

# Resolución de diagramas de flujo y pseudocódigo por parte de estudiantes de Ciencias de la Computación de la Universidad de Costa Rica

**Luis Andrés Villalobos Fernández**

*Estudiante de maestría en Ciencias Cognoscitivas de la Universidad de Costa Rica*  
[villalobosfernandez@gmail.com](mailto:villalobosfernandez@gmail.com)

**Álvaro de la Ossa Osegueda**

*Profesor de la Escuela de Ciencias de la Computación e Informática de la Universidad de Costa Rica*  
[alvaro.delaossa@ucr.ac.cr](mailto:alvaro.delaossa@ucr.ac.cr)

**Odir Antonio Rodríguez-Villagra**

*Director del Programa de Posgrado en Ciencias Cognoscitivas de la Universidad de Costa Rica e investigador del Instituto de Investigaciones Psicológicas y del Centro de Investigación en Neurociencias de la Universidad de Costa Rica*  
[odir.rodriguez@ucr.ac.cr](mailto:odir.rodriguez@ucr.ac.cr)

**Adrián Esteban Vergara Heidke**

*Profesor de la Escuela de Filología, Lingüística y Literatura de la Universidad de Costa Rica*  
[adrian.vergara@ucr.ac.cr](mailto:adrian.vergara@ucr.ac.cr)

## Extracto

En este trabajo se ha llevado a cabo un estudio de seguimiento ocular de 20 estudiantes de Ciencias de la Computación de la Universidad de Costa Rica, la mitad de ellos de primer curso y la otra mitad de cuarto. Se les pidió que resolvieran 10 ejercicios de diagramas de flujo y 10 de pseudocódigo. En los alumnos expertos, aproximadamente la mitad de las fijaciones se centran en las áreas de interés más relevantes para la resolución del problema, mientras que, en los novatos, aproximadamente un tercio de las fijaciones se concentran en esas áreas. Al calcular la densidad de fijaciones en las áreas de interés, este patrón es mucho más evidente. En cuanto al rendimiento, se observaron diferencias significativas entre expertos y novatos, mostrando los primeros mejor rendimiento. En lo relativo a la duración de la resolución de los ejercicios, solo se encontraron diferencias significativas entre expertos y novatos al resolver pseudocódigos. En función de los resultados obtenidos se llevan a cabo recomendaciones para los profesores de los cursos de programación y para futuras investigaciones.

**Palabras clave:** ciencias cognitivas; diagramas; seguimiento ocular; metaanálisis; programación; pseudocódigo.

Fecha de entrada: 03-03-2020 / Fecha de revisión: 04-05-2020 / Fecha de aceptación: 06-05-2020

**Cómo citar:** Villalobos Fernández, L. A., Ossa Osegueda, Á. de la, Rodríguez-Villagra, O. A. y Vergara Heidke, A. E. (2020). Resolución de diagramas de flujo y pseudocódigo por parte de estudiantes de Ciencias de la Computación de la Universidad de Costa Rica. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 17, 129-146.



# Resolution of flow diagrams and pseudocode by students of Computer Science at the University of Costa Rica

Luis Andrés Villalobos Fernández

Álvaro de la Ossa Osegueda

Odir Antonio Rodríguez-Villagra

Adrián Esteban Vergara Heidke

## Abstract

An eye tracking study was carried out on 20 students of Computer Science at the University of Costa Rica, half of the first year and the other half of the fourth year. They were asked to solve 10 flowchart and 10 pseudocode exercises. In the experts approximately half of the fixations focus on the most relevant areas of interest for the resolution of the problem, while in the rookies approximately one third of the fixations are concentrated in those areas. When calculating the density of fixations in the areas of interest this pattern is much more evident. Regarding performance, significant differences were observed between experts and novices, showing the first best performance. Regarding the duration of the resolution of the exercises, only significant differences were found between experts and novices when solving pseudocodes. Depending on the results obtained, recommendations are made for the teachers of the programming courses and for future research.

**Keywords:** cognitive science; diagrams; eye-tracking; meta-analysis; programming; pseudocode.

**Citation:** Villalobos Fernández, L. A., Ossa Osegueda, Á. de la, Rodríguez-Villagra, O. A. and Vergara Heidke, A. E. (2020). Resolution of flow diagrams and pseudocode by students of Computer Science at the University of Costa Rica. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 17, 129-146.



## Sumario

1. Introducción
  2. Antecedentes
  3. Metodología
    - 3.1. Participantes
    - 3.2. *Hardware y software*
    - 3.3. Estímulos y procedimiento
    - 3.4. Diseño
    - 3.5. Análisis estadístico
  4. Resultados
  5. Discusión
  6. Conclusiones y recomendaciones
- Referencias bibliográficas

**Nota:** nuestro agradecimiento al máster en Investigación Psicológica por la Universidad de Costa Rica Arnel Brizuela Rodríguez por su contribución en el proceso de enseñanza del equipo de seguimiento ocular y del análisis estadístico en R, además de por la supervisión brindada en el proceso de recopilación de datos.

## 1. Introducción

Este trabajo tiene como objetivo explorar las diferencias que existen entre estudiantes de Ciencias de la Computación novatos<sup>1</sup> (primer curso) y expertos (cuarto curso) a la hora de resolver diagramas de flujo y pseudocódigo.

Los diagramas de flujo y pseudocódigos son los principales modelos de representación de algoritmos y, por tanto, resultan vitales para el proceso de enseñanza de los estudiantes de Ciencias de la Computación, sobre todo en los cursos de programación (Lin *et al.*, 2015). Por ello, es de interés para los docentes de Ciencias de la Computación determinar cuál de los dos procesos es más eficiente para la enseñanza de algoritmos.

---

Los diagramas de flujo y pseudocódigos son los principales modelos de representación de algoritmos y, por tanto, resultan vitales para el proceso de enseñanza de los estudiantes de Ciencias de la Computación, sobre todo en los cursos de programación

---

Debido a que los datos del movimiento ocular pueden proporcionar información sobre la atención visual de los programadores, permitiendo a los investigadores explorar sus procesos cognitivos, diversos estudios han aplicado el seguimiento ocular como método para investigar la comprensión del proceso de programación informática (Aschwanden y Crosby, 2006; Bednarik, 2012; Bednarick, Busjahn y Schulte, 2014).

