



Booklets

RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - Google Scholar DOI - REDIB - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID - V|LEX - EBSCO

# Title: Learning analytics with CAD traces and predictive models: Reliability and performance

Authors: Corral-Verdugo, Alex, Sepúlveda-Romo, Adrián, Jimenez-Lopez, Eusebio and León-Rochin, German

ROR Universidad Tecnologica del sur de Sonora / Universidad La Salle Noroeste • ODI-7910-2025 • 0009-0002-7645-857 • 072915  
ROR Universidad Tecnologica del sur de Sonora • OJT-1262-2025 • 0000-0002-7639-3512 • 2072915  
ROR Instituto Tecnológico Superior de Cajeme / Universidad La Salle Noroeste • 0000-0001-6893-3550 • 66512  
ROR Universidad Tecnologica del sur de Sonora • OQK-6272-2025 • 0000-0002-0120-7922 • 1265462

Editorial label MARVID: 607-8695

BMARVID Control Number: 2025-01

BMARVID Classification (2025): 121225-0001

RNA: 03-2010-032610115700-14

Pages: 12

SECIHTI classification:

Area: Social Sciences and Humanities

Field: Education

Discipline: Education

Subdiscipline: Comparative Education

### MARVID-México

Park Pedregal Business. 3580,  
Anillo Perif., San Jerónimo  
Aculco, Álvaro Obregón,  
01900 Ciudad de México, CDMX,  
Phone: +52 1 55 6159 2296  
Skype: MARVID-México S.C.  
E-mail: contact@marvid.org  
Facebook: MARVID-México S. C.  
X: @Marvid\_México

