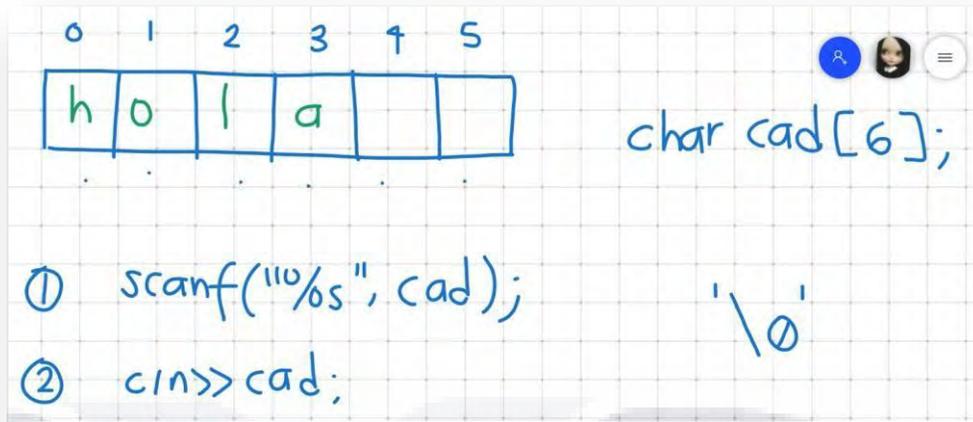


Figura 3. Ejemplo resuelto en video para el ejercicio “comparar cadenas”

Los 3 videos restantes mostraron el conocimiento “procedural” sobre cómo llevar a cabo las operaciones de “comparar”, “invertir” y “copiar” cadenas de caracteres. Relacionado con la teoría acerca de las estrategias de reducción de interactividad de elementos, se procuró que estos videos fuesen de tipo “modular”: esto es, que fuesen mayormente “autocontenidos”, en el sentido de no incluir funciones, operadores o instrucciones no vistos previamente.

#### 7.1.2 Presentación por subobjetivos.

En general, por la naturaleza algorítmica de los ejercicios básicos de programación, todo programa puede dividirse, al menos, en tres partes: “entrada”, “proceso” y “salida”. De tal suerte, pueden identificarse ciertos grupos de tareas que pueden transferirse como un solo esquema mental a la memoria de largo plazo por medio de la repetición, tales como “declarar variables”, “capturar cadena original”, que tienen sus correspondientes instrucciones en el lenguaje de programación, en este caso, Lenguaje C. (ver Figura 4)

Por ejemplo, declarar dos cadenas de caracteres se traduce a:

```
char cadenaUno[50], cadenados[50];
```

Capturar una cadena se traduce a las instrucciones:

```
printf("Capture la cadena uno:");
scanf("%s",&cadenaUno);
```

Declarar una "variable de control" que se sabe se usará en un ciclo en un paso posterior para recorrer las casillas de las cadenas, se declara como:

```
Int i=0;
```

De tal forma, las cuatro instrucciones anteriores, pueden entenderse como un solo esquema mental o grupo de pasos llamado "declarar variables" y "capturar entrada"

**Ejercicio copiar cadenas.**

Desarrollar un programa que, dada una cadena de caracteres, realice una copia exacta en una segunda cadena sin utilizar las funciones de la librería `<string.h>`

**Subobjetivo 1: Declarar variables.**  
 Declare dos variables (`cadUno` y `cadDos`) de tipo `char` de 50 espacios cada una. En una de ellas se guardará una cadena capturada por el usuario y en la otra se guardará la copia de la primera. Declare una variable de control 'i' para usar en un ciclo 'for' en el paso 3.

**Subobjetivo 2: Lectura de la Cadena Original**  
 Solicite al usuario que ingrese una cadena de caracteres y guárdela en la variable `cadUno`. Use `printf` y `scanf`.

**Subobjetivo 3: (opción a): Copiar la Cadena en una Nueva Variable**  
 Cree un ciclo que inicie en cero y que se ejecute hasta se encuentre la casilla con el carácter nulo ("0") en la cadena `cadUno`. La variable de control `i` del ciclo debe incrementarse de uno en uno, para que permita recorrer las casillas de la cadena original.

Dentro del ciclo, guarde en la casilla (i) de `cadDos`, la casilla (i) de `cadUno`. Al salir del ciclo, asegure de agregar el carácter nulo a la última casilla de `cadDos`. Puede usar el último valor de la variable de control 'i' para acceder a la última casilla de la `cadDos`.

**Subobjetivo 4: Muestre la Cadena original y su copia**  
 Imprima `cadUno` y `cadDos` para verificar que la operación de copia fue exitosa. Use `printf` para mostrar las dos cadenas.

Figura 4. Ejemplo de problema con subobjetivos (copiar cadenas)

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Con la presentación de problemas en formato de subobjetivos, se aplicó una de las estrategias didácticas sugeridas, que busca reducir la interactividad de elementos al separar y agrupar por pasos, secciones de un problema que “van juntos”.

### 7.1.3 Autoexplicación.

La tercera estrategia instruccional aplicada en el diseño del estudio piloto fue solicitar a los alumnos “auto explicar” la solución enviada, en formato de audio, tanto por reforzar la creación de esquemas, como para entender la razón de la agrupación de pasos. Estos archivos de audio fueron opcionales, y representan datos que pueden ser analizados posteriormente como protocolos verbales para identificar -adicionalmente- habilidades metacognitivas en ciertos participantes.

## 7.2 Diseño experimental.

Para el logro de los objetivos específicos 2, 3 y 4 de la presente tesis (diseñar material didáctico basado en el efecto de interactividad de elementos, aplicar el material diseñado a un estudio piloto y valorar su efectividad en el aprendizaje), se optó por un diseño cuasi experimental aleatorizado, con un grupo de 1er. semestre de la carrera de Licenciatura en Informática. El grupo se dividió aleatoriamente en un grupo experimental (n=22) y un grupo de control (n=19). Se controló la variable “experiencia previa” colocando una parte porcentual semejante (20%) igual en ambos grupos de participantes. El instructor fue el mismo para ambos grupos.