Los investigadores antes mencionados sugirieron que ese patrón diferencial podría ser consecuencia del desarrollo de estrategias cognitivas más eficientes para resolver los problemas de programación (Lin *et al.*, 2015). Se ha propuesto que este tipo de estudios permiten tener una mejor comprensión de los procesos de enseñanza y aprendizaje (Andrzejewska *et al.*, 2015). Este es un estudio exploratorio, enfocado en comparar las diferencias entre novatos y expertos. Se ha aplicado para la investigación de una multitud de procesos de enseñanza, tal como se aprecia en el metaanálisis llevado a cabo por Gegenfurther, Lehtinen y Saljo (2011), en el cual se evaluaron 70 estudios en los que se comparó el patrón de visualización de novatos y expertos de varias profesiones y deportes.

Los trabajos de Andrzejewska *et al.* (2015) y Lin *et al.* (2015) son estudios de comparación novatos-expertos que están centrados en la representación de algoritmos, pero que

---

1 La Real Academia Española (RAE) define el término «novato» como «nuevo o principiante en cualquier facultad o materia».

presentan varias limitaciones. En primer lugar, en ambos estudios no se realizó una comparación entre diagramas de flujo y pseudocódigo, ya que cada investigación trató solamente con una modalidad de representación de algoritmos: diagramas de flujo, en Andrzejewska *et al.* (2015), y pseudocódigo, en Lin *et al.* (2015). En segundo lugar, en estos trabajos se incluyeron, únicamente, un par de ejercicios, lo cual afecta a la validez y a la generalización de los resultados debido a que pocos ítems implican una menor variabilidad y, por tanto, son una amenaza a la validez externa del estudio. En tercer lugar, estas investigaciones no tuvieron en cuenta otros factores cognitivos que podrían haber influenciado en los resultados obtenidos por las personas participantes. Por ejemplo, no se tomaron en cuenta las diferencias en las capacidades cognitivas de las personas participantes.

De acuerdo con varios estudios (Rueda, 2013; Tsapatsoulis, 2014), esperamos encontrar diferencias en cuanto al rendimiento de ambas poblaciones según la cantidad de respuestas correctas y el tiempo de resolución de los ejercicios.

Como covariables se emplearon la inteligencia fluida, medida por medio del test de factor G de Cattell; la prueba de dígitos en orden inverso y en orden directo, para evaluar la memoria de trabajo; y la prueba de dígitos y símbolos, para evaluar la velocidad de procesamiento.

Por medio de la obtención de estos datos se obtuvieron grupos de novatos y expertos con puntuaciones homogéneas en estas variables, de forma que el nivel de experticia sea la variable que explique las diferencias obtenidas (Cattell y Cattell, 2015).

Se empleó un equipo de seguimiento ocular para registrar el patrón del movimiento de los ojos de los participantes en el momento de resolver los ejercicios. Por este medio se encontraron patrones diferenciados entre ambos grupos (Dink y Ferguson, 2015).

Se espera que futuras investigaciones puedan emplear estos datos para que profesionales en pedagogía, conocedores de la materia, puedan elaborar nuevos programas para los cursos de programación que faciliten a los estudiantes la comprensión de estos procedimientos.

## 2. Antecedentes

Los dos principales sistemas de representación de algoritmos son los diagramas de flujo (Tsapatsoulis, 2014) y pseudocódigos (Rueda, 2013). Los ejercicios para el experimento fueron extraídos del libro de Pinales y Velázquez (2014).

El único antecedente que se ha encontrado sobre el estudio del proceso de comprensión de diagramas de flujo mediante el registro de los movimientos oculares es una investigación llevada a cabo por Andrzejewska *et al.* (2015). En este trabajo, la tecnología de seguimiento ocular se utilizó para seguir el proceso de resolver problemas algorítmicos. Estos eran presentados en dos variantes comparables: un pseudocódigo y un diagrama de flujo.

Los datos relacionados con el registro de los movimientos oculares indicaron un conjunto de medidas cualitativas y cuantitativas que permitieron detectar e interpretar las diferencias en las estrategias de resolución de tareas entre los participantes que encontraron la respuesta correcta y los que no. Los resultados confirman una hipótesis de que el uso de la notación formal característica de un lenguaje de programación para presentar algoritmos es a menudo una dificultad práctica en el proceso de resolver incluso tareas simples. Este estudio abre una nueva dirección de investigación: muestra que la tecnología de rastreo ocular puede utilizarse para optimizar el proceso de aprendizaje de la programación.

Un estudio llevado a cabo en Taiwán exploró los procesos cognitivos de los estudiantes durante la depuración de un programa informático mediante el registro del movimiento ocular. El movimiento de los ojos de los estudiantes durante la depuración fue registrado por medio del *eye-tracking* para investigar si existían diferencias entre los estudiantes con alto y bajo rendimiento académico. A 38 estudiantes de Ciencias de la Computación de pregrado se les pidió que depuraran dos programas de C (Lin *et al.*, 2015).

El seguimiento de la mirada de los estudiantes mientras observaban los códigos del programa fue analizado para revelar secuencias o áreas significativas. Estas secuencias significativas de la ruta de la mirada se compararon luego entre los estudiantes con diferentes rendimientos en la tarea asignada. Los resultados concluyeron que, al depurar, los estudiantes de alto rendimiento mostraban un recorrido más lógico, mientras que los de bajo rendimiento tendían a seguir una secuencia línea por línea y no podían derivar rápidamente la lógica de nivel superior del programa.

Los estudiantes de bajo rendimiento también tenían dificultades para encontrar los errores cometidos. Además, a menudo, necesitaban rastrear las declaraciones anteriores para recordar información y pasaban más tiempo haciendo cálculos mentales (Lin *et al.*, 2015).