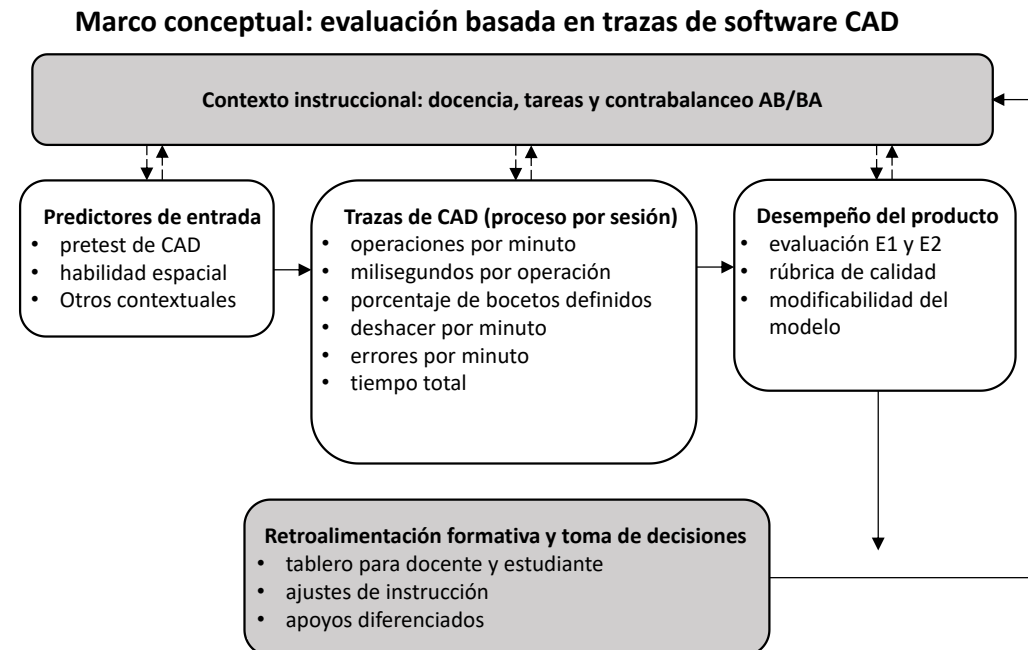
www.marvid.org

### Holdings

Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

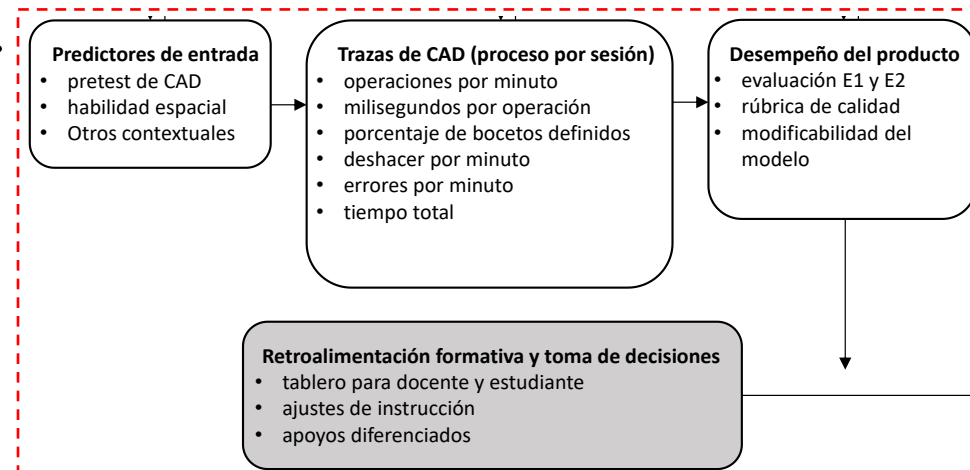
# Introduction — Evaluar CAD más allá del producto final

- La evaluación tradicional privilegia el **producto final** y oculta el **proceso** de modelado; esto limita la retroalimentación oportuna en educación técnica.
- Las trazas CAD (operaciones/min, **ms operación**, % bocetos definidos, deshacer/min, errores/min, tiempos) miden el proceso de forma **objetiva y reproducible**.
- Necesitamos conectar **proceso medible** con **retroalimentación formativa** y decisiones de enseñanza.



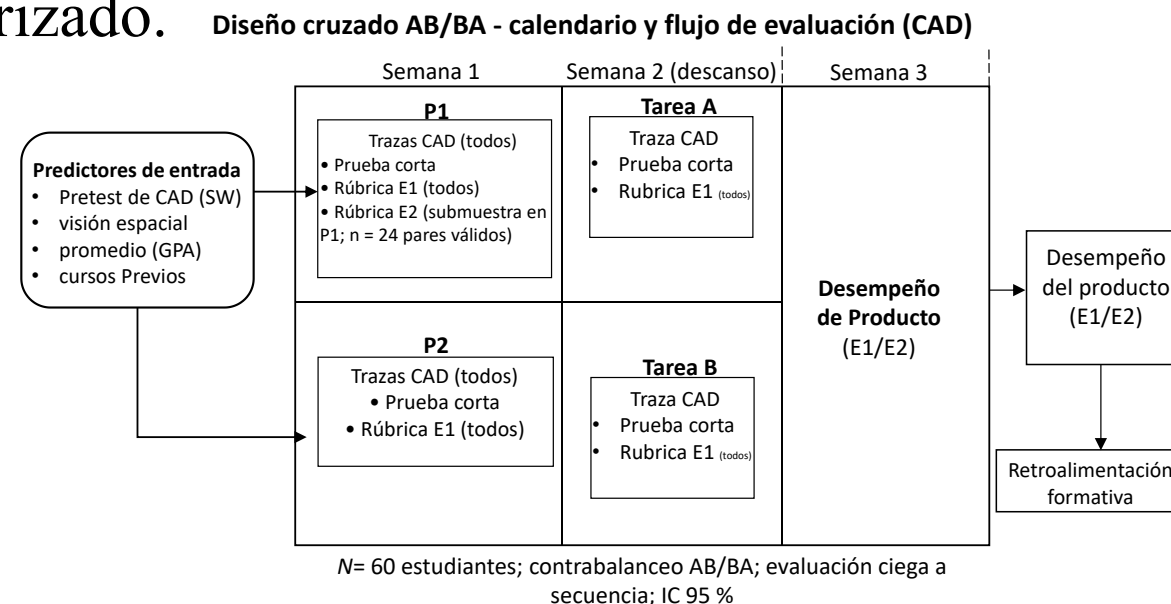
# Introduction — Objetivo y contribuciones del estudio