La medición fue de tipo pre-post, en donde la medición “pre” correspondió a tres ejercicios (ver Figura 5) del tema de arreglos y cadenas usando la librería <string.h> y la medición post, (Figura 6) se realizó con tres reactivos de manejo de cadenas de caracteres sin usar la librería <string.h>, en el examen final del semestre. Las calificaciones se registraron en una escala de 1 a 10.

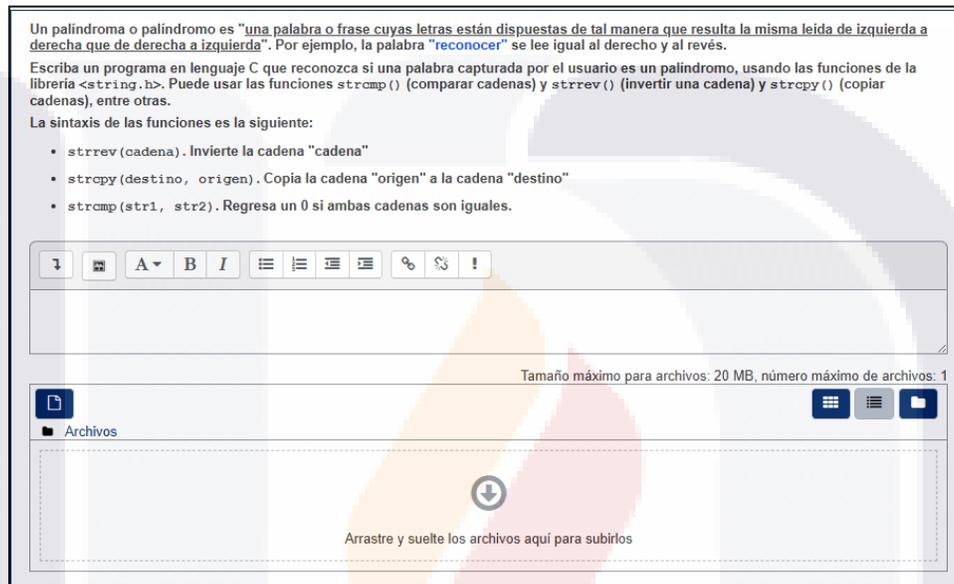


Figura 5. Ejemplo de reactivo de manipulación de cadenas en medición “pre” del estudio piloto

Desarrollar una función que reciba una cadena de caracteres y devuelva el número de vocales que contiene. No usar funciones de la librería <string.h>

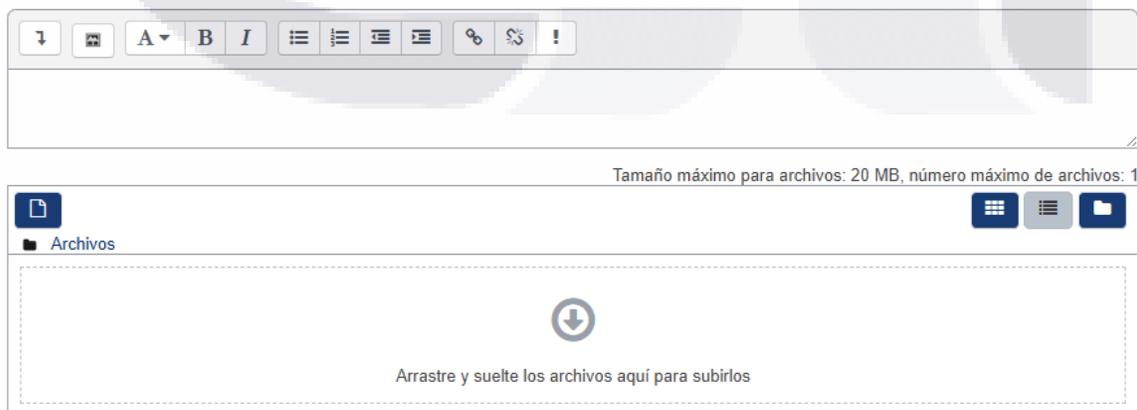


Figura 6. Ejemplo de reactivo de manipulación de cadenas en medición “post” del estudio piloto

De tal suerte, el grupo experimental, previo a la aplicación de la medición post (tercer parcial), a manera de tratamiento realizó 4 ejercicios dentro del laboratorio en el lapso de una semana con las características indicadas en esta sección (preentrenamiento, subobjetivos y autoexplicación) y el grupo de control realizó los ejercicios de la manera tradicional, es decir, solo con el texto del planteamiento del problema.

## 8 RESULTADOS

En esta sección se presentan los hallazgos obtenidos tras la aplicación de la prueba piloto utilizando material didáctico instruccional diseñado con base en la Teoría de Carga Cognitiva (TCC) y el efecto de interactividad de elementos. Como tal, los resultados sirven para cubrir el objetivo específico 4 de esta tesis, que consiste en evaluar la efectividad del material en el aprendizaje de conceptos básicos de programación para estudiantes de las carreras de Licenciatura de Sistemas Computacionales y Licenciatura en Informática y Tecnologías Computacionales, programas adscritos al Centro de Ciencias Básicas de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

A continuación, se exponen los datos cuantitativos recopilados durante el estudio, que permiten analizar el impacto del material didáctico en el rendimiento académico y la comprensión de los conceptos de programación por parte de los estudiantes.

### 8.1 Estadística descriptiva

La ***¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.*** ofrece datos importantes sobre los resultados de muestras relacionadas, se pueden interpretar los siguientes hallazgos significativos.

Tabla 1. Estadísticos de muestra relacionadas

**Estadísticos de muestras relacionadas**

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	PreExp	7.3141	22	1.51415	.32282
	PostExp	9.0477	22	1.48829	.31730
Par 2	PreCtrl	7.5053	19	1.80305	.41365
	PostCtrl	9.0437	19	1.44073	.33053

Para el Grupo Experimental (Par 1) en el que participaron 22 unidades de análisis (n=22), la media antes de la experimentación PreExp = 7.3141 aumentó significativamente después de la misma PostExp = 9.0477), lo que se traduce en una mejora de 1.7336 puntos en el rendimiento después de la intervención con el material didáctico instruccional. Además, se observó una ligera disminución en la desviación estándar desde el periodo previo a la intervención (PreExp = 1,51415) hasta después de esta misma (PostExp = 1,48829), indicando una mayor homogeneidad en las calificaciones tras la intervención.

