



LACLO-  
LALA  
JINIS

3 CONFERENCIAS SIMULTANEAS

Del 19 al 21 de Octubre,

# Learning analytics in computer programming courses

Edna Chaparro (edchaparroa@unal.edu.co)

Prof. Felipe Restrepo-Calle (ferestrepoca@unal.edu.co)

Prof. Jhon Jairo Ramírez-Echeverry (jjramireze@unal.edu.co)

PLaS (Programming Languages and Systems)  
Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá





# Agenda

- Introduction
- Trabajos relacionados
- Pregunta de investigación
- Metodología
- Resultados
- Discusión
- Conclusiones
- Trabajos futuros



# Introducción

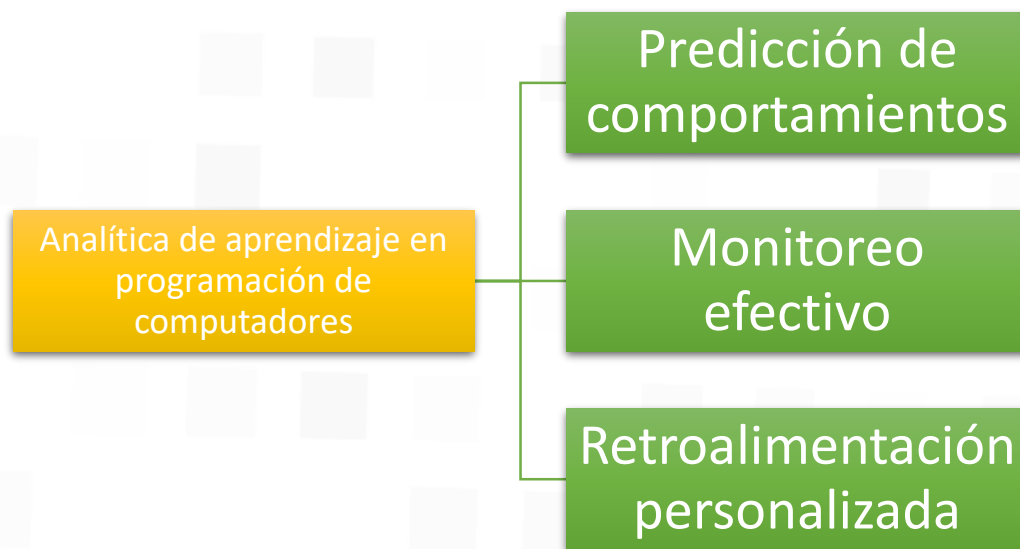
- ❑ Crecimiento exponencial de datos educativos y el potencial para generar conocimiento sobre procesos de aprendizaje.
- ❑ Esta información puede ser utilizada por profesores e instituciones para la toma de decisiones educativas.

**Analítica de aprendizaje:** Análisis de datos educativos aprovechando nuevas formas de datos digitales y técnicas avanzadas (e.g data science, IA, etc).

S. Society for Learning Analytics Research, What is learning analytics?, 2021.

M. D. Pistilli, J. E. Willis, J. P. Campbell, Analytics Through an Institutional Lens: Definition, Theory, Design, and Impact, Springer New York, 2014, pp. 79–102.

# Trabajos relacionados



D. Azcona, I.-H. Hsiao, A. F. Smeaton, Detecting students-at-risk in computer programming classes with learning analytics from students' digital footprints, *User Modeling and UserAdapted Interaction* 29 (2019) 759–788.

H. Shen, et al, Understanding learner behavior through learning design informed learning analytics, in: *Proc Conf Learning @ Scale, ACM, NY, USA, 2020*, p. 135–145.

D. Leony, et al, Provision of awareness of learners emotions through visualizations in a computer interaction environment, *Expert Systems with App* 40 (2013) 5093–5100.

O. H. T. Lu, J. C. H. Huang, A. Y. Q. Huang, S. J. H. Yang, Applying learning analytics for improving students engagement and learning outcomes in an moocs enabled collaborative programming course, *Interactive Learning Environments* 25 (2017) 220–234.

- Falta de investigaciones educativas que consideren un rango amplio de datos con gran diversidad de estudiantes.

R. Ferguson, *Learning analytics: drivers, developments and challenges*, *International Journal of Technology Enhanced Learning* 4 (2012) 304–317.

M. Schmitz, et al, *Opportunities and challenges in using learning analytics in learning design*, in: E. Lavoué, et al (Eds.), *Data Driven Approaches in Digital Education*, Springer International Publishing, 2017, pp. 209–223.

# Pregunta de investigación

¿Cuáles son las relaciones existentes entre los datos generados a partir de las interacciones de los estudiantes con una plataforma educativa y su desempeño académico en la asignatura Programación de Computadores al considerar diferentes grupos de estudiantes en el conjunto de datos?

**Objetivo:** Determinar las relaciones existentes entre medidas y métricas derivadas del proceso de aprendizaje y el rendimiento académico de los estudiantes en la asignatura Programación de Computadores de la Facultad de Ingeniería en la Universidad Nacional de Colombia.

# Metodología

- ❑ Enfoque cuantitativo.
- ❑ Descriptiva y correlacional.
- ❑ No experimental.
- ❑ Tres fases globales.



# Resultados

- Fase 1: Preparación de datos
  - Recolección de datos
    - Interacción con plataforma educativa UNCode de evaluación automática de ejercicios de programación.
      1. Múltiples intentos de solución.
      2. Almacena: fecha, hora y archivo.
      3. Retroalimentación automática – veredictos de error.
      4. Calificación numérica.
      5. Herramientas adicionales: resaltado de sintaxis, buenas prácticas de programación (Linter), visualización de ejecución (Python tutor), pruebas personalizadas (Custom input) y reporte de calificaciones (User statistics).



# Resultados

- Fase 1: Preparación de datos
  - Recolección de datos
    - Histórico 2 años (2019-2020).
    - Asignatura Programación de Computadores de la Universidad Nacional de Colombia.