- **Objetivo:** validar un marco de evaluación que integra trazas CAD con predictores (pretest de SolidWorks y visión espacial) para estimar desempeño en educación técnica.
  - **Contribución 1: Confiabilidad alta** entre E1 y E2 con un evaluador + auditorías periódicas.
  - **Contribución 2: Predicción robusta** del desempeño (pretest CAD lidera; visión espacial complementa).
  - **Contribución 3: evidencia de sesgo por tarea (A menor que B) y ajuste recomendado de la rúbrica A.**



# Methodology — Diseño cruzado AB/BA con dos periodos

- **Muestra:** 60 estudiantes (30 matutino 3A-MEC; 30 vespertino 3B-MEC); asignación balanceada: **15 AB** y **15 BA** por turno; **evaluación ciega** para quien califica.
- **Calendario:** **Periodo 1** (P1) tarea según secuencia; **separación de una semana**; **Periodo 2** (P2) tarea complementaria. **E1** en todos; **E2** en **submuestra cercano al 40 %** (n=24 pares válidos).
- **Instrumentos y captura:** rúbrica de producto; **trazas CAD** registradas en **SolidWorks 2021** con protocolo estandarizado.



# Methodology — Variables y enfoque analítico

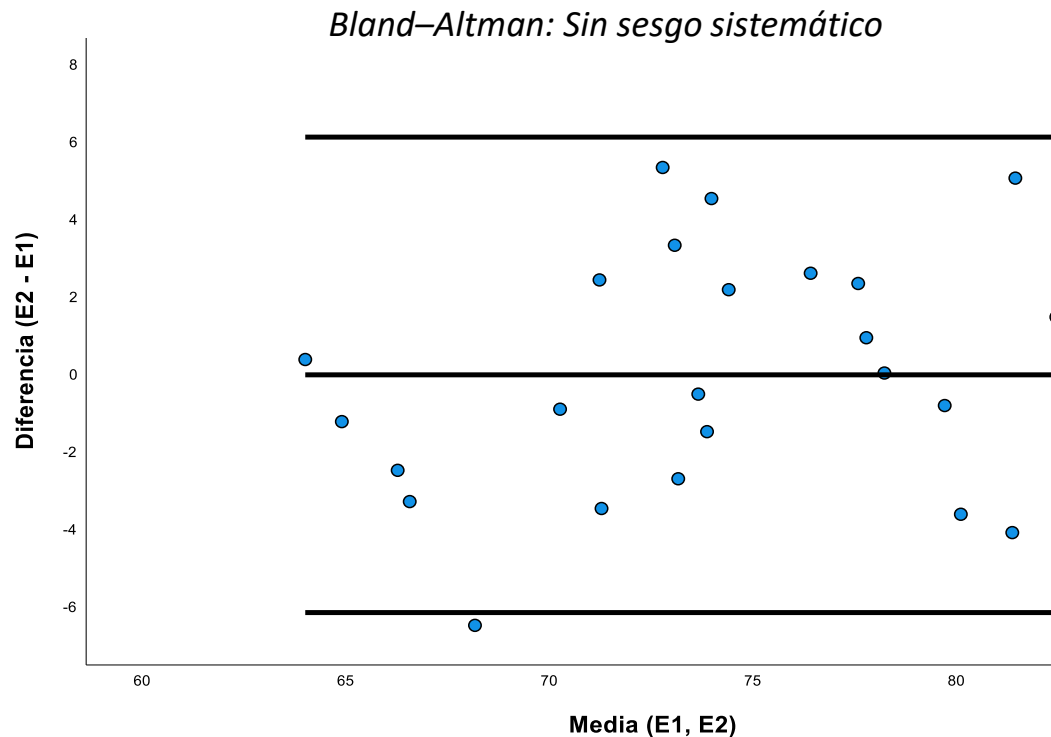
- **Variables de trazas:** operaciones/min, **ms por operación**, % de **bocetos definidos**, deshacer/min, errores/min, **tiempo total** (y **tiempo de reconstrucción** cuando aplica).  
Producto: E1/E2 por rúbrica.
- **Predictores:** **SolidWorks** y **visión espacial**; (opcionales de contexto: **GPA**, cursos previos).
- **Análisis confirmatorio:** **MIXED** con **periodo**, **tarea**, **secuencia** y **periodo por secuencia** (interacción); efecto aleatorio por estudiante; supuestos y **IC 95 %**.
- **Análisis predictivo:** **regresión múltiple** (modelo: **E1** como función de **pretest** y **visión espacial** reportar coeficientes, **IC 95 %**, **p** y **R<sup>2</sup>** ajustada; validación (si aplica).