En el caso del Grupo de control (Par 2), donde participaron 19 estudiantes (n = 19), la media del PreCtrl (7,5053) también aumentó en el PostCtrl (9 ,0437), experimentando una mejora de 15384 puntos y su desviación estándar disminuyó notablemente de PreCtrl (180305) a PostCtrl (144073), lo que sugiere que las puntuaciones finales fueron más coherentes.

Es destacable que en el caso específico del error promedio común para ambos conjuntos disminuyó tras la intervención lo cual indica una mayor exactitud en las mediciones posteriores a la intervención.

## 8.2 Pruebas de muestras relacionadas

En la Tabla 2 se presentan hallazgos importantes para ambos grupos. En el caso del Grupo Experimental (Par1), se observa que 1) la diferencia entre las medias PreExp - PostExp es de - 1.73364, lo que sugiere un aumento significativo en el desempeño; 2) la desviación estándar y el error típico de la media (0.26778) son

menores en el grupo experimental que en el de control; 3) el valor de  $t = -6.4574$ , junto a los 21 grados de libertad y un  $p < .001$ , indica un efecto altamente significativo; 4) la prueba bilateral muestra una alta significancia lo que significa que la modificación es estadísticamente relevante; y 5), el intervalo de confianza al 95%  $[-2.29052, -1.17675]$  que no incluye el cero lo que confirma la importancia estadística del cambio.

Para el Grupo de Control (Par 2), se observaron los siguientes resultados: 1) la diferencia entre las medias PreCtrl - PostCtrl es de  $-1.53842$  lo que muestra una mejora similar al grupo experimental; 2) la desviación estándar es mayor ( $2.27322$ ), lo que sugiere una mayor variabilidad en los resultados en comparacional grupo experimental; 3) el valor  $t = -2.950$ , con 18 grados de libertad y un valor  $dep = .009$  indican un efecto significativo pero menor que en el grupo experimental; 4) la significancia bilateral con un valor de  $p = 0.009$ , confirma que también hay un cambio estadísticamente significativo; y 5), el intervalo de confianza del 95%  $[-2.63408, -0.44276]$ , intervalo que excluye al cero, lo que indica que la mejora obtenida es significativa.

Tabla 2 Prueba t de muestras relacionadas, grupos experimental y de control

		Prueba de muestras relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Diferencias relacionadas			95% Intervalo de confianza para la diferencia				
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	Inferior	Superior			
Par 1	PreExp - PostExp	-1.73364	1.25601	.26778	-2.29052	-1.17675	-6.474	21	.000
Par 2	PreCtrl - PostCtrl	-1.53842	2.27322	.52151	-2.63408	-.44276	-2.950	18	.009

Estos resultados demuestran que los materiales didácticos instruccionales diseñados son eficaces al evaluar su influencia en el aprendizaje de los conceptos fundamentales de programación. Esto tiene fundamento en que, en primer lugar, el grupo de experimental tiene un efecto más fuerte y estable (con  $t = -6.474$ ), en comparación con el grupo de control (con  $t = -2.950$ ); en segundo lugar, la

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

variabilidad observada en el grupo experimental, que cabe señalar es menor, sugiere que el contenido didáctico generó resultados más uniformes; por último, ambos grupos experimentaron mejoras significativas, aunque es importante destacar que el grupo experimental tuvo un impacto mayor y consistente en el proceso de aprendizaje.

En las Tablas 3 y 4 se presentan los resultados del Análisis de Diferencias entre grupos mediante la comparación de grupos de manera individual y la prueba T de muestras independientes.

En cuanto al Grupo Experimental (Par 1):

- La mejora significativa en el desempeño se refleja en la diferencia promedio entre PreExp y PostExp, que es de - 1.73364.
- Los valores de la desviación estándar resultante (1.25601) y el error de la media (0.26778), resultaron ser menores en comparación al grupo de control; esto sugiere que hubo una menor variabilidad en las puntuaciones entre los estudiantes que utilizaron el material didáctico instruccional y que el proceso de aprendizaje fue más homogéneo en el grupo experimental.
- El intervalo de confianza del 95%, que va desde - 2.29052 a -1.17675 sin incluir al cero, confirma que la mejora es estadísticamente significativa.
- El coeficiente t de -6.474, calculado a partir de una muestra de 21 elementos (21 grados de libertad) y un valor  $p < 0.001$ , demuestra un efecto estadísticamente significativo.

Para el Grupo de Control (Par 2):

- Además, se observó una mejora en la diferencia de las medias entre PreCtrl y PostCtrl, que fue de - 1.53842 unidades.

- La desviación estándar es más alta (con un valor de 2.27322), lo que indica una mayor variabilidad en los resultados.
- El intervalo de confianza del 95 % [- 2.63408, -0.44276] que no considera al cero, confirma que la mejora es estadísticamente significativa.
- El valor de  $t = -2.950$  con 18 grados de libertad y un valor  $p = 0.009$ , sugiere que hay un efecto significativo, aunque menos marcado que el grupo experimental.

Con base en estos resultados es posible confirmar la eficacia del material didáctico instruccional desarrollado ya que 1) el grupo experimental presenta un efectividad más sólida y constante ( $t = -6.474$ ), en comparación con el grupo de control ( $t = -2.950$ ); 2) lo que sugiere que el material didáctico generó mejoras más uniformes debido a la menor variabilidad que en el grupo experimental; y, 3) ambos grupos experimentaron mejoras importantes en su aprendizaje pero el grupo experimental mostró un impacto más significativo y constante.

Tabla 3. Estadística descriptiva, comparación de grupos como muestras independientes.