### 3. Metodología

#### 3.1. Participantes

Para este trabajo se reclutó a 20 estudiantes de la carrera de Ciencias de la Computación de la Universidad de Costa Rica. Todas las personas participantes firmaron un consentimiento informado, el cual fue aprobado por el comité ético-científico de la Universidad de Costa Rica. De ellos, 10 fueron caracterizados como «novatos», debido a que estaban cursando el primer semestre de la carrera, por lo cual apenas habían aprendido a programar. Se excluyó de la investigación a estudiantes que ya llevaran algún tipo de

---

Para este trabajo se reclutó a 20 estudiantes de la carrera de Ciencias de la Computación de la Universidad de Costa Rica

---

aprendizaje formal en programación antes de ingresar en la universidad. El resto de participantes, 10 expertos, estaban cursando el segundo semestre del cuarto año de carrera, razón por la cual ya habían aprobado todas las asignaturas de programación. En los dos grupos tuvo que descartarse a un participante masculino por producirse errores en la obtención de los datos debido a que ambos movieron la cabeza durante la prueba, por lo que, finalmente, el total de participantes fue de 18 personas: 9 novatos y 9 expertos.

La muestra es mayoritariamente masculina. En el grupo de novatos participaron 7 hombres y 2 mujeres, mientras que, en el de expertos, 8 hombres y 1 mujer. Todas las personas participantes eran mayores de edad. Los novatos tenían una edad promedio de 18,5 años, mientras que los expertos, de 22,3 años.

### 3.2. *Hardware y software*

Los participantes en el estudio se sentaron confortablemente en una silla regulable (para poder ajustarla a la estatura de cada persona) con sus cabezas estabilizadas por un soporte (para eliminar las distracciones periféricas). Los participantes fueron evaluados individualmente y los movimientos oculares se registraron mediante un dispositivo de rastreo ocular EyeLink 1000 Plus, con una frecuencia de muestreo de 1.000 Hz y un seguimiento binocular. Los ejercicios se mostraron en un monitor BenQ XL2430T de 24 pulgadas (53 cm de ancho x 30 cm de alto), cuya resolución es de 1.920 x 1.080 píxeles y cuya frecuencia de actualización es de 60 Hz. Este es controlado por una computadora Mac Mini, con un procesador Intel Core i5 de 2.6 GHz. Los participantes se sentaron a 55 cm de la pantalla de la computadora. La calibración realizada fue de 9 puntos, registrándose solo la actividad del ojo derecho. Las personas que presentaban problemas de la vista utilizaron sus gafas o lentes durante la prueba. Para responder, los participantes emplearon un teclado en el que debían pulsar las teclas 1, 2, 3 o 4, según la opción que eligieran en cada pregunta. El programa automáticamente desplegaba una pantalla de calibración en la que la persona debía dirigir su mirada hacia el centro de la pantalla. Una vez cumplida la calibración, automáticamente se desplegaba el siguiente ítem.

---

Los participantes en el estudio fueron evaluados individualmente y los movimientos oculares se registraron mediante un dispositivo de rastreo ocular EyeLink 1000 Plus, con una frecuencia de muestreo de 1.000 Hz y un seguimiento binocular

---

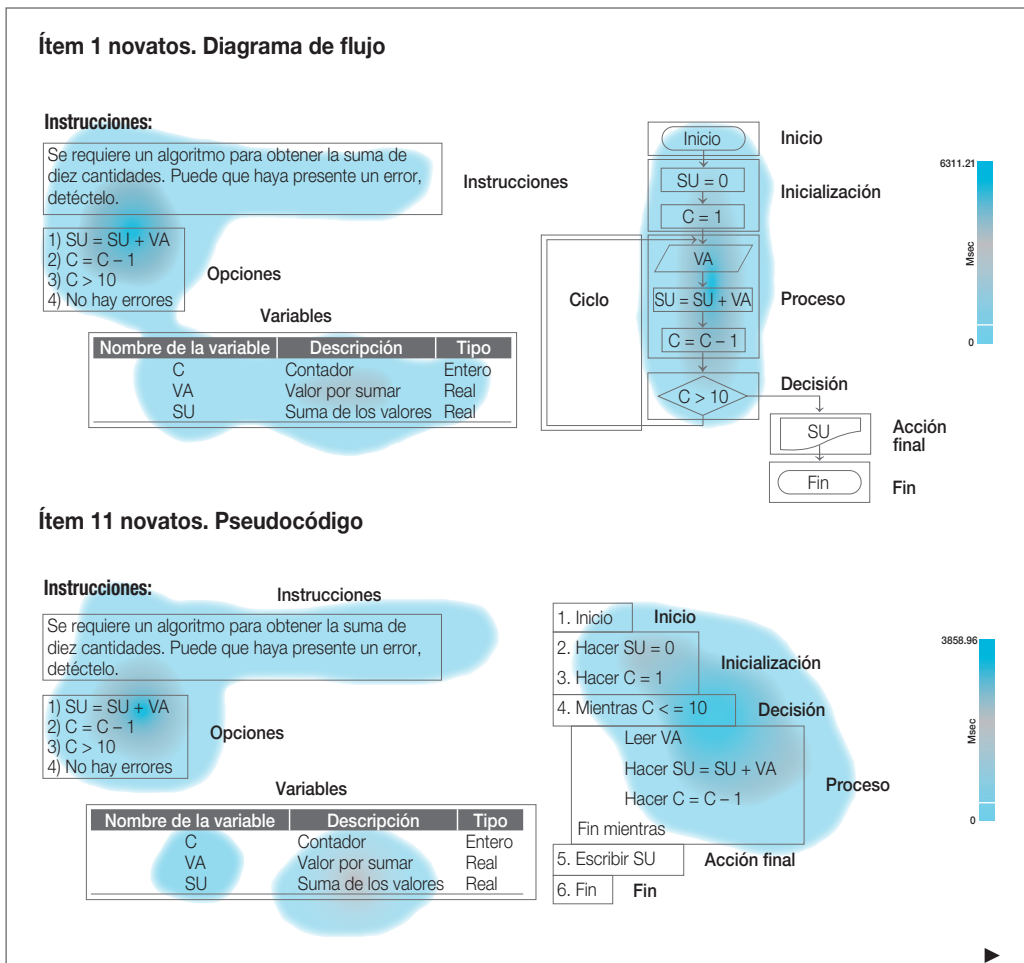
### 3.3. Estímulos y procedimiento

El *software* en el que se programó el experimento es el Experiment Builder, que permite controlar todos los parámetros. Para este estudio, en concreto, se trabajó con 20 estímulos,

10 de los cuales son de diagramas de flujo y 10 de pseudocódigo. A su vez, en estos grupos de ítems, la mitad son de identificar errores y la otra mitad de identificar la función del algoritmo.