mongo  
DB



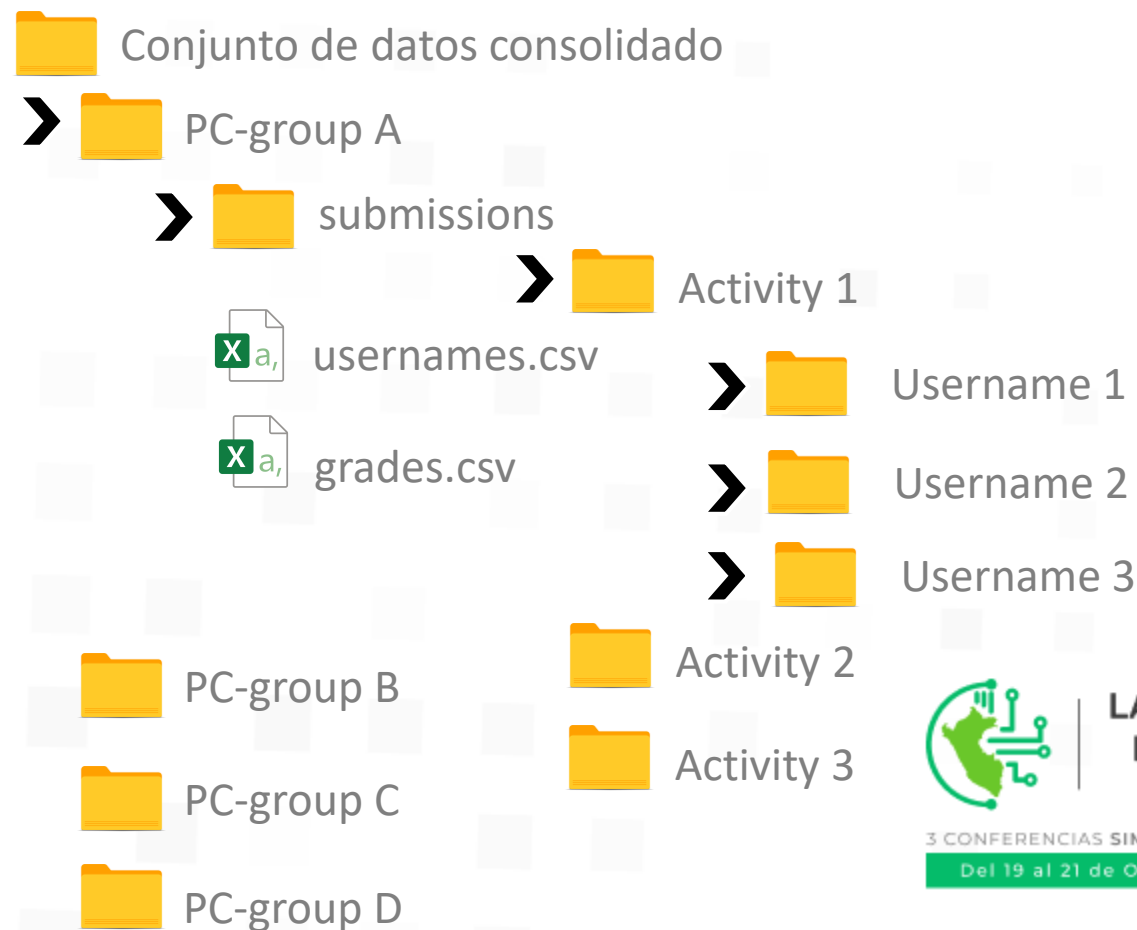
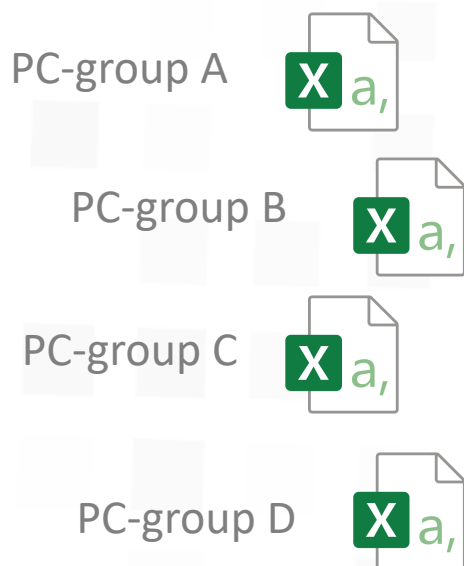
LACLO-  
LALA  
JINIS

3 CONFERENCIAS SIMULTANEAS  
Del 19 al 21 de Octubre.



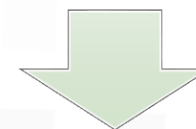
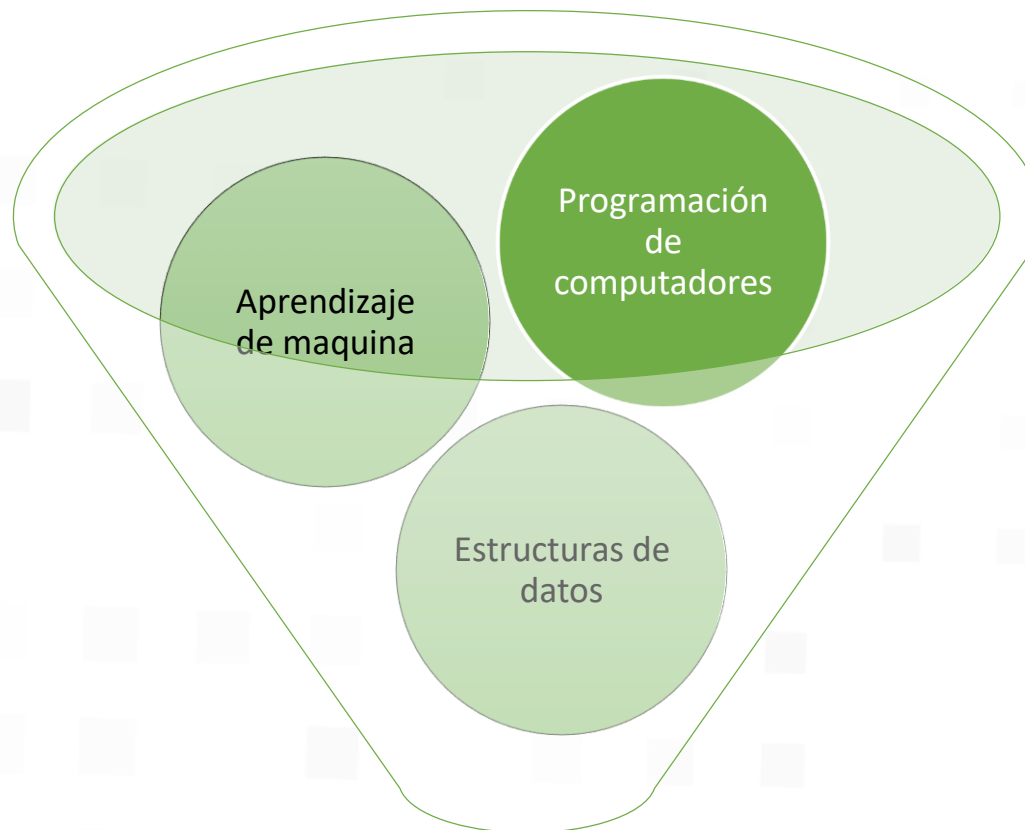
# Resultados