**Estadísticos de grupo**

	Grupo	N	Media	Desviación tip.	Error típ. de la media
PrimerParcial	1.00	22	7.3141	1.51415	.32282
	2.00	19	7.5053	1.80305	.41365
SegundoParcial	1.00	22	9.0477	1.48829	.31730
	2.00	19	9.0437	1.44073	.33053

Tabla 4. Prueba t de comparación de grupos, como muestras independientes.

**Prueba de muestras independientes**

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
PrimerParcial	Se han asumido varianzas iguales	3.133	.085	-.369	39	.714	-.19117	.51794	-1.23880	.85646
	No se han asumido varianzas iguales			-.364	35.360	.718	-.19117	.52471	-1.25599	.87365
SegundoParcial	Se han asumido varianzas iguales	.092	.763	.009	39	.993	.00404	.45930	-.92497	.93306
	No se han asumido varianzas iguales			.009	38.464	.993	.00404	.45818	-.92313	.93121

En los datos de las Tabla 5 y Tabla 6 se puede observar que el grupo experimental tuvo una efectividad mayor: 21 de los 22 estudiantes participantes mostraron mejoras y solo uno presentó resultados negativos; esto quedó respaldado por un estadístico  $Z = -3.977$  y una significancia de  $p < 0.001$ . La diferencia entre los rangos positivos (249.00) y los negativos (4.00) confirman estatendencia. Por otra parte, y en contraste al grupo experimental que también evidenció mejorías significativas (puntuación  $Z = -2.696$ ;  $p = 0.007$ ), el grupo de control mostró resultados menos consistentes: de un total de 19 participantes evaluados, 14 obtuvieron rangos positivos (162.00) y 5 rangos negativos. (28.00).

La gran diferencia en los valores de los indicadores de contraste ( $Z$  experimental de  $-3.977$  frente a  $Z$  control de  $-2.696$ ) confirma la eficacia del material educativo instruccional basado en la Teoría de la Carga Cognitiva; demostrando no solo una mejora significativa desde el punto de vista estadístico sino también más consistente y extendida en el grupo experimental.

Tabla 5. Pruebas de Wilcoxon de muestras relacionadas.

		Rangos		
		N	Rango promedio	Suma de rangos
PostExp - PreExp	Rangos negativos	1 <sup>a</sup>	4.00	4.00
	Rangos positivos	21 <sup>b</sup>	11.86	249.00
	Empates	0 <sup>c</sup>		
	Total	22		
PostCtrl - PreCtrl	Rangos negativos	5 <sup>d</sup>	5.60	28.00
	Rangos positivos	14 <sup>e</sup>	11.57	162.00
	Empates	0 <sup>f</sup>		
	Total	19		

- a. PostExp < PreExp
- b. PostExp > PreExp
- c. PostExp = PreExp
- d. PostCtrl < PreCtrl
- e. PostCtrl > PreCtrl
- f. PostCtrl = PreCtrl

Tabla 6. Estadísticos de contraste de Wilcoxon, pre y post de grupos experimental y de control.

**Estadísticos de contraste<sup>a</sup>**

	PostExp - PreExp	PostCtrl - PreCtrl
Z	-3.977 <sup>b</sup>	-2.696 <sup>b</sup>
Sig. asintót. (bilateral)	.000	.007

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos.

Al examinar los gráficos presentados en la Figura 7 se observan distribuciones de datos no normales que respaldan la elección de usar la prueba no paramétrica de Wilcoxon que ayudarán a contrastar las mediciones efectuadas por estudiantes en ambos grupos participantes a quienes se les aplicó métodos de enseñanza diferentes.

Para el grupo PreExp se observó una distribución multimodal donde los datos se agrupan principalmente entre el 7 y el 8; mientras que en el PostExp se observa una asimetría negativa debido a la concentración significativa en el rango del 9 a 10. En contraste, el grupo PreCtrl muestra una distribución irregular caracterizada por múltiples picos y áreas sin datos que se alejan de la curva normal; y en el PostCtrl se aprecia una marcada asimetría negativa destacando una concentración notable de datos en el valor 10. La presencia de asimetrías en los datos junto a la multimodalidad y concentraciones irregulares respaldan la utilización de pruebas no paramétricas como la prueba de Wilcoxon en el análisis estadístico; este último prescinde de la necesidad de cumplir el supuesto de normalidad.

