

## COMPETENCIAS INVESTIGATIVAS: MODELIZACIÓN CON PYTHON PARA LA ENSEÑANZA DE FÍSICA MECÁNICA

### INVESTIGATIVE COMPETENCES: PYTHON MODELING FOR MECHANICAL PHYSICS TEACHING

### COMPETÊNCIAS INVESTIGATIVAS: MODELAGEM COM PYTHON PARA O ENSINO DE FÍSICA MECÂNICA

Mario Bernal\*<sup>ID</sup>, Luz K. Peña\*\*<sup>ID</sup>

Bernal, M.; Peña, L. (2023). Competencias Investigativas: Modelización con Python para la enseñanza de la Física Mecánica. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-8

#### Resumen

El artículo presenta una experiencia de innovación desde la perspectiva de la modelización y la argumentación en la enseñanza de la física. Se implementa una estrategia para la formación de competencias investigativas, mediadas por la introducción de lenguajes de programación de alto nivel como Python en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la física aplicada, en el contexto de la física mecánica, sus modelos matemáticos deterministas, las ciencias básicas y de la salud. Tal experiencia se enmarca en una metodología de investigación-acción articulada con un método pragmático-sociológico para el análisis de experiencias de aprendizaje en estudiantes que se inician en la educación superior, con el objetivo de plantear y resolver problemas teóricos, propios de la asignatura de física mecánica newtoniana, con la perspectiva que ofrece el desarrollo de pseudocódigos, diagramas de flujo y algoritmos simples programados en el lenguaje de Python, favoreciendo metacognitivamente el desarrollo de competencias investigativas en los estudiantes. Se evidencia que las competencias más fortalecidas son la resolución de problemas, la planeación de proyectos, el diseño de experimentos, el manejo de tecnologías, entre otras.

**Palabras-Clave** Contorno de programación, investigación-acción, pensamiento lógico.

#### Abstract

An innovation experience is presented in this article from the perspective of modeling and argumentation in physics teaching. A formation research skills strategy is implemented, mediated by high-level programming languages introduction such as Python in applied physics teaching-learning processes, in mechanical physics context and its deterministic mathematical models in basic and health sciences. This experience is part of an action research methodology articulated with a pragmatic sociological

\* MSc Modelado & Simulación, Universidad El Bosque, Colombia, [bernalmariorortiz@unbosque.edu.co](mailto:bernalmariorortiz@unbosque.edu.co) - ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7581-3255>.

\*\* Mg en Educación Superior. Universidad El Bosque. Colombia. [penaluzkarina@unbosque.edu.co](mailto:penaluzkarina@unbosque.edu.co) - ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2823-5816>

method learning experiences analysis in students who start higher education, with the objective of present and solving theoretical problems, typical Newtonian mechanical physics subject, with perspective offered by the pseudocodes, flowcharts and simple algorithms programmed development in Python language, metacognitively favoring investigative skills development in the students. It's evident that, problem solving, project planning, experiment design, technology management, among others are the most strengthened competencies.

**Keywords:** Programming environment, action research, logical thinking.

### Resumo

O artigo apresenta uma experiência de inovação na perspectiva da modelagem e argumentação no ensino de física. Implementa-se uma estratégia para a formação de habilidades de pesquisa, mediada pela introdução de linguagens de programação de alto nível como Python nos processos de ensino-aprendizagem de física aplicada, no contexto da física mecânica, seus modelos matemáticos determinísticos, e ciências da saúde. Tal experiência está enquadrada em uma metodologia de pesquisa-ação articulada com um método pragmático-sociológico para a análise de experiências de aprendizagem em alunos que ingressam no ensino superior, com o objetivo de propor e resolver problemas teóricos, típicos da disciplina de física mecânica newtoniana, com a perspectiva oferecida pelo desenvolvimento de pseudocódigos, fluxogramas e algoritmos simples programados na linguagem Python, favorecendo metacognitivamente o desenvolvimento de habilidades investigativas nos alunos. Fica evidente que as competências mais fortalecidas são resolução de problemas, planejamento de projetos, desenho de experimentos, gestão de tecnologia, entre outras.

**Palavras-Chave:** Ambiente de programação, investigação-ação, pensamento lógico

## 1. Introducción

Este artículo trata del planteamiento y desarrollo de un problema de investigación enmarcado en la exploración de las necesidades académicas, cognitivas y conceptuales, intrínsecas a los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias físicas aplicadas, específicamente en la resolución de problemas teóricos de la mecánica newtoniana. La población en observación, dentro de las aulas de clase, son estudiantes de nivel preuniversitario y primeros semestres en carreras de ingenierías y ciencias básicas. Estos estudiantes corresponden a las asignaciones académicas de los investigadores docentes autores de este artículo en la Universidad El Bosque.

En principio, la práctica docente a lo largo de varios años ha develado de manera continua inquietudes sobre los resultados académicos de los estudiantes en general respecto a la asignatura de física mecánica. Ya sea que se realicen pruebas diagnósticas o simplemente se analice los resultados propios del desarrollo de las asignaturas en los semestres académicos cursados, pareciera un factor común, algo desafortunado pero inspirador, que semestre tras semestre nuevas generaciones de estudiantes presentaren similares resultados y dificultades. Situación a nuestro criterio preocupante, en función de una sociedad con modelos cada vez más exigentes en cuanto a las responsabilidades sociales de la universidad frente a la educación superior. Es así como durante el

segundo semestre académico del post-pandémico año 2021, se investigó sobre la “*Resolución de Problemas*”, entendida como una competencia investigativa. Según Correa Bautista (2009), “la resolución de problemas” es una de las debilidades más significativas y común a las diversas poblaciones, es objeto constante de estudio y exploración para trabajar en la mejora de la calidad educativa.