- Fase 1: Preparación de datos
  - Consolidación de datos



# Resultados

- Fase 1: Preparación de datos
  - Limpieza de datos



22 grupos  
1352 actividades  
735 estudiantes



LACLO-  
LALA  
JINIS

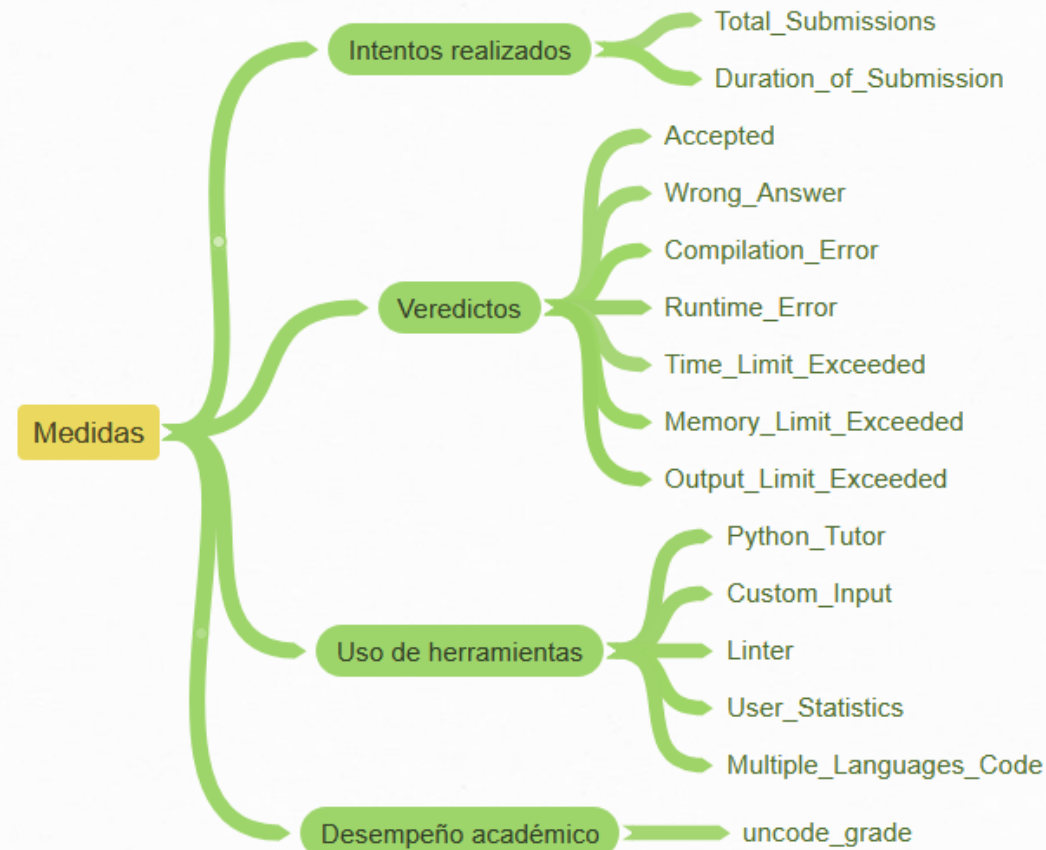
3 CONFERENCIAS SIMULTANEAS  
Del 19 al 21 de Octubre.

# Resultados

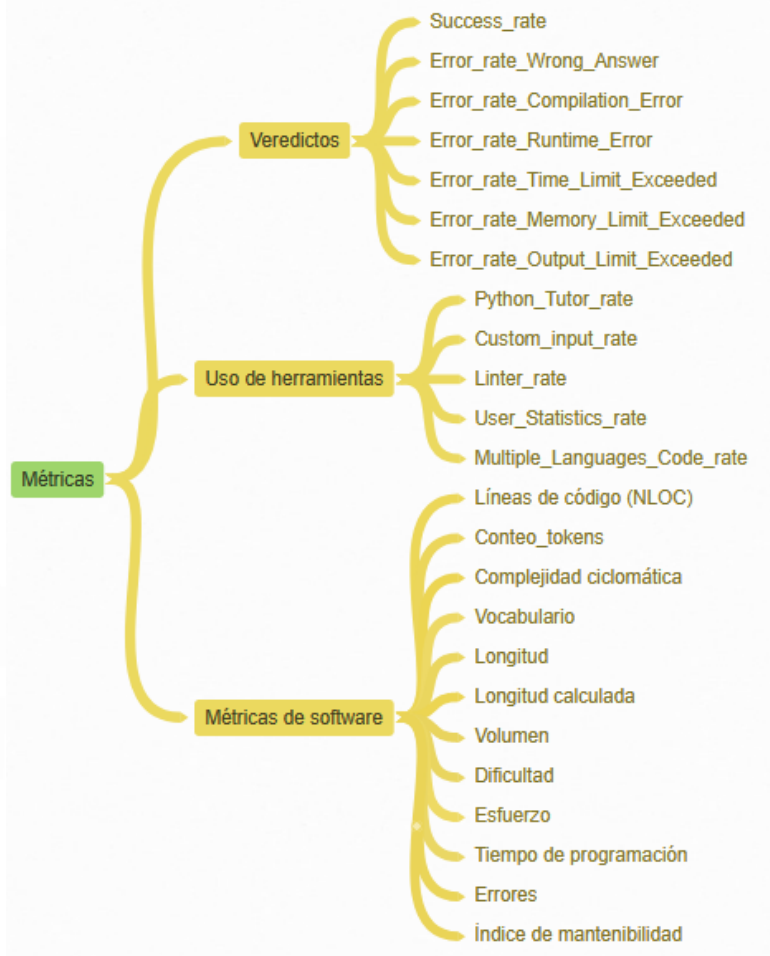
- Fase 2: Transformación de datos
  - Identificación de medidas
    - 15 medidas.
    - 4 categorías (intentos realizados, veredictos obtenidos, uso de herramientas y desempeño académico).



Archivos de código fuente enviados como  
solución → métricas de software



# Resultados



- Fase 2: Transformación de datos

- Diseño de métricas

- 24 métricas.
    - 3 categorías (7 tasa de veredictos, 5 tasa de uso de herramientas y 12 métricas de software).

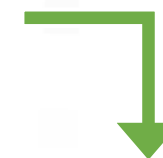
$$Tasa\ de\ veredicto_i = \frac{Veredicto_i}{\sum_i^7 Veredicto_i}$$

$$Tasa\ de\ uso\ de\ herramienta_i = \frac{Herramienta_i}{\sum_i^5 Herramienta_i}$$

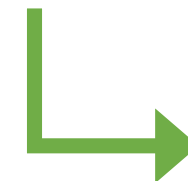
# Resultados

- Fase 2: Transformación de datos
  - Calculo de métricas
    - Tasas de veredictos y uso de herramientas: Ecuaciones directas.
    - **Librería *lizard***: NLOC y Conteo\_tokens.
    - **Librería *radon***: Complejidad ciclomática, índice de mantenibilidad y métricas de Halstead\*