## Trazas de CAD (proceso por sesión)

- operaciones por minuto
- milisegundos por operación
- porcentaje de bocetos definidos
- deshacer por minuto
- errores por minuto
- tiempo total

# Results — Confiabilidad E1–E2

- **Alta y estable** con un evaluador + **auditorías periódicas.**
- $\alpha = .915$
- $CCI(3,k) = .915$ ; IC 95 % [.804, .963]
- $E2-E1 = -0.01$ ; IC 95 % [-1.31, 1.33];  $t(23)=-0.02$ ;  $p=.986$

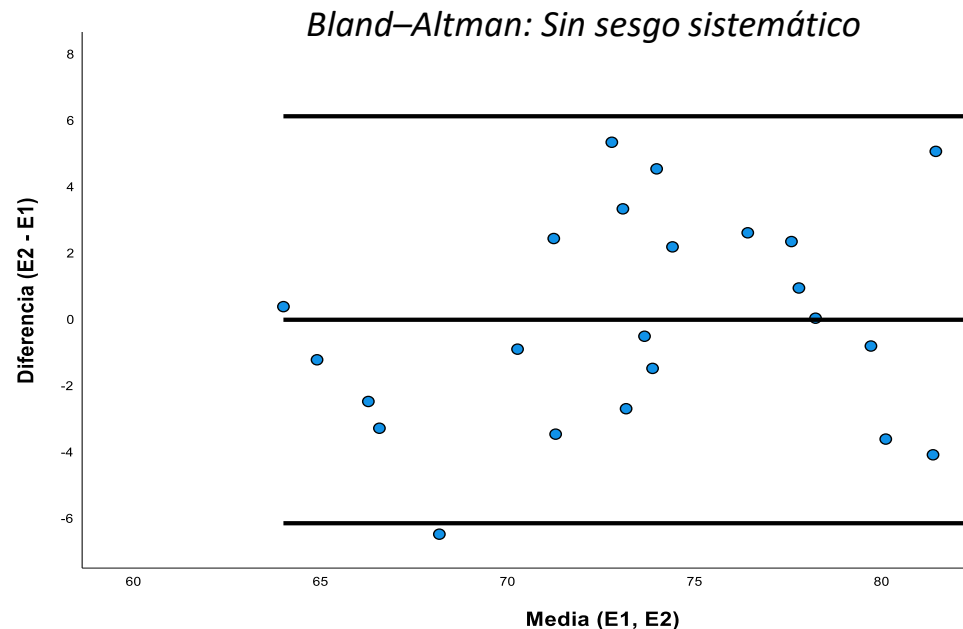


Confiabilidad E1–E2;  $CCI(3,k)=.915$ , IC 95 % [.804, .963];  $E2-E1=-0.01$ , IC 95 % [-1.31, 1.33];  $t(23)=-0.02$ ;  $p=.986$ .

# Results — Acuerdo E1–E2 (Bland–Altman)

Sin sesgo sistemático entre E1 y E2; diferencias dentro de bandas de acuerdo.