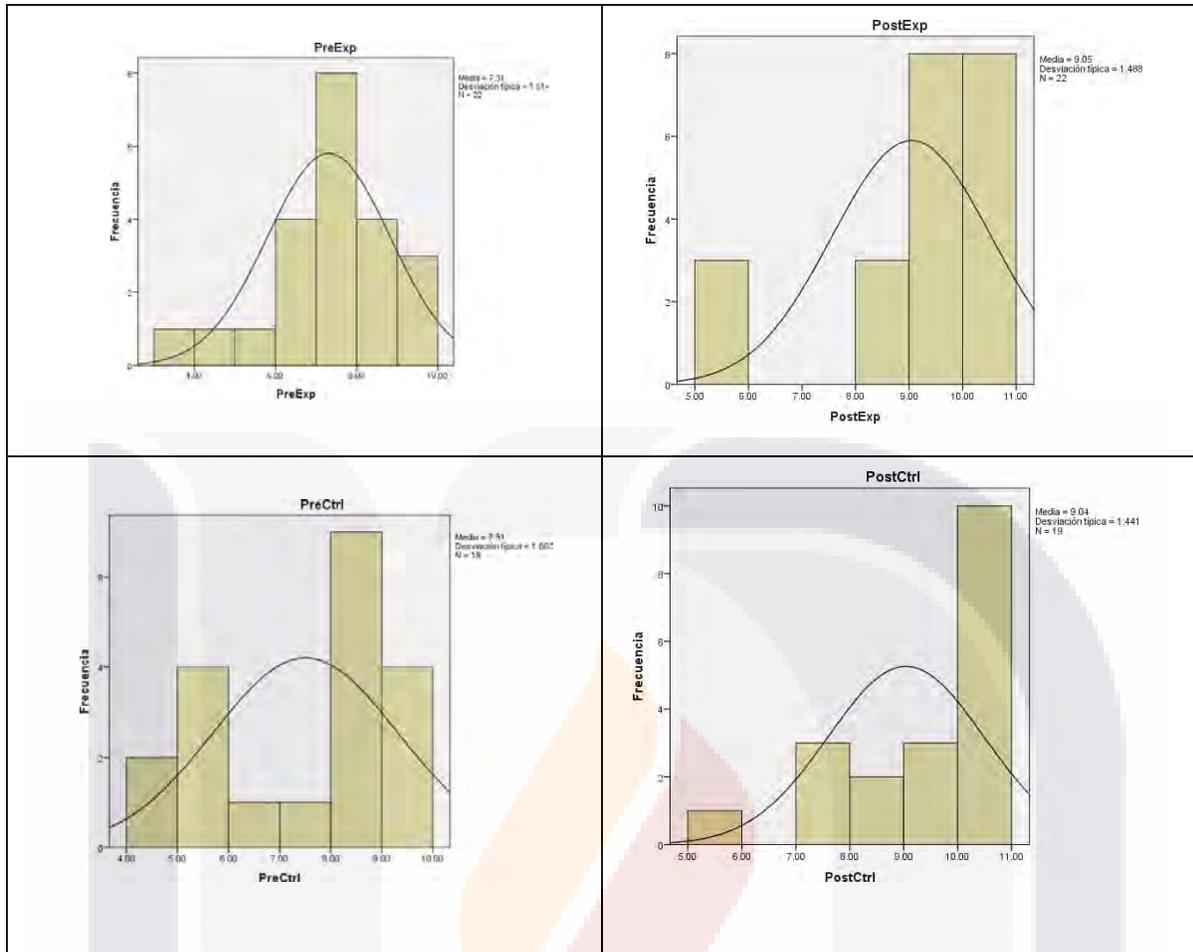


Figura 7. Histogramas de mediciones pre y post de grupos experimental y de control.

En lo que respecta al grupo experimental, se puede observar una notable evolución desde el periodo previo al experimento PreExp donde se observó una distribución con una tendencia a comportamiento normal promediando 7.31 y una desviación estándar de 1.514 en el periodo posterior al experimento PostExp, donde la distribución se mueve positivamente alcanzando un promedio de 9.05 con una desviación estándar de 1.488. Este cambio indica una mejora significativa en el rendimiento académico, con una clara concentración de calificaciones en el rango superior entre 9 y 10.

Por otro lado, el grupo de control también presenta un aumento positivo en su desempeño; sin embargo, las particularidades son diferentes entre ambos grupos. El grupo previo de control PreCtrl, muestra inicialmente una distribución menos

uniformemente distribuida y tiene una media de 7.21 y una desviación estándar de 1.803; mientras que el grupo posterior de control PostCtrl, tiende hacia una distribución más asimétrica positiva logrando una media de 9.04 y reduciendo su desviación estándar a 1.441. La concentración de las calificaciones en el rango superior del grupo posterior de control PostCtrl, sugiere una mejora global en el rendimiento del grupo.

Los resultados obtenidos y explicados en esta sección confirman la eficacia del material educativo utilizado en el experimentado al observar un cambio positivo en las distribuciones de ambos grupos. Es notable especialmente para el grupo experimental, que muestra una distribución más equilibrada y simétrica en la evaluación lo que sugiere que el material educativo no solo mejoró el desempeño global sino también generó resultados más coherentes en la comprensión de conceptos básicos de programación.

## 9 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La estadística descriptiva del grupo experimental muestra un incremento importante en la media de calificaciones de los participantes entre las observaciones pre (7.31) y post (9.04). La prueba t y la prueba no paramétrica de Wilcoxon aportan evidencia adicional de que este incremento fue estadísticamente significativo y no resultado de algún efecto aleatorio de variables ocultas. Lo anterior sugiere que las características del tratamiento experimental (diseño de tareas basadas en la reducción de la interactividad de elementos) pueden resultar efectivas para la enseñanza del tema de manejo de cadenas de caracteres en particular y de temas de programación básica en general.

Sin embargo, aunque los resultados estadísticos son sólidos, por la naturaleza cuasiexperimental del estudio y por el tamaño de la muestra, éstos no pueden ni deben generalizarse aún y solo deben considerarse válidos para el contexto y condiciones de la carrera de Lic. en Informática de la UAA.

Por otro lado, creemos que las características de las estrategias instruccionales sugeridas por la teoría si son replicables y valiosas para docentes y estudiantes de programación introductoria, en el sentido de que proporcionan pautas para diseñar problemas y experiencias de aprendizaje que disminuyan la complejidad marcada por el concepto de “interactividad de elementos” de la teoría de carga cognitiva.

Es decir, si el estudiante percibe que un tema de programación presentado por primera vez puede resolverse “por partes” (es decir, subobjetivos) y si la relación entre estas partes (es decir, la interactividad) es evidente, y si además los docentes tienen la noción de que los conceptos de un tema específico (en este caso, cadenas de caracteres) que son necesarios para resolver ejercicios pueden presentarse previamente separando el conocimiento declarativo (el que) del procedimental (el cómo), esto proporciona un andamiaje y un entorno de aprendizaje más efectivo y satisfactorio para los implicados.

Los resultados también confirman lo reportado en la literatura por otros investigadores (Catrambone, 1998; Margulieux et al., 2020; Tarmizi & Sweller, 1988), en el sentido de validar la efectividad de presentar problemas bajo del enfoque de subobjetivos.

### 9.1 Limitaciones del estudio.

Las limitaciones del presente estudio se agrupan en dos categorías: limitaciones sobre las variables ocultas que no pudieron ser controladas y recomendaciones de otras estrategias didácticas del efecto de interactividad de elementos que no pudieron incluirse por limitaciones de tiempo.

En la primera categoría, como pudo observarse en los resultados estadísticos, el grupo de control también obtuvo un incremento estadísticamente significativo (aunque menor) que el grupo experimental, utilizando métodos tradicionales de estudio. Se cree que esto pudo deberse a la comunicación inter grupos de los participantes (esto es, los ejercicios se llevaron a cabo en el laboratorio, con

supervisión del instructor, pero solo durante el horario de clases y los participantes pudieron haber interactuado entre sí, en el lapso de una semana) o al uso extra clase de otros materiales didácticos adicionales a los proporcionados durante el curso.