\*Vocabulario, longitud, longitud calculada, volumen, dificultad, esfuerzo, tiempo de programación y errores



 python

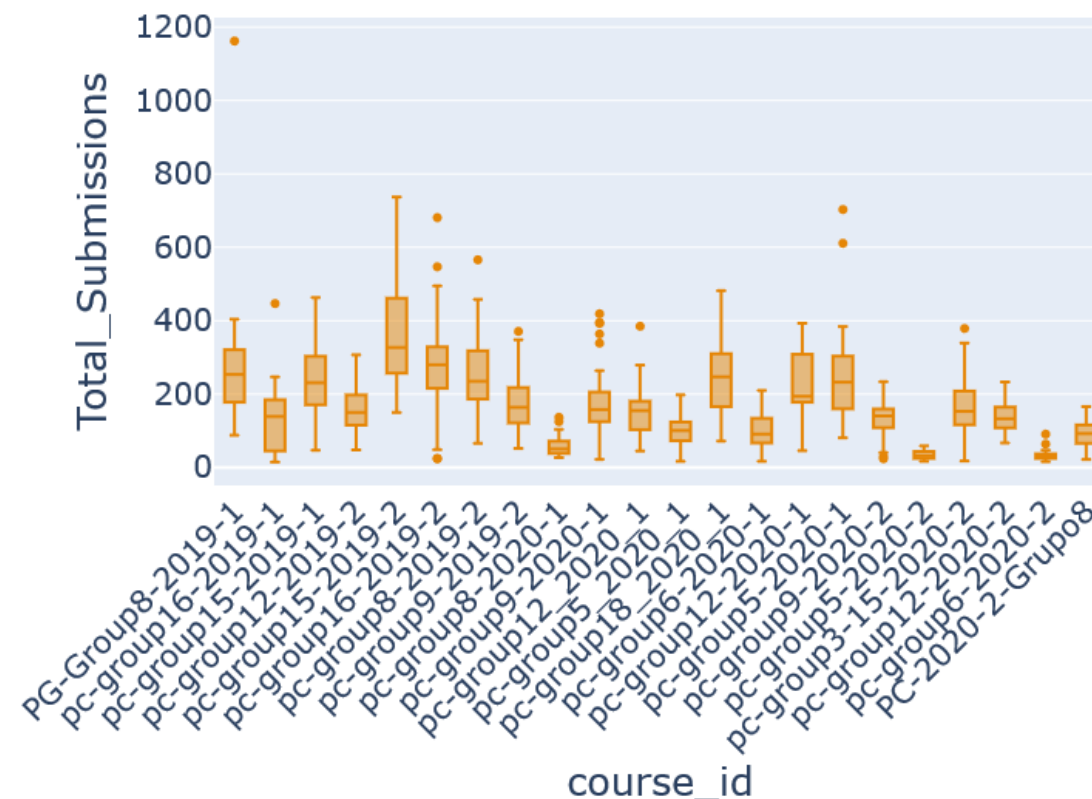


LACLO-  
LALA  
JINIS

3 CONFERENCIAS SIMULTANEAS  
Del 19 al 21 de Octubre.

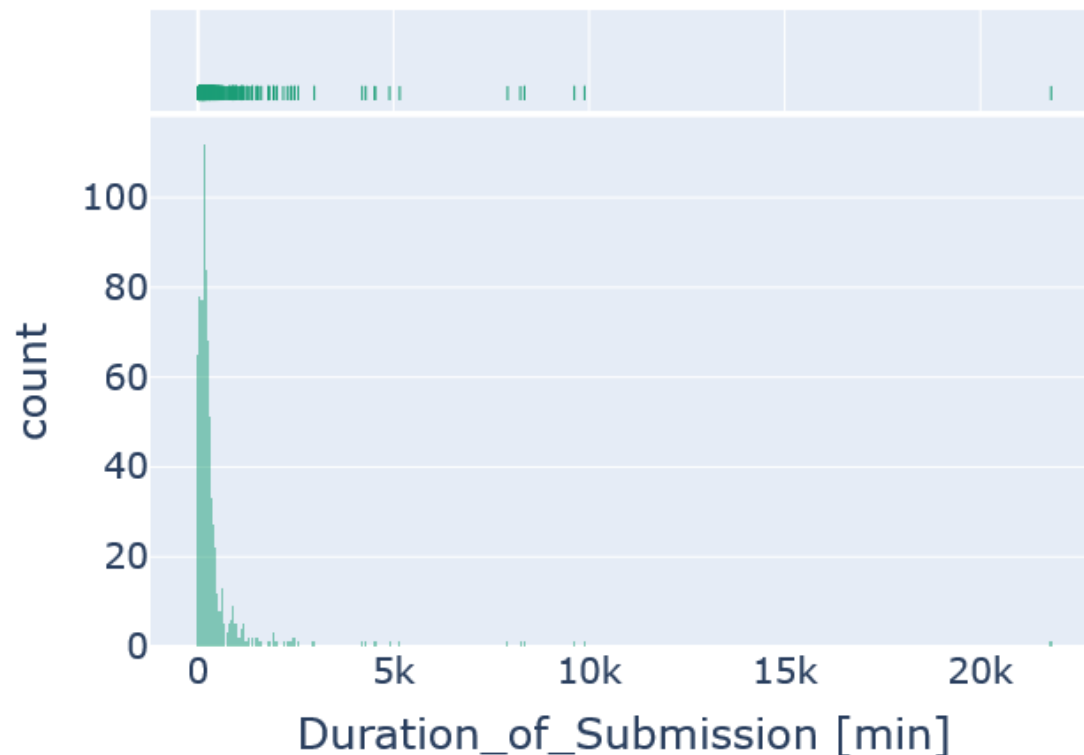
# Resultados

- Fase 3: Análisis de datos
  - Análisis exploratorio
    - Intentos totales realizados  
 $\bar{x} = 176.6$   $s^2 = 120.8$
    - Tiempo promedio entre entregas  
 $\bar{x} = 423.5 \text{ min}$  (7.1 h)  
 $s^2 = 1185.8 \text{ min}$  (19.8 h)
    - Tasas de veredictos:
      - Error\_rate\_Wrong\_Answer - 48.9%
      - Success\_rate - 31.7%
    - Tasas de uso de herramientas
      - Mayor: Custom\_input - 65.0%
      - Menor: User\_statistics – 0.2%



# Resultados

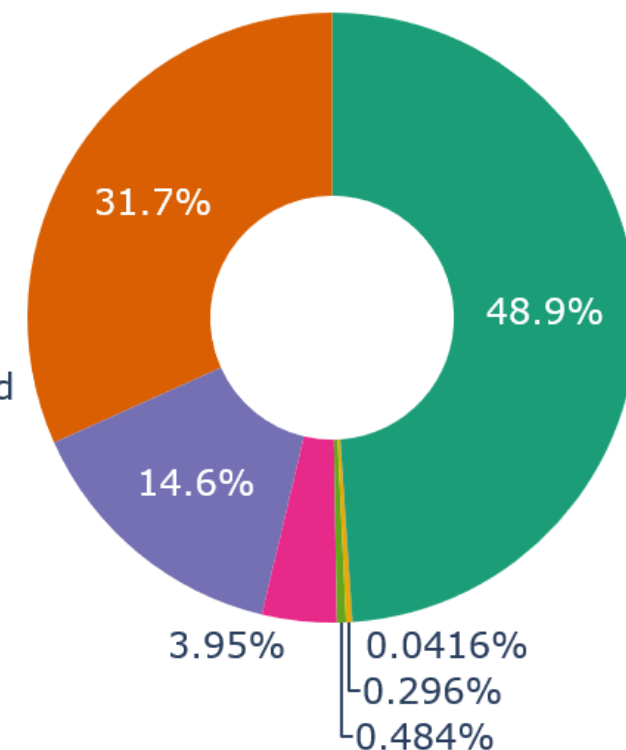
- Fase 3: Análisis de datos
  - Análisis exploratorio
    - Intentos totales realizados  
 $\bar{x} = 176.6$   $s^2 = 120.8$
    - Tiempo promedio entre entregas  
 $\bar{x} = 423.5 \text{ min}$  (7.1 h)  
 $s^2 = 1185.8 \text{ min}$  (19.8 h)
    - Tasas de veredictos:
      - Error\_rate\_Wrong\_Answer - 48.9%
      - Success\_rate - 31.7%
    - Tasas de uso de herramientas
      - Mayor: Custom\_input - 65.0%
      - Menor: User\_statistics – 0.2%