- Sesgo medio cercano a  $-0.01$  (E2–E1).
- Sesgo proporcional no significativo:  $\beta = 0.151$ ,  $p = .222$ .
- Submuestra:  $n = 24$  pares válidos.



*Bland–Altman E2–E1: sesgo medio cercano  $-0.01$ ;  $t(23)=-0.02$ ,  $p=.986$ ; sesgo proporcional  $\beta=0.151$ ,  $p=.222$ ;  $n=24$ .*

# Results — Predicción del desempeño (Regresión)

El **pretest de CAD** es el predictor principal; **la visión espacial complementa**.

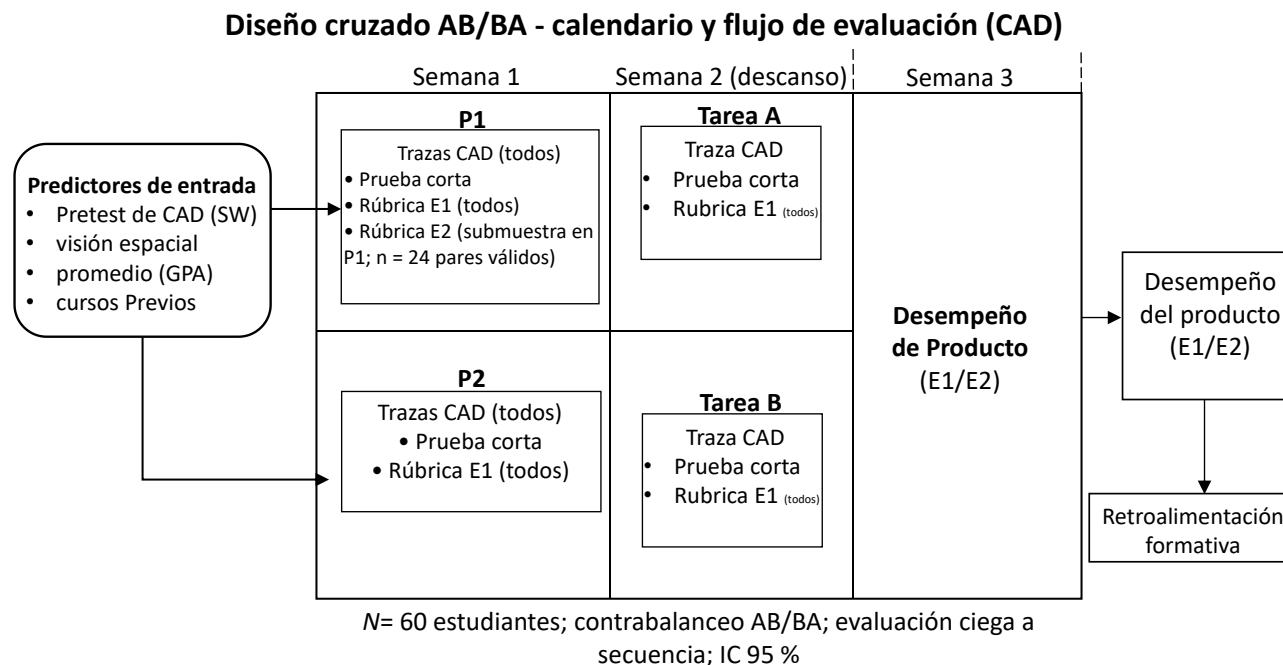
- **Modelo E1 (n= 120):**  $R^2$  ajustada = **0.611**;  $F(2,117)=94.41$ ,  $p<.001$ ; supuestos verificados.
- **Pretest CAD:**  $B = .261$ , IC 95 % [.214, .308],  $p<.001$  (efecto principal).
- **Visión espacial:**  $B = .180$ , IC 95 % [.124, .235],  $p<.001$  (efecto complementario).

<b>Predictor</b>	<b>B (IC 95 %)</b>	<b>p</b>
Pretest de CAD	.261 [.214, .308]	< .001
Visión espacial	.180 [.124, .235]	< .001

# Results — Diferencia por tarea (A vs B)

La **tarea A** obtuvo calificación menor que la **tarea B**; ajustar **rúbrica A**.