El tipo y tamaño de letra empleado es la *times new roman* 26. Todos los ítems seguían la misma estructura: en la esquina superior izquierda se ubicaban las instrucciones y las opciones de respuesta, en la esquina inferior izquierda se situaba la caja en la que se explicaban las siglas de las variables del problema y, en el lado derecho, el problema expresado como pseudocódigo o diagrama de flujo. Independientemente del ejercicio, estos seguían la misma estructura: el comando de inicio, una serie de comandos de acción, la decisión y la impresión y el fin (véase figura 1).

Figura 1. Áreas de interés y fijaciones





### Ítem 1 expertos. Diagrama de flujo

**Instrucciones:**

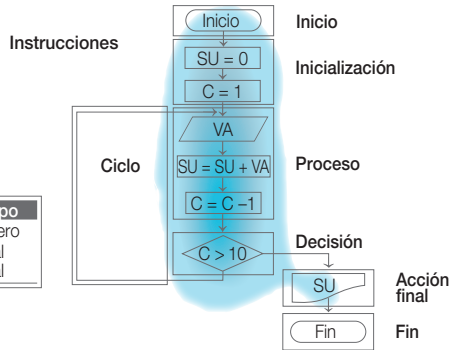
Se requiere un algoritmo para obtener la suma de diez cantidades. Puede que haya presente un error, détectelo.

- 1)  $SU = SU + VA$
- 2)  $C = C - 1$
- 3)  $C > 10$
- 4) No hay errores

**Opciones**

**Variables**

Nombre de la variable	Descripción	Tipo
C	Contador	Entero
VA	Valor por sumar	Real
SU	Suma de los valores	Real



### Ítem 11 expertos. Pseudocódigo

**Instrucciones:**

**Instrucciones**

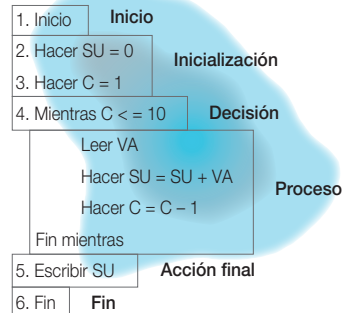
Se requiere un algoritmo para obtener la suma de diez cantidades. Puede que haya presente un error, détectelo.

- 1)  $SU = SU + VA$
- 2)  $C = C - 1$
- 3)  $C > 10$
- 4) No hay errores

**Opciones**

**Variables**

Nombre de la variable	Descripción	Tipo
C	Contador	Entero
VA	Valor por sumar	Real
SU	Suma de los valores	Real



**Nota:** en esta figura se muestra uno de los ejercicios que se les presentó a los participantes (formato de diagrama de flujo y pseudocódigo). El patrón de visualización de los novatos y expertos muestra diferencias en cuanto a las áreas en las que se produjeron una mayor cantidad de fijaciones.

Fuente: elaboración propia.

## 3.4. Diseño

Como covariables se emplearon la inteligencia fluida, medida por medio del test de factor G de Cattell; la velocidad de procesamiento, medida por medio de la prueba de dígitos y

símbolos; y la memoria de trabajo, mediante la prueba de dígitos en orden inverso y en orden directo (véase cuadro 1).

Cuadro 1. Puntuaciones de las pruebas aplicadas como covariables

	Media	<i>T</i>	<i>DF</i>	<i>p-value</i>
<b>Directa Cattell</b>				
Expertos	24,90	0,22	15,26	0,823
Novatos	24,70			
<b>Centil Cattell</b>				
Expertos	82,80	0,52	14,11	0,606
Novatos	80,60			
<b>CI Cattell</b>				
Expertos	108	0,22	15,26	0,823
Novatos	107			
<b>Dígitos y símbolos</b>				
Expertos	60,10	0,26	15,94	0,797
Novatos	59,20			
<b>Dígitos directos</b>				
Expertos	9,56	2,13	13,50	0,051
Novatos	9,11			
<b>Dígitos inversos</b>				
Expertos	8,67	2	15,75	0,063
Novatos	8,22			

**Nota:** muestra las puntuaciones obtenidas en las pruebas aplicadas como covariables para determinar si las diferencias observadas entre ambos grupos se debieron a su nivel de experiencia en la materia o a un mayor nivel de inteligencia fluida, memoria de trabajo y velocidad o procesamiento. En todas las puntuaciones, el *p-value* es superior a 0,05. *T* (puntuación *t*) y *DF* (grados de libertad).

Fuente: elaboración propia.

Se aplicaron pruebas  $t$  para comparar las puntuaciones de novatos y expertos en las pruebas aplicadas. Dado que en todos los casos el  $p$ -value fue superior a 0,05, no se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos, por lo que se puede afirmar que sus capacidades cognitivas son similares.

Las áreas de interés fueron definidas en función del criterio experto de profesores de la Escuela de Ciencias de la Computación de la Universidad de Costa Rica. Estas fueron definidas en base a los procesos que se llevan a cabo al ejecutar un algoritmo. El inicio marca el principio del proceso, la inicialización agrupa las primeras acciones, el proceso indica la entrada y las acciones posteriores. Aparte está la decisión, el ciclo, la acción final y el fin.

El criterio experto predecía que las áreas más importantes para la resolución del problema son el proceso, la decisión y la inicialización, mientras que las opciones, las variables y las instrucciones lo son para informarse de las características del problema.

En la figura 1 se pueden apreciar las distintas áreas de interés, así como el patrón de visualización promediado en dos ejercicios: el diagrama de flujo, por un lado, y el pseudocódigo, por otro; novatos, en la primera parte de la figura, y expertos, en la segunda parte.