# Resultados

- Fase 3: Análisis de datos
  - Análisis exploratorio
    - Intentos totales realizados  
 $\bar{x} = 176.6$   $s^2 = 120.8$
    - Tiempo promedio entre entregas  
 $\bar{x} = 423.5 \text{ min}$  (7.1 h)  
 $s^2 = 1185.8 \text{ min}$  (19.8 h)
    - Tasas de veredictos:
      - Error\_rate\_Wrong\_Answer - 48.9%
      - Success\_rate - 31.7%
    - Tasas de uso de herramientas
      - Mayor: Custom\_input - 65.0%
      - Menor: User\_statistics – 0.2%

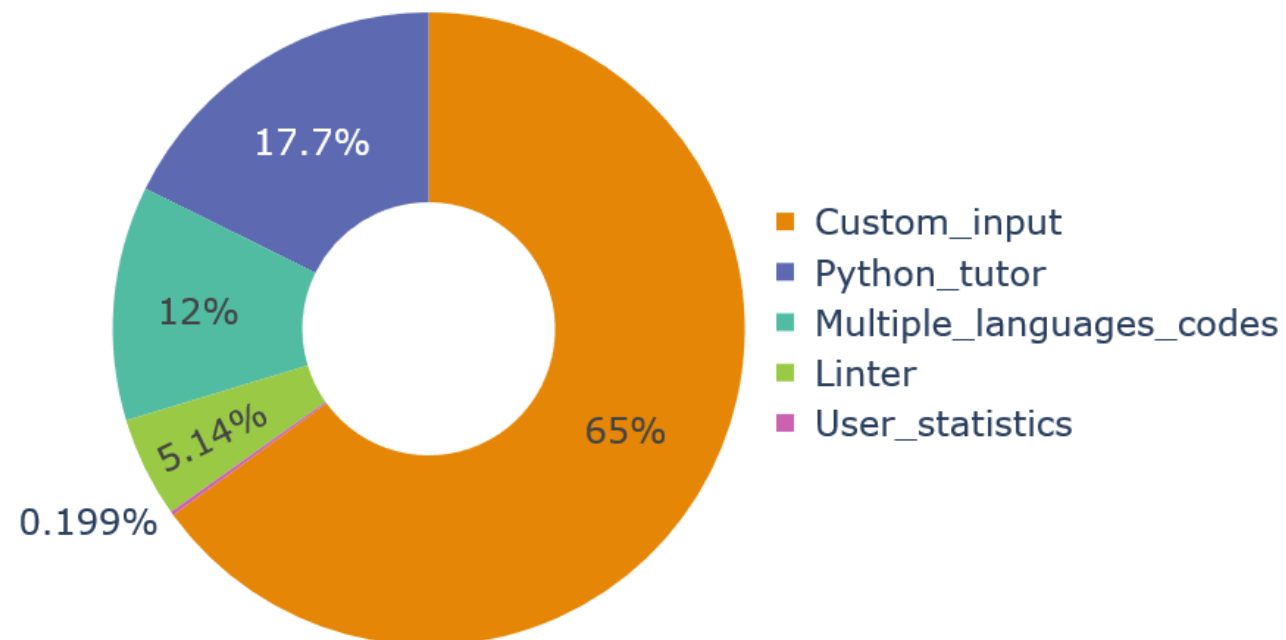
- Wrong\_answer
- Accepted
- Runtime\_error
- Time\_limit\_exceeded
- Compilation\_error
- Memory\_limit\_exceeded
- Output\_limit\_exceeded





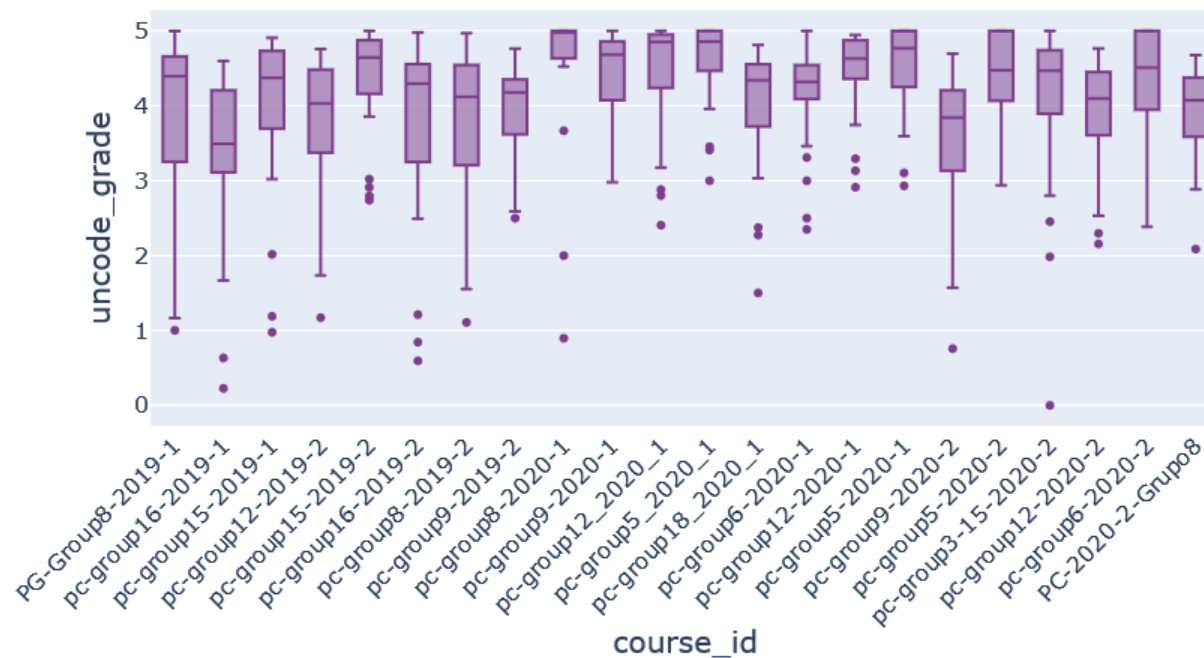
# Resultados

- Fase 3: Análisis de datos
  - Análisis exploratorio
    - Intentos totales realizados  
 $\bar{x} = 176.6$   $s^2 = 120.8$
    - Tiempo promedio entre entregas  
 $\bar{x} = 423.5 \text{ min}$  (7.1 h)  
 $s^2 = 1185.8 \text{ min}$  (19.8 h)
    - Tasas de veredictos:
      - Error\_rate\_Wrong\_Answer - 48.9%
      - Success\_rate - 31.7%
    - Tasas de uso de herramientas
      - Mayor: Custom\_input - 65.0%
      - Menor: User\_statistics – 0.2%