En la segunda categoría, como puede verse en la sección 6.6 de la presente tesis, existen otras estrategias instruccionales para reducir la interactividad de elementos que no fueron aplicadas, tales como el efecto de elementos aislados (es decir, separar, aislar u omitir elementos que interactúan pero que no son esenciales para el tema) y el efecto de variabilidad (mostrar baterías de ejemplos con características superficialmente similares) que podrían haberse aplicado en réplicas posteriores. En este caso, se pueden considerar para estudios futuros.

## 10 CONCLUSIONES.

En el contexto del problema de investigación, que es la enseñanza de la programación básica en el ámbito universitario latinoamericano, creemos que los resultados son muy positivos, ya que proporcionan a docentes y estudiantes, estrategias instruccionales probadas y basadas en evidencia para enseñar conceptos complejos y habilidades de programación introductoria.

Lo anterior, considerando que el tema seleccionado (manejo de cadenas de caracteres) es en efecto de “alta interactividad”<sup>2</sup> y no es de sencillo aprendizaje para el estudiante de programación en general y que las estrategias diseñadas, probadas y reportadas mostraron que pueden de hecho adaptarse a la enseñanza de la programación y tienen además un efecto positivo en el aprendizaje.

---

<sup>2</sup> Es decir, para resolver problemas de esta naturaleza, un estudiante debe procesar simultáneamente elementos y conceptos tales como “tipo cadena de caracteres”, “arreglos”, “ciclos”, “recorridos con ciclos”. Estos conceptos, a su vez, constan de elementos aún más primitivos (en el caso de los arreglos, se habla “índices” y “casillas”, en el caso de los ciclos, se habla de variables de control, que a su vez tienen un tipo, que a su vez tienen diferentes maneras de inicializarse e incrementarse, etc.), lo cual deriva en la denominada “sobrecarga cognitiva” definida por la TCC.

Con base en la metodología mostrada, los resultados obtenidos y discutidos en capítulos anteriores, puede concluirse que el objetivo general de:

*“Diseñar un material didáctico instruccional fundamentado en la Teoría de carga cognitiva y en el efecto de interactividad de elementos para evaluar su aplicabilidad en el contexto de la enseñanza de la programación y su efecto en el aprendizaje de los conceptos básicos de programación”.*

Fue cubierto satisfactoriamente.

Debe agregarse que por supuesto los ejemplos y materiales mostrados aquí son solo una variante de entre muchas posibilidades que pueden surgir de la creatividad de los docentes, una vez que éstos comprenden el concepto de interactividad de elementos y el interesante marco teórico de la carga cognitiva humana. Adicionalmente, se reporta que los objetivos específicos planteados en el problema de investigación de esta tesis fueron alcanzados de la siguiente forma:

1. *Identificar conceptos básicos de programación a enseñar (objetivos de aprendizaje), en las carreras de Licenciatura de Sistemas y Licenciatura en Informática, con un nivel de interactividad alta.*

Para el estudio, se identificó y utilizó el tema de “manejo de cadenas de caracteres” por su alta interactividad y por la existencia del mismo en la mayoría de los programas de materia de programación introductoria universitarios. Como se comenta en este capítulo, para que un alumno pueda resolver problemas de este tipo, el procesamiento de los conceptos de “cadena de caracteres”, “arreglo”, “casilla”, “índice” y “recorrido”, debe hacerse de forma simultánea.

2. *Diseñar material didáctico instruccional para el aprendizaje de los conceptos básicos de programación identificados, aplicando las guías y principios*

*instruccionales indicados en el efecto de la interactividad de elementos de la Teoría de Carga Cognitiva.*

En general, las estrategias instruccionales para reducir la interactividad de elementos sugeridas por la literatura pueden resumirse en la frase “divide y vencerás”. Es decir, presentar problemas “agrupados por subobjetivos” y aplicar el efecto de “elementos aislados”, ayuda a disminuir la alta interactividad de elementos y por lo tanto la complejidad del tema presentado.

Otras estrategias de efectividad probada como el uso de ejemplos resueltos con características de tipo “modular” (esto es, que sean autocontenidos y que no requieran de demasiados conceptos externos nuevos y desconocidos hasta ese momento para el estudiante) y la autoexplicación, fueron aplicadas y probadas en este estudio con éxito.

- 3. Aplicar el material didáctico instruccional diseñado en un pilotaje para refinar y depurar las estrategias instruccionales.*

Tal como se reporta en los capítulos de metodología y resultados de la presente tesis, el diseño del tratamiento, el diseño experimental y los resultados cuantitativos aplicados en el estudio piloto tuvieron resultados positivos.

- 4. Valorar la efectividad del material didáctico instruccional diseñado utilizando el efecto de interactividad de elementos, para cumplir objetivos de aprendizaje de los conceptos básicos de programación.*

Con base en la significancia de las pruebas estadísticas reportadas, creemos que las características del tratamiento experimental (es decir, el material didáctico para reducir la interactividad de elementos del tema de manejo de cadenas de caracteres) fue efectivo para los alumnos participantes y para la enseñanza de este tema en particular y que además es muy factible su aplicación para otros temas también de alta interactividad en el ámbito de la programación y que es además efectiva para el aprendizaje.

Sin embargo, debe mencionarse que el “traslado” de las estrategias didácticas sugeridas en la literatura y comentadas en el Marco Teórico de esta tesis, no se logran de manera directa y que debe haber una asimilación y plena interpretación por parte del docente de los principios para sus propios diseños instruccionales.