### 3.5. Análisis estadístico

Los datos se extrajeron del programa Data Viewer (SR Research, 2017). Dicho programa genera una base de datos en la cual, para cada una de las áreas de interés de cada ejercicio, con cada una de las personas participantes, se genera una fila de datos, obteniéndose 3.286 observaciones (18 participantes, 20 ejercicios y 9-10 áreas de interés por ejercicio; el área de interés «ciclo» no se encuentra presente en los pseudocódigos). Para cada una de esas observaciones se dispone de las fijaciones totales en dicha área, la duración en milisegundos de las fijaciones en dicha área, la respuesta dada por el usuario en cada ejercicio y la apertura máxima de la pupila. Las puntuaciones de dichas variables se promediaron para realizar los análisis. El análisis estadístico de los datos se llevó a cabo en el programa R Studio (Wickham y Grolemund, 2017). Se seleccionó este programa estadístico debido a que permite la instalación de varios paquetes complementarios que facilitan el proceso de análisis. En concreto se utilizaron, ggplot2 (Wickham *et al.*, 2020), dbplyr (Wickham, Francois, enry y Muller, 2020), naniar (Tierney, Cook, McBain, Fay, 2020) y Rmarkdown (Allaire *et al.*, 2020). Se llevaron a cabo gráficos de barras con error estándar y pruebas  $t$ .

---

No se encontraron diferencias significativas entre novatos y expertos, por lo que se puede afirmar que sus capacidades cognitivas son similares

---

---

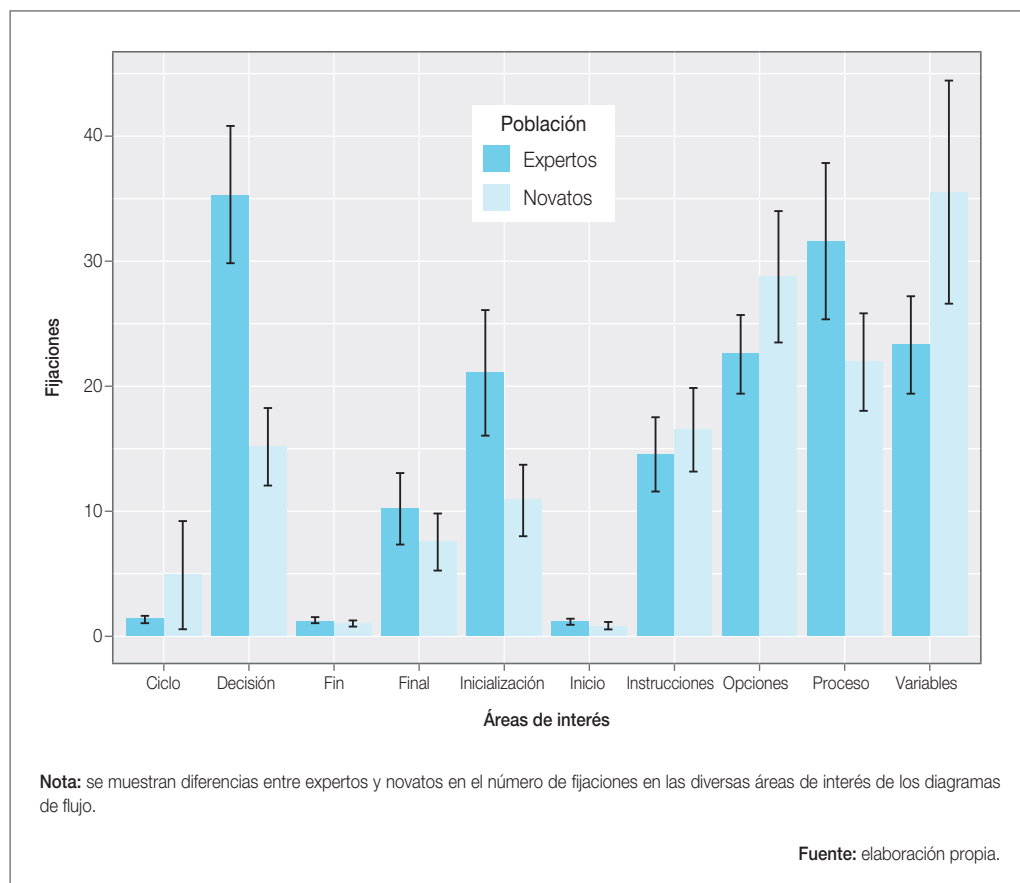
Las áreas de interés fueron definidas en función del criterio experto de profesores de la Escuela de Ciencias de la Computación de la Universidad de Costa Rica

---

## 4. Resultados

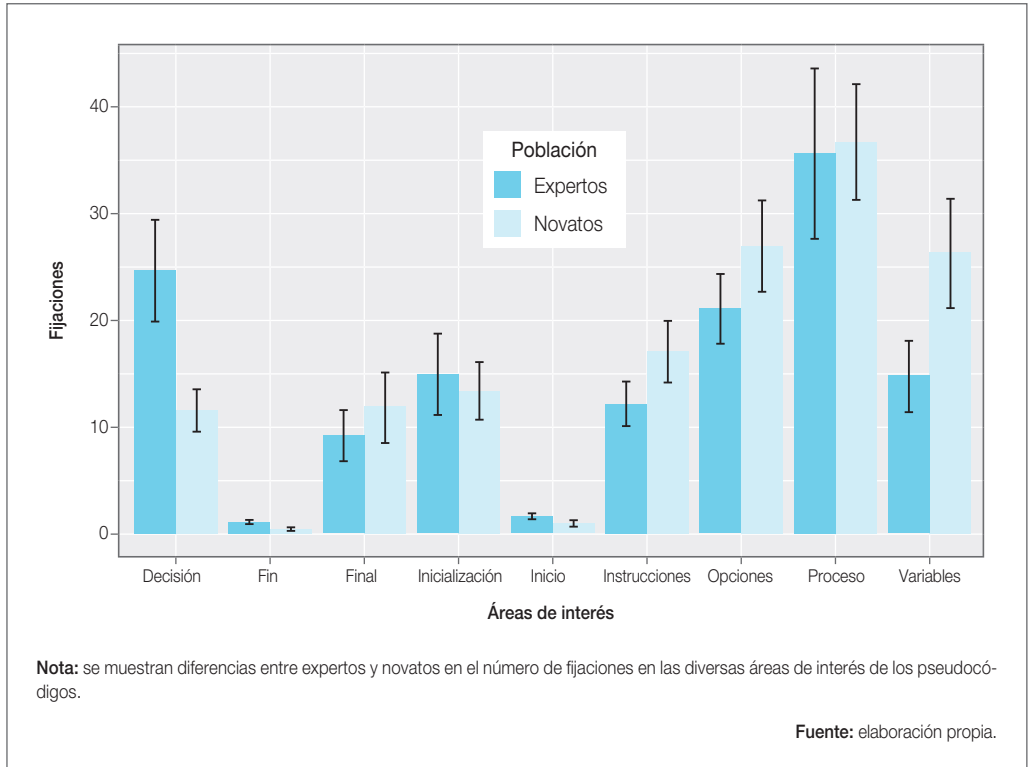
En la figura 2 se muestra que, en los diagramas de flujo, los expertos presentan un mayor número de fijaciones en las áreas de decisión, inicialización y proceso, tomando en cuenta el error estándar, mientras que los novatos presentan un mayor número de fijaciones en las áreas de ciclo, opciones y variables, tomando en cuenta el error estándar.