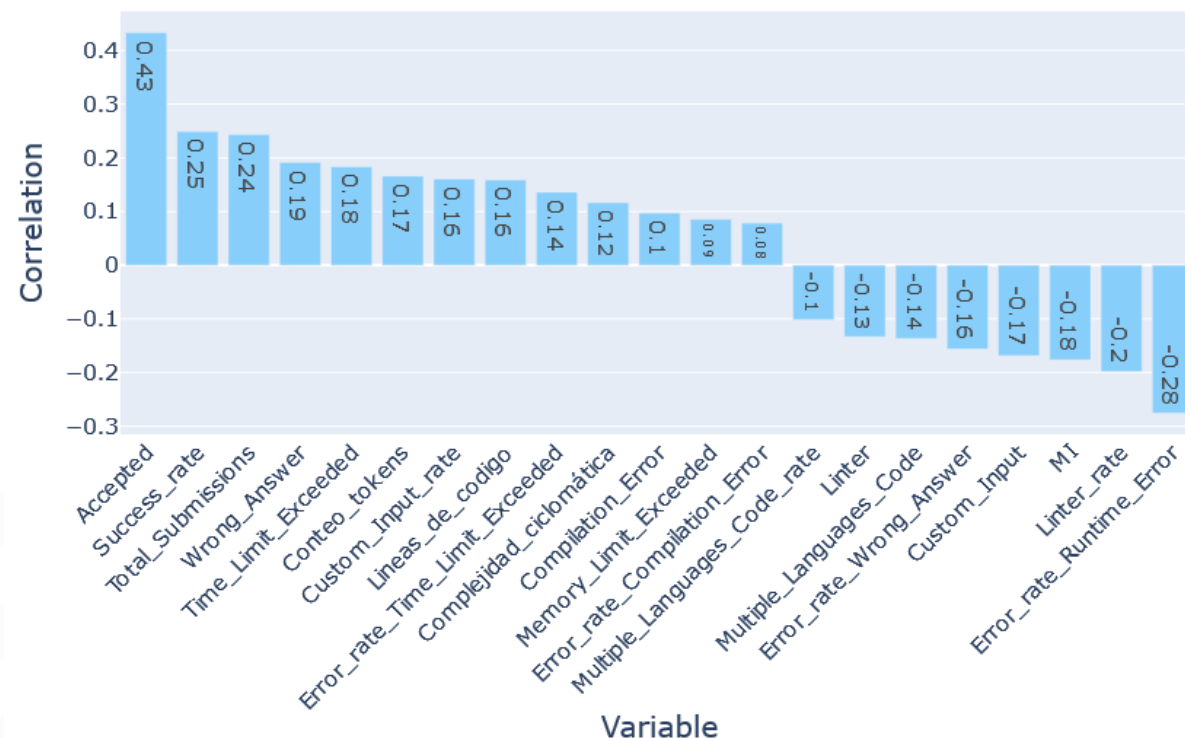
# Resultados

- Fase 3: Análisis de datos
  - Análisis exploratorio
    - Rango entre 0.0 y 5.0.
    - Calificación mínima aprobatoria de 3.0.
    - $\bar{x} = 4.1$   $s^2 = 0.9$
    - Rango intercuartílico 3.7 a 4.7 (50% de los datos centrales).



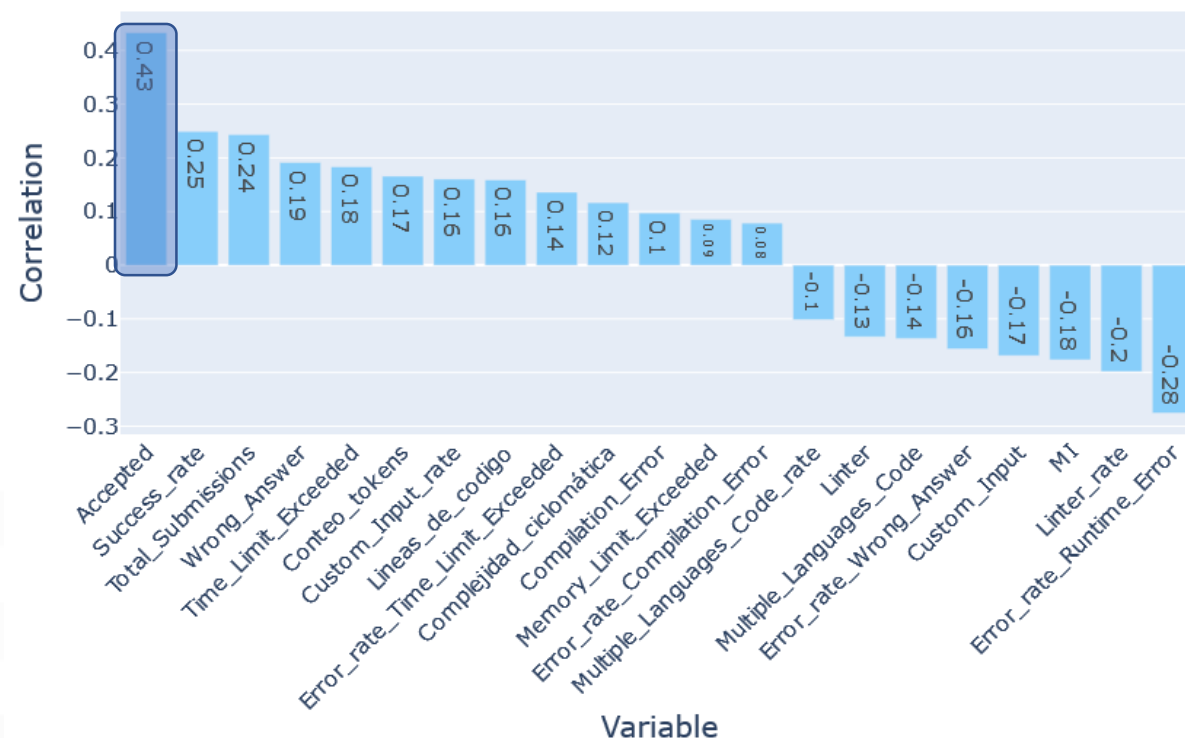
# Resultados

- Fase 3: Análisis de datos
  - Técnicas de análisis y modelación
    - Análisis de correlaciones – coeficiente de Pearson.
    - 21 medidas y métricas con correlación significativa ( $p\text{-valor} \leq 0.05$ ) con el desempeño académico.