## 11 REFERENCIAS

- Adnan, W. N. W. M., Radin, N. N. M., Adam, A. F. M., & Hashim, N. (2022). Designing Interactive Academia-Industry Framework in Digital Language Classroom. *Asian Journal of University Education*, 18(3), 745–755. <https://doi.org/10.24191/ajue.v18i3.18966>
- Anderson, J. R. (1996). *ACT A Simple Theory of Complex Cognition*. <http://sands.psy.cmu.edu>.
- Aparici-Marino, R., & Silva, M. (2012). Pedagogy of Interactivity. *Comunicar*, 19(38), 51–58. <https://doi.org/10.3916/c38-2011-02-05>
- Ayres. (2006). *Algebra\_Moderna\_Schaum\_Frank\_Ayres*.
- Bandi-Rao, S. (n.d.). *Rule learning by seven-month-old infants*. <https://www.researchgate.net/publication/13415195>
- Bennedsen, J., & Caspersen, M. E. (n.d.). *Failure Rates in Introductory Programming*.
- Bennedsen, J., & Caspersen, M. E. (2007). Failure rates in introductory programming. *ACM SIGCSE Bulletin*, 39(2), 32–36. <https://doi.org/10.1145/1272848.1272879>
- Blayney, P., Kalyuga, S., & Sweller, J. (2010). Interactions between the isolated-interactive elements effect and levels of learner expertise: Experimental evidence from an accountancy class. *Instructional Science*, 38(3), 277–287. <https://doi.org/10.1007/s11251-009-9105-x>
- Bowen, R. M., Arvizu, D. E., Bassler, B., BENBOW Patricia, C. P., Hart, R., BRUER President, J. T., James McDonnell Foundation FRANCE A CÓRDOVA, T. S., Droegemeier, K. K., Lanzerotti, L. J., Leshner, A. I., Carl Lineberger, W., Peterson, G. P., RANDALL Professor, D. D., Jefferson Fellow, T., Reilly, A. K., SARGENT Benjamin M Rosen Professor, A. I., Souvaine, D. L., STANCELL Emeritus Professor, A. F., Leadership Chair, T., ... Pomeroy Matthew B Wilson, J. M. (n.d.). *Science and Engineering Indicators 2012*.
- Cáceres, Z., & Munévar, O. (2017). EVOLUCION DE LAS TEORIAS COGNITIVAS Y SUS APORTES A LA EDUCACIÓN. *ACTIVIDAD FÍSICA Y DESARROLLO HUMANO*, 7(2). <https://doi.org/10.24054/16927427.v2.n2.2016.2408>
- Carbone, A., Hurst, J., Mitchell, I., & Gunstone, D. (2009). *An Exploration of Internal Factors Influencing Student Learning of Programming*.

- Casas, S., & Vanoli, V. (n.d.). *Programación y Algoritmos: Análisis y Evaluación de Cursos Introductorios*.
- Clark, R. (2006). *Efficiency in Learning: Addressing Cognitive Load Theory*. [www.Clarktraining.com](http://www.Clarktraining.com)
- Dann, W. P. , C. S. , & P. R. F. (2011). (2011). *Learning to Program with Alice (w/ CD ROM)*.
- De La, A., Saez Villavicencio, C., Febe, Á., Ciudad, R., Puentes, U. P., & Sergio Menéndez Pérez, J. (2015). El desarrollo de la habilidad: implementar algoritmos. Teoría para su operacionalización The development of the skill: implement algorithms. Theory for its implementation. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 9(3). <http://rcci.uci.cu>Pág.99-112Editorial"EdicionesFuturo"
- Depetris, B. O., Mallea, D. A., Pendenti, H., Tejero, G., & Feierherd, G. (n.d.). *Experiencias con Da Vinci Concurrente en la enseñanza inicial de la programación y la programación concurrente*.
- Dunican, E. (2002). *Making The Analogy: Alternative Delivery Techniques for First Year Programming Courses*. [www.ppig.org](http://www.ppig.org)
- Emilio Sánchez-García, J., Urías-Ruiz, M., Gutiérrez-Herrera, B. E., Fuerte, E., & Sinaloa, M. (n.d.). ANÁLISIS DE LOS PROBLEMAS DE APRENDIZAJE DE LA PROGRAMACIÓN ORIENTADA A OBJETOS ANALYSIS OF LEARNING PROBLEMS OF OBJECT-ORIENTED PROGRAMMING. *Publicado Como ARTÍCULO CIENTÍFICO En Ra Ximhai*, 11(4), 289–304.
- Felder, R. M., & Brent, R. (2005). Understanding student differences. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 57–72. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00829.x>
- G. Campos, M., & Campos, R. (2018). Estilos de aprendizaje preferidos por los estudiantes de nutrición. *Educación Química*, 29(2), 87. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.2.63732>
- Geary, D. C. (2005). *The Origin of Mind EVOLUTION OF BRAIN, COGNITION, AND GENERAL INTELLIGENCE*. [www.apa.org](http://www.apa.org)
- Geary, D. C. (2008). Whither evolutionary educational psychology? In *Educational Psychologist* (Vol. 43, Issue 4, pp. 217–226). <https://doi.org/10.1080/00461520802392240>
- Gerjets, P., Scheiter, K., & Catrambone, R. (n.d.). *Designing Instructional Examples to Reduce Intrinsic Cognitive Load: Molar versus Modular*

*Presentation of Solution Procedures.*

<https://doi.org/10.1023/B:TRUC.0000021809.10236.71i>

Gerjets, P., Scheiter, K., & Cierniak, G. (2009). The scientific value of cognitive load theory: A research agenda based on the structuralist view of theories. *Educational Psychology Review*, 21(1), 43–54.

<https://doi.org/10.1007/s10648-008-9096-1>

Hartmann, W., Nievergelt, J., & Reichert, R. (2001). *Kara, finite state machines, and the case for programming as part of general education.*

Héctor, M. C., & Huerta, C. (2006). Corrientes pedagógicas contemporáneas. In *Revista Electrónica de Pedagogía. México. Año* (Vol. 4).