Figura 2. Gráficos de barras con error estándar. Diagramas de flujo expertos-novatos



Como se puede apreciar en la figura 3, en los pseudocódigos, los expertos presentan un mayor número de fijaciones en el área de decisión, tomando en cuenta el error estándar, mientras que los novatos muestran más fijaciones en las áreas de instrucciones, opciones y variables. El incremento en el número de fijaciones puede ser un indicativo de mayor tiempo de procesamiento.

Figura 3. Gráficos de barras con error estándar. Pseudocódigos expertos-novatos



Las pruebas t-student mostraron diferencias significativas entre novatos y expertos en cuanto al rendimiento en los diagramas de flujo,  $p < 0,001$  (véase cuadro 2). Con respecto al rendimiento en los pseudocódigos, las pruebas t-student mostraron diferencias significativas entre novatos y expertos,  $p < 0,001$  (véase cuadro 3).

Cuadro 2. Prueba t-student. Diferencias en rendimiento entre expertos y novatos en diagramas de flujo

Población	N	Media	T	DF	p-value
Expertos	9	0,87	10,83	1.507,5	2,2e-16
Novatos	9	0,66			

**Nota:** N (tamaño de la muestra), T (puntuación t) y DF (grados de libertad).

**Fuente:** elaboración propia.

**Cuadro 3. Prueba t-student. Diferencias en rendimiento entre expertos y novatos en pseudocódigos**

Población	N	Media	T	DF	p-value
Expertos	9	0,79	4,10	1.578,3	4,33e-05
Novatos	9	0,70			

Nota: N (tamaño de la muestra), T (puntuación t) y DF (grados de libertad).

Fuente: elaboración propia.

Las pruebas t-student llevadas a cabo para determinar si hay diferencias significativas entre novatos y expertos en cuanto al tiempo que duraron resolviendo los problemas mostraron que, en el caso de los diagramas de flujo, no se encontraron diferencias significativas,  $p > 0,001$  (véase cuadro 4).

Con relación a los pseudocódigos, las pruebas t-student mostraron diferencias significativas entre novatos y expertos en cuanto al tiempo que duraron resolviendo los pseudocódigos,  $p < 0,001$  (véase cuadro 5).

**Cuadro 4. Prueba t-student. Diferencias en la duración en milisegundos entre expertos y novatos en diagramas de flujo**

Población	N	Media	T	DF	p-value
Expertos	9	47.880,46	1,49	1.629,3	0,13
Novatos	9	45.626,37			

Nota: N (tamaño de la muestra), T (puntuación t) y DF (grados de libertad).

Fuente: elaboración propia.

**Cuadro 5. Prueba t-student. Diferencias en la duración en milisegundos entre expertos y novatos en pseudocódigos**

Población	N	Media	T	DF	p-value
Expertos	9	36.544,13	- 5,43	1.509,1	6,485e-08
Novatos	9	43.144,68			

Nota: N (tamaño de la muestra), T (puntuación t) y DF (grados de libertad).

Fuente: elaboración propia.

## 5. Discusión

Al tomarse en cuenta como variables de control la inteligencia fluida y la memoria de trabajo de las personas participantes, se descarta que las diferencias observadas se deban a una disparidad en las capacidades cognitivas de los participantes. Esto es de relevancia para futuras investigaciones con seguimiento ocular, ya que, debido a lo especializado que es el equipo y al tiempo de aplicación (alrededor de 1 hora por participante, incluyendo la firma de consentimiento informado y otras pruebas que hay que aplicar), las muestras en este tipo de estudios suelen ser pequeñas, en torno a los 15-30 participantes (Gegenfurth *et al.*, 2011), por lo que contar con métodos adicionales para asegurar la confiabilidad de los datos es importante.

Al disponerse de una batería de ítems más extensa que en investigaciones anteriores, se asegura una mayor confiabilidad externa de los datos, ya que se simula con mayor fiabilidad el tipo de experiencia a la que se verán sometidos los estudiantes en el entorno académico.

Al relevarse que hay un patrón diferenciado de visualización entre novatos y expertos, mostrándose que los segundos tienen un mayor rendimiento, se debe procurar que los novatos adopten en su formación estrategias similares para poder resolver los problemas de representación de algoritmos.

En concreto, se identificó que los novatos llevan a cabo una mayor cantidad de fijaciones en áreas de interés de tipo informativo, mientras que los expertos se centran en las áreas que contienen la información relevante para la resolución del problema.

## 6. Conclusiones y recomendaciones

En los expertos, aproximadamente, la mitad de las fijaciones se centran en las áreas de interés más relevantes para la resolución del problema, mientras que, en los novatos, aproximadamente, un tercio de las fijaciones se concentran en esas áreas. En cuanto al rendimiento, se observaron diferencias significativas entre expertos y novatos, mostrando los primeros mejor rendimiento. En cuanto a la duración de la resolución de los ejercicios, solo se encontraron diferencias significativas entre expertos y novatos al resolver pseudocódigos.

Al tomarse en cuenta como variables de control la inteligencia fluida y la memoria de trabajo de las personas participantes, se descarta que las diferencias observadas se deban a diferencias en las capacidades cognitivas de los participantes.