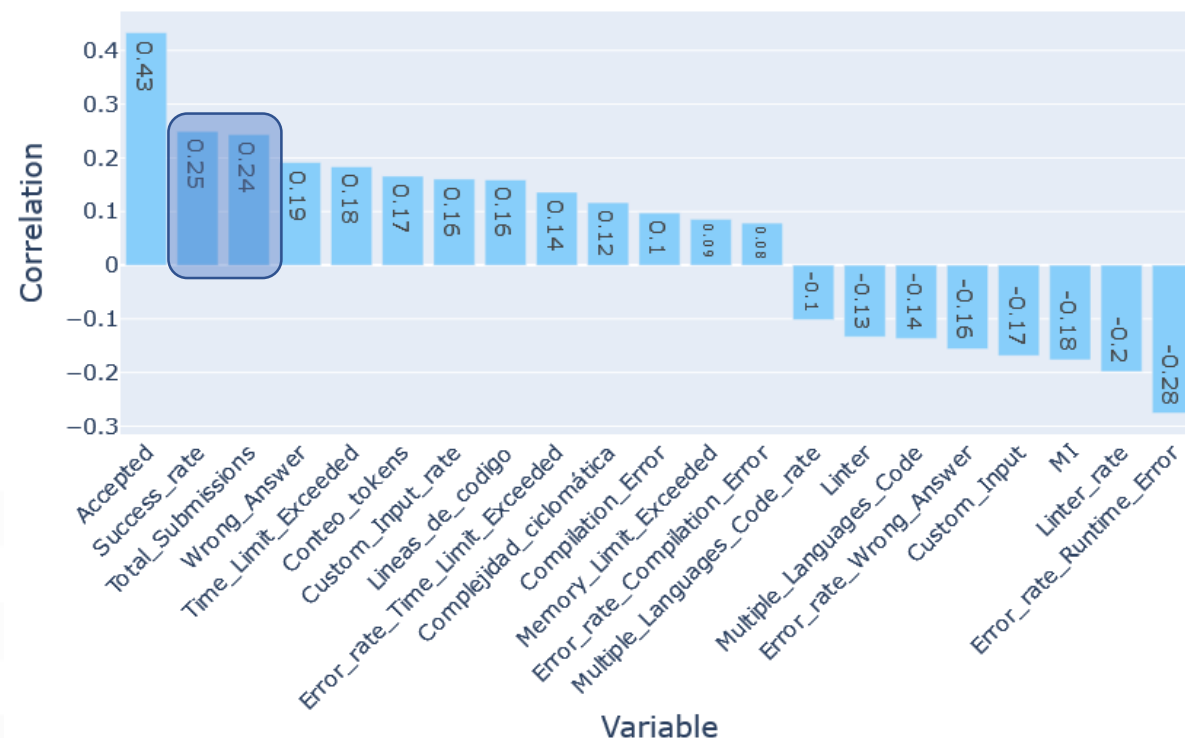
# Resultados

- Fase 3: Análisis de datos
  - Técnicas de análisis y modelación
    - Correlaciones positivas
      - Mayor: *Accepted* (0.43).
      - *Success\_rate* (0.25) y *Total\_Submissions* (0.24).
      - Entre 0.2 y 0.15: *Wrong\_Answer*, *Time\_Limit\_Exceeded*, *Tokens\_count*, *Custom\_Input\_rate* y *NLOC*.



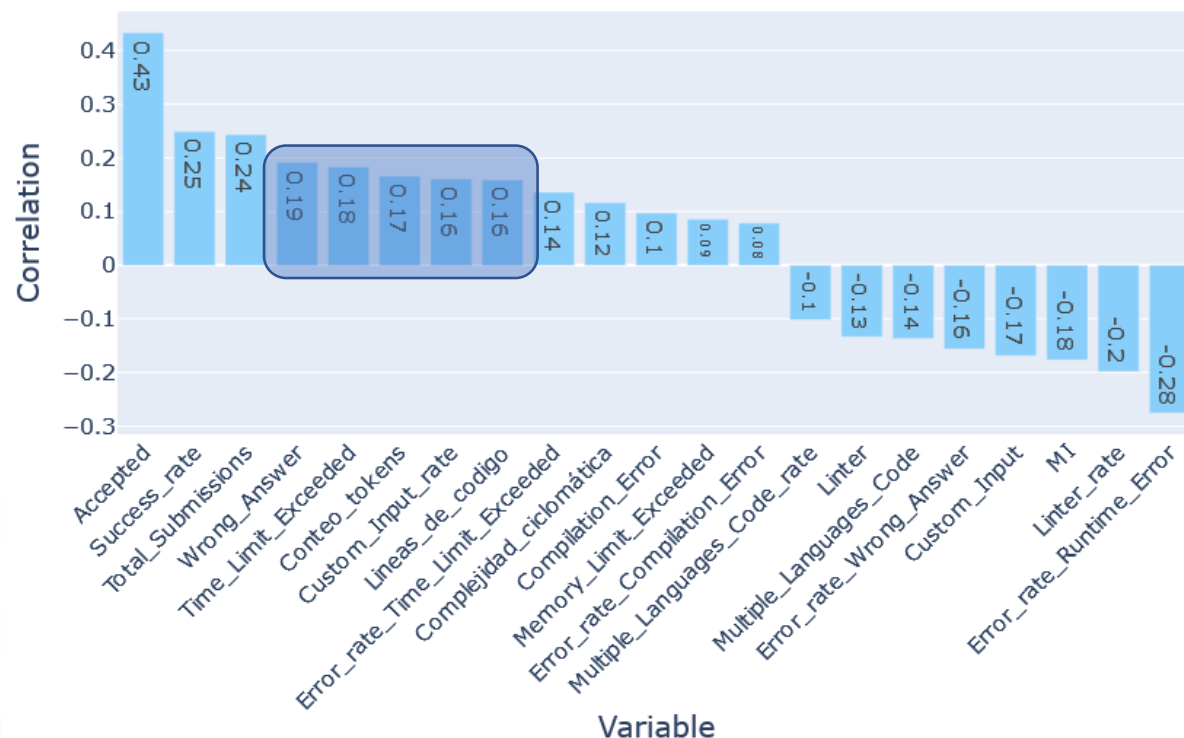
# Resultados

- Fase 3: Análisis de datos
  - Técnicas de análisis y modelación
    - Correlaciones positivas
      - Mayor: *Accepted* (0.43).
      - *Success\_rate* (0.25) y *Total\_Submissions* (0.24).
      - Entre 0.2 y 0.15: *Wrong\_Answer*, *Time\_Limit\_Exceeded*, *Tokens\_count*, *Custom\_Input\_rate* y *NLOC*.