- Diferencia **A menor que B** en calificación de producto (E1).
- **Hallazgo** coherente con el **diseño AB/BA** y la carga cognitiva de la tarea A.
- **Acción didáctica**: refinar anclajes y ejemplos en **rúbrica A**.



Diseño AB/BA y puntos de medición; evidencia de menor calificación en tarea A; se sugiere ajustar anclajes de la rúbrica A.

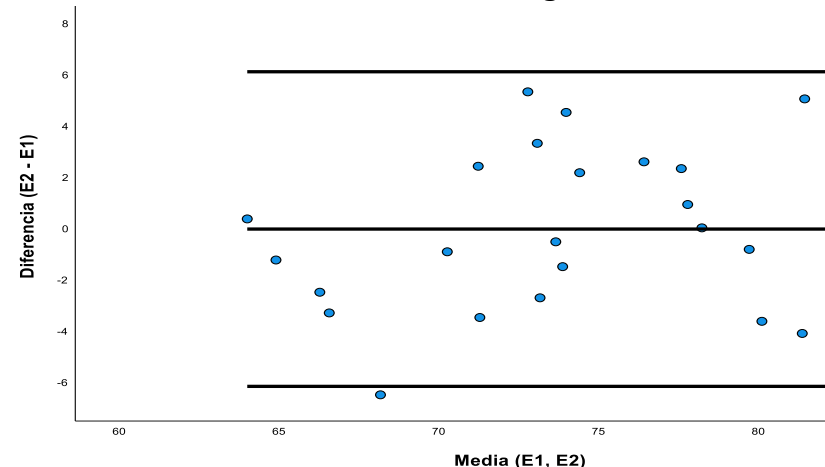
# Annexes — Confiabilidad E1–E2 (respaldo)

- $\alpha = .915$ ; CCI(3,k) = .915, **IC 95 %** [.804, .963];  $F(23, 23) = 11.81$ ;  $p < .001$ .
- **Diferencia emparejada E2–E1** =  $-0.01$ ; **IC 95 %** [ $-1.31, 1.33$ ];  $t(23) = -0.02$ ;  $p = .986$ .
- **Interpretación:** alta consistencia; **sin sesgo sistemático**.

Confiabilidad y comparación emparejada

Métrica	Valor
Alfa de Cronbach	0.915
CCI (dos vías, mixto, consistencia)	.915 (IC 95 % [.804, .963]); $F(23, 23) = 11.81$ ; $p < .001$
Diferencia E2–E1	$-0.01$ (IC 95 % [ $-1.31, 1.33$ ]); $t(23) = -0.02$ ; $p = .986$