El que se lleve a cabo un control de las habilidades cognitivas es de relevancia para futuras investigaciones con seguimiento ocular, ya que contar con métodos adicionales para asegurar la confiabilidad de los datos es importante.

Al disponerse de una batería de ítems más extensa que en investigaciones anteriores, se asegura una mayor confiabilidad externa de los datos, ya que se simula con mayor fiabilidad el tipo de experiencia a la que se verán sometidos los estudiantes en el entorno académico.

Los datos parecen indicar que el uso de diagramas de flujo únicamente es adecuado para ejercicios de baja dificultad, por lo que su utilización debería limitarse únicamente a las primeras clases de computación.

Los expertos presentaron mayores tiempos de ejecución y menor rendimiento al emplear diagramas de flujo, lo que puede ser indicativo de que se ha perdido experiencia en el uso de dicho sistema de representación.

El mayor tiempo de ejecución y el menor rendimiento en los ejercicios de búsqueda de errores podría ser indicativo de que este tipo de problemas podría demandar una mayor carga de memoria de trabajo; sin embargo, dicha hipótesis no se puso a prueba en esta investigación.

#### Recomendaciones para docentes de programación:

- En novatos, presentar ejemplos en que las áreas más importantes estén representadas de otro color, pudiéndose utilizar este sistema tanto en los pseudocódigos como en los diagramas de flujo.
- En novatos, variar el sistema de representación de los diagramas de flujo en función de si forman parte de la etapa del proceso de inicialización o de la etapa del proceso central, ya que se utiliza la misma simbología para representar ambas etapas.
- A nivel intermedio, procurar adoptar lo más rápido posible el uso de pseudocódigos, dada su mayor similitud a los lenguajes de programación.
- A nivel intermedio, procurar llevar a cabo ejercicios de detección de errores, dado que son más exigentes.

#### Recomendaciones para investigadores de ciencias de la computación:

- Revisar estudios previos similares hechos con lenguajes de programación específicos para determinar en ese lenguaje cuáles son las áreas de interés relevantes para resolver problemas.
- Explorar la posibilidad de llevar a cabo estudios de seguimiento ocular con el objetivo de contribuir a estudios de control de calidad de *software*.
- Dichos estudios se suelen basar, en gran parte, en la percepción del usuario acerca del desempeño del sistema.



### Recomendaciones para investigadores en ciencias cognitivas:

- Profundizar en las diferencias en la carga en la memoria de trabajo en las tareas de identificación de errores y de reconocimiento de la función que implementa un método.
- Profundizar en las estrategias cognitivas empleadas por los estudiantes al resolver problemas de algoritmos computacionales; por ejemplo, desde el modelo de adquisición-codificación-recuperación-apoyo.

## Referencias bibliográficas

- Allaire, J., Xie, Y., Mc Pherson, J., Luraschi, J., Ushley, K., Atkins, A. y Wickham, H. (2020). *Dynamic Documents for R*. Recuperado de <<https://cran.r-project.org/web/packages/rmarkdown/rmarkdown.pdf>> (consultado el 16 de enero de 2020).
- Andrzejewska, M., Stolinska, A., Blasiak, W., Peczkowski, P., Rosiek, R., Rozek, B., Sajka, M. y Wcislo, D. (2015). Eye-tracking verification of the strategy used to analyse algorithms expressed in a flowchart and pseudocode. *Interactive Learning Environments*, 24(8), 1.981-1.995.
- Aschwanden, C. y Crosby, M. (2006). Code scanning patterns in program comprehension. *39th Annual Hawaii International Conference on Systems*.
- Bednarik, R. (2012). Expertise dependent visual attention strategies develop over time during debugging with multiple code representations. *International Journal of Human-Computer Studies*, 70, 143-155.
- Bednarik, R., Busjahn, T. y Schulte, C. (2014). Eye movements in programming education: analyzing the expert's gaze. *Proceedings of the First International Workshop*.
- Cattell, R. y Cattell, A. (2015). *Manual prueba factor G de Catell*. Madrid: Tea Ediciones.
- Dink, J. W. y Ferguson, B. (2015). *EyetrackingR: An R Library for Eye-Tracking Data Analysis*. Recuperado de <<http://www.eyetrackingr.com>> (consultado el 15 de enero de 2020).
- Gegenfurther, A., Lehtinen, E. y Saljo, R. (2011). Expertise differences in the comprehension of visualizations: a meta-analysis of eye-tracking research in professional domains. *Educational Psychology Review*, 23, 523-552.
- Lin, Y., Wu, C., Hou, T., Lin, Y., Yang, F. y Chang, C. (2015). Tracking students cognitive processes during program debugging: an eye movement approach. *IEEE Transactions on Education*, 59(3), 175-186.

Pinales, F. y Velázquez, C. (2014). *Algoritmos resueltos con diagramas de flujo y pseudo-código*. Aguascalientes, México: Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Rueda, S. (2013). El desarrollo de la comprensión lectora en las carreras de informática. *XVIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*. Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación, Universidad Nacional del Sur.

SR Research. (2017). *EyeLink Data Viewer User's Manual*. Ontario, Canadá: SR Research.

Tierney, N., Cook, D., McBain, M. y Fay, C. (2020). *Data Structures, Summaries and Visualizations for Missing Data*. Recuperado de <<https://cran.r-project.org/web/packages/naniar/naniar.pdf>> (consultado el 17 de enero del 2020).

Tsapatsoulis, N. (2014). *Learning Technologies & Open and Distance Learning*. Nicosia, Chipre: University of Cyprus.

Wickham, H. y Grolemund, G. (2017). *R for Data Science*. EE. UU.: O'Reilly.

Wickham, H., Francois, R., Henry, L. y Muller, K. (2020). *A Grammar of Data Manipulation*. Recuperado de <<https://cran.r-project.org/web/packages/dplyr/dplyr.pdf>> (consultado el 18 de enero de 2020).

Wickham, H., Chang, W., Henry, L., Pedersen, T., Takahashi, K., Wilke, C. y Woo, K. (2020). *Create Elegant Data Visualizations Using the Grammar of Graphics*. Recuperado de <<https://cran.r-project.org/web/packages/ggplot2/ggplot2.pdf>> (consultado el 19 de enero de 2020).