# Resultados

- Fase 3: Análisis de datos
  - Técnicas de análisis y modelación
    - Correlaciones positivas**
      - Mayor: *Accepted* (0.43).
      - *Success\_rate* (0.25) y *Total\_Submissions* (0.24).
      - Entre 0.2 y 0.15: *Wrong\_Answer*, *Time\_Limit\_Exceeded*, *Tokens\_count*, *Custom\_Input\_rate* y *NLOC*.

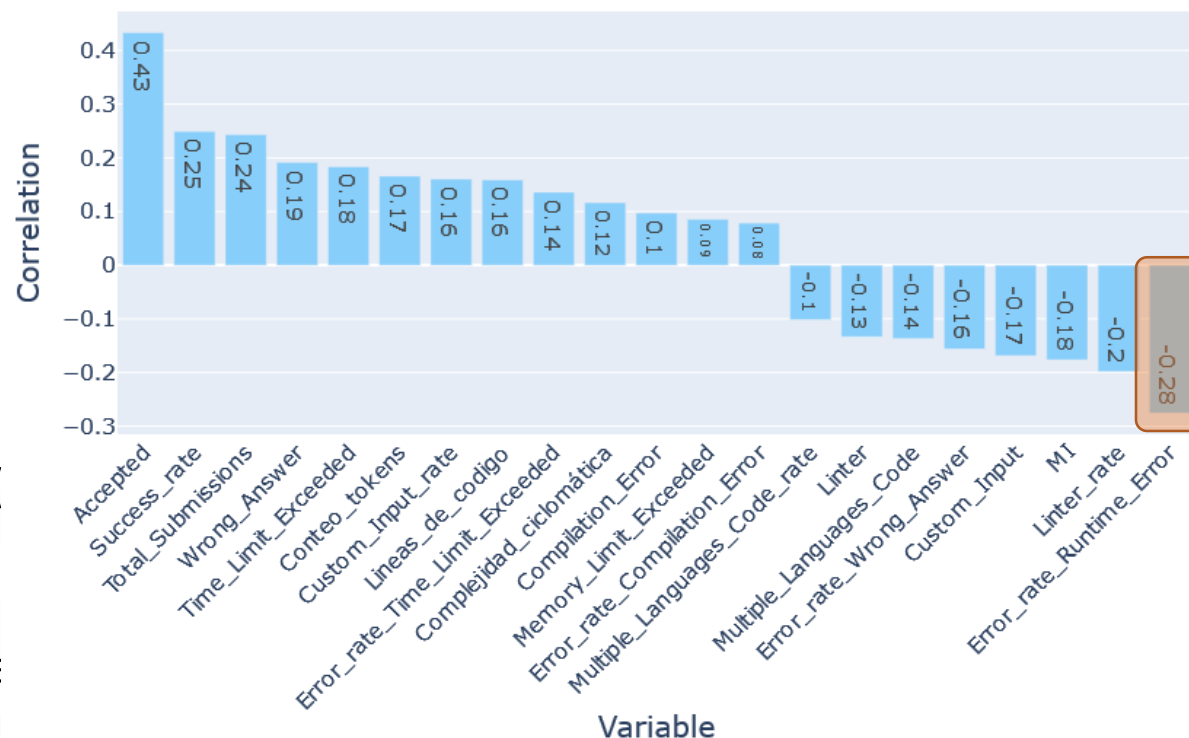


# Resultados

- Fase 3: Análisis de datos
  - Técnicas de análisis y modelación

## Correlaciones negativas

- Mayor: *Error\_rate\_Runtime\_Error* (−0.28)
- Entre −0.2 y −0.15: *Linter\_rate*, *MI*,  
*Custom\_Input* y *Error\_rate\_Wrong\_Answer*



# Resultados

- Fase 3: Análisis de datos
  - Técnicas de análisis y modelación

## Correlaciones negativas

- Mayor: *Error\_rate\_Runtime\_Error* (−0.28)
- Entre −0.2 y −0.15: *Linter\_rate*, *MI*, *Custom\_Input* y *Error\_rate\_Wrong\_Answer*





# Discusión



¿Cuáles son las relaciones existentes entre los datos generados de las interacciones de los estudiantes con una plataforma educativa y su desempeño académico al considerar diferentes grupos de estudiantes en el conjunto de datos?



## Correlaciones positivas

- *Accepted* y *Success\_rate* → estudiantes con suficiente conocimiento adquirido.
- *Total\_Submissions* → alumnos exitosos usan la retroalimentación de la plataforma con múltiples intentos.
- Hallazgos similares de correlaciones entre 0.2 y 0.39 entre el número de actividades enviadas y la calificación final.

N. Z. Zacharis, A multivariate approach to predicting student outcomes in web-enabled blended learning courses, *The Internet and Higher Education* 27 (2015) 44–53.

- *Wrong\_Answer* y *Time\_Limit\_Exceeded* → veredictos con suficiente información para apoyar la construcción de soluciones.
- *Tokens\_count* y *NLOC* → programas de mayor contenido, longitud y complejidad resultan en mejores desempeños.



LACLO-  
LALA  
JINIS

3 CONFERENCIAS SIMULTANEAS  
Del 19 al 21 de Octubre.

# Discusión



¿Cuáles son las relaciones existentes entre los datos generados de las interacciones de los estudiantes con una plataforma educativa y su desempeño académico al considerar diferentes grupos de estudiantes en el conjunto de datos?



## Correlaciones negativas

- *Error\_rate\_Runtime\_Error* → Dificultad para obtener retroalimentación de este veredicto.
- *Error\_rate\_Wrong\_Answer* → Falta de entendimiento en el objetivo de la actividad.
- *Linter\_rate* y *Custom\_Input* → La utilidad depende de la habilidad del estudiante y la funcionalidad de la herramienta.
- *MI* → Construcción de soluciones poco generalizables evidencian carencia de habilidades de programación.

# Conclusiones

- Metodología aplicada en histórico de 2 años que permite encontrar relaciones entre medidas y métricas con el desempeño académico en cursos de programación.
- Correlaciones positivas indican que estudiantes de altos desempeños usan los veredictos como retroalimentación formativa y construyen soluciones de alto contenido y complejidad.

# Conclusiones

- Correlaciones negativas posiblemente indican necesidad mejora en aspectos como claridad en los objetivos de las actividades, aplicabilidad de algunas herramientas (e.g Linter) y promover construcción de programas generalizables.
- **Limitación del estudio:** Enfoque cuantitativo se limita a evidenciar relaciones entre medidas y métricas pero no se pueden identificar las causas de los resultados obtenidos.

# Trabajos futuros

- Complementar los resultados cuantitativos con recolección y análisis de datos cualitativos para comparar, corroborar y encontrar explicaciones de los comportamientos encontrados.
- Identificar las variables determinantes en éxito académico y construir un modelo predictivo del desempeño final del estudiante.



Universidad Católica  
de Santa María



VICERRECTORADO  
DE INVESTIGACIÓN



Gracias por su atención



LACLO-  
LALA  
JINIS

3 CONFERENCIAS SIMULTANEAS

Del 19 al 21 de Octubre.