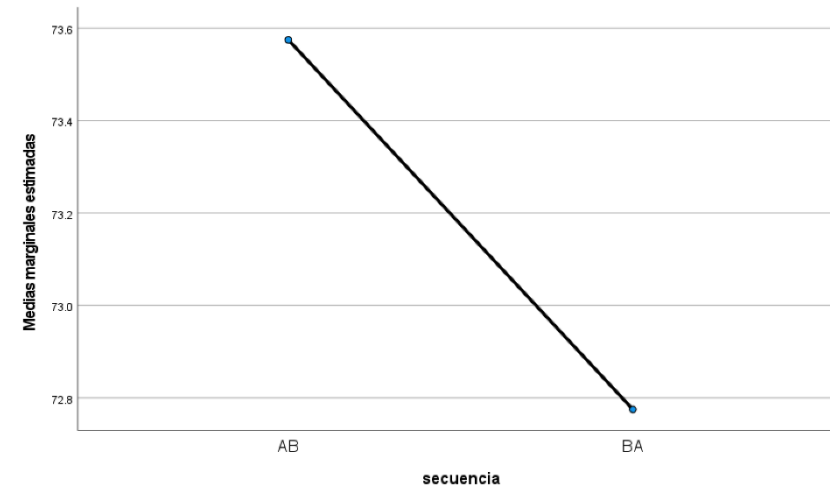
Bland–Altman: Sin sesgo sistemático



# Annexes — Predicción y controles (respaldo)

- **Modelo E1 (n = 120):**  $R^2$  ajustada = 0.611; pretest **CAD B** = .261 [.214, .308],  $p < .001$ ; **visión espacial B** = .180 [.124, .235],  $p < .001$ .
- **Control por secuencia:** EMMMeans **AB vs BA** con IC 95 % (efecto controlado).
- **Supuestos verificados:** normalidad de residuos, homocedasticidad, ausencia de colinealidad.

Predictor	B (IC 95 %)	p
Pretest de CAD	.261 [.214, .308]	< .001
Visión espacial	.180 [.124, .235]	< .001



Regresión lineal múltiple: E1 en función de pretest CAD y visión espacial; se reportan B, IC 95 %,  $p$  y  $R^2$  ajustada

*EMMeans AB vs BA con IC 95 %; el efecto de secuencia está controlado en los modelos principales*

# Conclusions — Mensajes clave

- **Confiabilidad alta:**  $\alpha = .915$ ;  $CCI(3,k) = .915$ ; **sin sesgo sistemático** (Bland–Altman dentro de bandas de acuerdo).
- **Predicción del desempeño:**  $R^2$  ajustada = 0.611; el **pretest CAD** es el predictor principal ( $B = .261$ , **IC 95 %** [.214, .308],  $p < .001$ ) y la **visión espacial complementa** ( $B = .180$ , **IC 95 %** [.124, .235],  $p < .001$ ).
- **Implicación didáctica:**  $A < B$  en calificación de producto (E1); **ajustar anclajes y ejemplos de la rúbrica A** y usar trazas CAD para retroalimentación formativa.

# References

- **Mandorli, F., & Otto, H. E. (2024).** Improving the learning experience within MCAD education: The provision of feedback on CAD model quality and dormant deficiency in real-time. *Computer-Aided Design and Applications*, 21(5), 739-758. <https://doi.org/10.14733/cadaps.2024.739-758>
- **Otto, H. E., & Mandorli, F. (2021).** Advancing formative assessment in MCAD education: The visual analytics of parametric feature-based solid models. *Advanced Engineering Informatics*, 48, 101308. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2021.101308>
- **Wang, F.-H. (2021).** Interpreting log data through the lens of learning design: Second-order predictors and their relations with learning outcomes in flipped classrooms. *Computers & Education*, 168, 104209. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104209>
- **Susnjak, T., Ramaswami, G. S., & Mathrani, A. (2022).** Learning analytics dashboard: a tool for providing actionable insights to learners. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19(1), 12. <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00313-7>
- **Company, P., Contero, M., Camba, J. D., Salvador-Herranz, G., & Jorge, J. A. (2017).** A survey on 3D CAD model quality assurance and testing tools. *Computer-Aided Design*, 83, 64–79. <https://doi.org/10.1016/j.cad.2016.10.002>
- **Aranburu, A., Justel-Lozano, D., Camba, J. D., & Contero, M. (2023).** Assessing CAD modeling behaviour through event logs: Developing an automatic quality check for procedural feature-based models. *Computer-Aided Design*, 161, 103541. <https://doi.org/10.1016/j.cad.2023.103541>
- **Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (CONALEP). (2023).** Mapa curricular: Mecatrónica 2023 [documento institucional]. [https://www.conalep.edu.mx/sites/default/files/micrositios/MapaCurricular/MC\\_MECATRÓNICA23.pdf](https://www.conalep.edu.mx/sites/default/files/micrositios/MapaCurricular/MC_MECATRÓNICA23.pdf)



**MARVID®**

© MARVID-Mexico

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162, 163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169, 209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BMARVID is part of the media of MARVID-Mexico., E: 94-443.F: 008- ([www.marvid.org/booklets](http://www.marvid.org/booklets))