## Máster en Tecnología Educativa

Este máster oficial [60 créditos ECTS] tiene una duración normal de 12 meses.

**Dirigido a:** Titulados universitarios de las distintas ramas del conocimiento que deseen especializarse en el correcto desempeño de las funciones de un experto en tecnología educativa. No exige experiencia previa en el ámbito educativo. Especialmente dirigido a titulados en Magisterio, Pedagogía y Educación Social.

Aquellas personas interesadas que no provengan de las titulaciones anteriormente citadas deberán realizar unos complementos formativos.

**Objetivos:** Capacitar a profesores, investigadores y educadores en el conocimiento y empleo de las nuevas tecnologías de la comunicación y la información, así como de los modelos formativos e-learning y b-learning, en beneficio de las acciones formativas en los nuevos contextos educativos. También profundiza en el conocimiento de las posibilidades que ofrecen las tecnologías actuales y emergentes para encontrar nuevas formas de obtención y manejo de información en ámbitos educativos.

Inicio en **octubre** y **febrero** de cada año

[www.udima.es](http://www.udima.es) | 918 561 699



## Máster en Formación del Profesorado de Educación Secundaria

Este máster oficial en Formación del Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas [60 créditos ECTS] tiene una duración normal de 12 meses.

**Dirigido a:** La universalización de la enseñanza secundaria y el incremento de la atención a la diversidad de alumnos en todos los niveles de enseñanza han hecho más patente la necesidad de mayor formación didáctica. El educador ya no solo ha de ser un experto en su materia, sino que debe tener la suficiente capacidad didáctica para adaptar la misma a grupos de alumnos muy heterogéneos en intereses, capacidades y actitudes.

**Objetivos:** Adquirir todas las habilidades y competencias necesarias para poder desarrollar una carrera profesional en el ámbito de la enseñanza en los niveles de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas de acuerdo a la normativa vigente, ya sea para dar clase en centros públicos, privados o concertados. Ofrecer formación integral y especializada a los participantes.

Inicio en **octubre** y **febrero** de cada año

[www.udima.es](http://www.udima.es) | 918 561 699

## Publicaciones de interés

Área de Tecnología, Ciencia y Educación

### Psicología de la educación para docentes de infantil y primaria

Coordinadoras: Laura Granizo González, María Luna Chao, Isabel Martínez Álvarez



Llegar a ser un buen educador implica un proceso de formación continua en el cual se hace necesario conocer en profundidad las contribuciones de distintas disciplinas, entre ellas la psicología. Pensada para la formación de los estudiantes de magisterio, con un estilo riguroso, pero cercano, y usando multitud de ejemplos extraídos fundamentalmente de aulas de infantil y primaria, esta obra pretende ser una primera aproximación a algunas de las aportaciones más relevantes que hace la psicología de la educación para analizar la práctica educativa e intervenir sobre los principales retos que plantea.

Este manual contiene diez capítulos divididos en dos partes. La primera sirve como marco de referencia conceptual para comprender los factores que contribuyen a explicar la calidad de los procesos de enseñanza y aprendizaje que se llevan a cabo en las escuelas. En la segunda parte, se reflexiona sobre el modelo de escuela inclusiva y sobre las formas de atender a la diversidad del alumnado.

Más información en [tienda.cef.udima.es](http://tienda.cef.udima.es) | 914 444 920

## Metodología personalizada con resultados de aprendizaje garantizados

La formación de lenguas extranjeras se lleva a cabo dentro de la normativa vigente de la enseñanza de idiomas en España y en la Comunidad Europea. Los cursos presentan un diseño adaptado al Marco Común Europeo de Referencia para las Lenguas y a la metodología propia de la UDIMA: un sistema de enseñanza cercano, flexible, actual, dinámico y personalizado.

## Cursos generales

### *Cursos universitarios de español*

Títulos propios no oficiales que tratan de acercar al alumno a las habilidades lingüísticas necesarias para el dominio del español como lengua extranjera.

### *Curso de chino (nivel iniciación)*

Este curso permite que los estudiantes adquieran las capacidades necesarias para defenderse en situaciones sencillas de la vida cotidiana y para desenvolverse socialmente en el idioma chino. Además, prepara al alumno para el examen oficial de primer nivel HSK1/A1.

## Cursos de preparación de exámenes

### *Certificate in Advanced English (CAE)*

La finalidad del Certificate in Advanced English (CAE) es proporcionar a estudiantes y profesores de idiomas, en una variedad de situaciones, el acceso a una amplia gama de exámenes internacionales de gran calidad, test y diplomas para profesores que les ayuden a lograr sus metas personales y que repercutan favorablemente en su experiencia de aprendizaje y desarrollo profesional. El Certificate in Advanced English (CAE) se corresponde con el nivel C1 del Marco de Referencia Europeo.

### *Curso de preparación TKT CLIL Module (TKT)*

Este curso, indicado para profesores que están preparando el examen TKT CLIL, les aportará las herramientas y el conocimiento necesarios para superar el examen oficial y para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje en el aula CLIL. El curso se dará en inglés, ayudando al alumno a reforzar el vocabulario, la gramática y las funciones que han sido aprendidos previamente con explicaciones y correcciones puntuales. Los contenidos se centrarán en los temas necesarios para dar una clase CLIL (principios teóricos, planificación en el aula, técnicas y evaluación).

### *Preliminary English Test (PET)*

El Preliminary English Test (PET) es un examen de inglés de nivel intermedio. La preparación de este examen ayudará a mejorar las destrezas lingüísticas y el uso del inglés para comunicarse con hablantes nativos de manera cotidiana. El Preliminary English Test (PET) se corresponde con el nivel B1 del Marco de Referencia Europeo.

### *First Certificate in English (FCE)*

La finalidad del First Certificate in English (FCE) es proporcionar a los estudiantes de idiomas la preparación suficiente que les permita lograr sus metas personales, repercutiendo favorablemente en su experiencia de aprendizaje y desarrollo profesional. El First Certificate in English (FCE) se corresponde con el nivel B2 del Marco de Referencia Europeo.