Insuasti, J. (n.d.-a). Problemas de enseñanza y aprendizaje de los fundamentos de programación \* Problems of teaching and learning the basics of programming Problemas de ensino e aprendizagem dos fundamentos de programação. *Revista Educación y Desarrollo Social*, 10. <https://doi.org/10.18359/reds.1701>

Insuasti, J. (n.d.-b). Problemas de enseñanza y aprendizaje de los fundamentos de programación \* Problems of teaching and learning the basics of programming Problemas de ensino e aprendizagem dos fundamentos de programação. *Revista Educación y Desarrollo Social*, 10. <https://doi.org/10.18359/reds.1701>

Jhon Sweller. (n.d.). *Cognitive load theory.*

Jiménez-Toledo, J. A., Collazos, C., & Revelo-Sánchez, O. (2019). Consideraciones en los procesos de enseñanza-aprendizaje para un primer curso de programación de computadores: una revisión sistemática de la literatura. *TecnoLógicas*, 22, 83–117. <https://doi.org/10.22430/22565337.1520>

Malliarakis, C., Satratzemi, M., & Xinogalos, S. (2014). Educational Games for Teaching Computer Programming. In *Research on e-Learning and ICT in Education* (pp. 87–98). Springer New York. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6501-0\\_7](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6501-0_7)

Marcus, N., Cooper, M., & Sweller, J. (1996). Understanding Instructions. *Journal of Educational Psychology*, 88(1), 49–63. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.88.1.49>

Mathieu, M. J. (2014a). *Introducción a la programación.*

Mathieu, M. J. (2014b). *Introducción a la programación.*

Mehran Bozorgmanesh, M. S. (2011). *Increase the Efficiency of adult education with the proper use of learning styles.*

Mexicano De Investigación Educativa, C., & México, A. C. (2010). Revista Mexicana de Investigación Educativa. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 15, 391–421.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14012507004>

Muñoz, M. B. R. N. (n.d.). *R. Muñoz, M. Barría, R. Noel, E. Providel, y P. Quiroz.*

Nadolski, R. J., Kirschner, P. A., & Van Merriënboer, J. J. G. (2005). Optimizing the number of steps in learning tasks for complex skills. In *British Journal of Educational Psychology* (Vol. 75, Issue 2, pp. 223–237). <https://doi.org/10.1348/000709904X22403>

O'Neil. (n.d.). *PARA INGENIERÍA.*

Ortega, M., Redondo, M. A., Molina, A. I., Bravo, C., Lacave, C., Arroyo, Y., Sánchez, S., García, M. Á., Collazos, C. A., Toledo, J. J., Luna-García, H., Velázquez-Iturbide, J. Á., & Gómez-Pastrana, R. A. (2017). IProg: Development of immersive systems for the learning of programming. *ACM International Conference Proceeding Series, Part F131194*. <https://doi.org/10.1145/3123818.3123874>

Ortiz, E. (n.d.). *La comunicación educativa y los medios de enseñanza en.* <https://www.researchgate.net/publication/313038737>

Reguera, J. L., Rivas, C. H., & Leiva, Y. F. (n.d.). Una plataforma de evaluación automática con una metodología efectiva para la enseñanza/aprendizaje en programación de computadores An automatic evaluation platform with an effective methodology for teaching/learning computer programming. In *Revista chilena de ingeniería.*

Rosales Almendra, M. P., González Becerra, B. L., Almendra, M. P. R., & Becerra, B. L. G. (2018). Effect of Problem Based Learning through Differentiable Learning Styles in the Teaching of Statistics "Effect of Problem Based Learning through Differentiable Learning Styles in the Teaching of Statistics. *American Journal of Educational Research*, 6(11), 1487–1496. <https://doi.org/10.12691/education-6-11-7>

Silva-Maceda, G., David Arjona-Villicana, P., & Edgar Castillo-Barrera, F. (2016). More Time or Better Tools? A Large-Scale Retrospective Comparison of Pedagogical Approaches to Teach Programming. *IEEE Transactions on Education*, 59(4), 274–281.  
<https://doi.org/10.1109/TE.2016.2535207>

- Somers, T. M., & Nelson, K. (2001). *The Impact of Critical Success Factors across the Stages of Enterprise Resource Planning Implementations*.
- Spigariol, L. (n.d.). *Enseñando a programar en la orientación a objetos*.
- Sweller & Chlander. (1994). COGNITIVE LOAD THEORY, LEARNING DIFFICULTY, AND INSTRUCTIONAL DESIGN. In *Laming and Insbuction* (Vol. 4).
- Sweller, J. (1994). Cognitive Load Theory, Learning Difficulty and Instructional Design. *Learning and Instruction*, 4, 295–312.  
[http://files/876/Sweller\(1994\).20Cognitive20load20theory,20learning20difficulty,20and20instructional20design.pdf](http://files/876/Sweller(1994).20Cognitive20load20theory,20learning20difficulty,20and20instructional20design.pdf)
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). The Expertise Reversal Effect. In *Cognitive Load Theory* (pp. 155–170). Springer New York.  
[https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8126-4\\_12](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8126-4_12)
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive Architecture and Instructional Design. In *Educational Psychology Review* (Vol. 10, Issue 3).
- Troyano, J. A., Cruz, F., González, M., Vallejo, C. G., & Toro, M. (n.d.). *Introducción a la Programación con Python, Computación Interactiva y Aprendizaje Significativo*.
- Van Merriënboer, J. J. G., Clark, R. E., & de Croock, M. B. M. (2002). Blueprints for complex learning: The 4C/ID-model. In *Educational Technology Research and Development* (Vol. 50, Issue 2, pp. 39–64).  
<https://doi.org/10.1007/bf02504993>
- Van Merriënboer, J. J. G., Kester, L., & Paas, F. (2006). Teaching complex rather than simple tasks: Balancing intrinsic and germane load to enhance transfer of learning. *Applied Cognitive Psychology*, 20(3), 343–352. <https://doi.org/10.1002/acp.1250>
- Van Merriënboer, J. J. G., Kirschner, P. A., & Kester, L. (2003). Taking the load off a learner's mind: Instructional design for complex learning. In *Educational Psychologist* (Vol. 38, Issue 1, pp. 5–13). Lawrence Erlbaum Associates Inc. [https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801\\_2](https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_2)
- Zhiqing. (2015). *Ambivalent Nostalgia: Commemorating Zhiqing in the Jianchuan Museum Complex*.
- Zi, Z. (n.d.). \376\377\000C\000H\000U\000A\000N\000G\000  
 \000T\000Z\000U.