Por un parte, los estudiantes con frecuencia no logran resolver satisfactoriamente ejercicios con cierto nivel de complejidad y gustan preferentemente de ejercicios con tipologías simples, comúnmente mal entendidos como fáciles. Por otra parte, pese a los esfuerzos académicos realizados cotidianamente para nivelar las curvas de aprendizaje en habilidades como, la capacidad de planear actividades, analizar datos, diseñar modelos, manejar tecnológicas entre otros, todas habilidades también tipificadas dentro de la categoría de competencias investigativas, los estudiantes generalmente quedan con vacíos conceptuales que se hacen evidentes en cursos posteriores o en el fracaso académico de la asignatura. La problemática en sí puede deberse a múltiples factores que no son explícitamente el objeto de estudio de la investigación, más bien ésta se trata de una exploración de los efectos positivos que pueda tener una estrategia innovadora para la enseñanza de la física mecánica y la resolución de problemas al implementar la elaboración de algoritmos sencillos en lenguajes de programación de alto nivel para mejorar de forma metacognitiva la comprensión y aprehensión de los conocimientos en clase.

## 2. Marco de referencia.

La exploración e investigación se fundamenta en aspectos importantes para la implementación de estrategias metacognitivas. El primer aspecto trata sobre la concepción de competencia investigativa, ¿Qué son?, ¿Cuáles son?, y como se relacionan con la resolución de problemas en física mecánica. El segundo aspecto

trata sobre la relación matemática que hay entre modelar y simular fenómenos físicos con la resolución de problemas. Finalmente, el tercer aspecto trata sobre el impacto que pueda tener la programación y la algoritmia en el aprendizaje respecto a la resolución de problemas e implícitamente el desarrollo de competencias investigativas.

### 2.1. Competencias investigativas.

Uriconchea, et al. (2019). afirma que motivar el espíritu investigativo es posible si se trabaja en la habilidad de la “clasificación” como proceso mental de aprendizaje y experiencia constructora del saber. En este sentido una de las habilidades necesarias para la resolución de problemas en física mecánica se encuentra en comprensión lecto-escritural y capacidad de clasificar la información numérica suministrada por un problema a resolver. Se debe diferenciar entre magnitudes físicas e identificar cuáles de ellas son variables, constantes y pueden ser inferidas. Por lo general un desconocimiento de los modelos matemáticos de los fenómenos físicos y un aprendizaje memorístico de las ecuaciones sin conceptualizar las variables es razón suficiente para la mala clasificación y posterior equivocación al resolver un problema. Uriconchea et al. (2019) proponen el fortalecimiento de las habilidades y competencias desde un paradigma interpretativo con posiciones participativas por los actores del conocimiento y encuentra en la investigación-acción una forma de reflexionar sobre los que hacer de los estudiantes para modificar la comprensión a niveles más profundos.

Garzón, et al. (2020) sugiere la necesidad de resignificar las prácticas de aula desde nuevas experiencias orientadas al mejoramiento de habilidades, competencias investigativas, y desarrollo de pensamiento científico. Parten de una reflexión continua en el aula y una estrategia de enseñanza para la comprensión, desarrollando las competencias de indagación y explicación de fenómenos naturales en estudiantes, motivando la adopción de posturas críticas de forma positiva,

desarrollando objetivos mediante la investigación-pedagógica como metodología de investigación. La indagación es una habilidad clave para la resolución de problemas de física mecánica aplicada, los niveles de dificultad de un problema se pueden establecer a partir de la indagación sobre las preguntas, es decir, en múltiples ocasiones responder las preguntas formales de un problema supone la necesidad de primero formular y responder otras preguntas iniciales no explícitas en la configuración del problema convirtiéndole en un problema de mayor dificultad.

En un marco humanístico algo más extenso, Arias, et al. (2020) afirman que alcanzar la calidad en educación superior supone la interconexión entre procesos para identificar y solucionar problemas. “Si el alumno obtiene ciertas competencias para llevar a cabo un sin número de tareas en situaciones educativas específicas, poseerá la capacidad para solucionar problemas y afrontarlas de modo innovador en diferentes áreas que constituyan parte de su habitualidad” (Arias, et al. p19). En este sentido, la habilidad de modelar un problema físico matemáticamente es la competencia que podría permitir a los estudiantes navegar entre lo general y lo particular entendiendo el concepto de “ley de la naturaleza” contextualizado a problemáticas puntuales.

Por otra parte, en el marco de las ciencias de la salud, Rojas, et al. (2012) hace referencia también a la necesidad de competencias investigativas en los profesionales de la salud, ya sea para la gestión de proyectos, la solución de problemas de la salud o la recopilación y análisis de datos por medio de nuevas tecnologías. “Es evidente que la labor científica requiere del desarrollo de competencias investigativas que permitan el adecuado desempeño de los profesionales que se incorporan a este tipo de acción innovadora y creativa, para la solución de múltiples problemas desde una perspectiva teórico-práctica” (Rojas, et al. 2012). Se resume estas cualidades en competencias de indagación, argumentación e innovación, todas propias también al estudio de las ciencias físicas.

Finalmente, se entiende a la formación de competencias investigativas como el objetivo principal de la formación investigativa, metacognitivamente se trata de la idea de aprender a investigar, investigando, en el marco de las habilidades para la indagación continua y sistematizada. En el marco de la ingeniería, la construcción de competencias investigativas exige una proximidad entre los estudiantes y las representaciones simbólicas y matemáticas de los fenómenos y las cosas, además de la oportunidad de la experimentación, (Castrillón, 2018). Los ingenieros de hoy en día se ven enfrentados a la realidad de crear sus propias oportunidades de trabajo, razón por la cual, en concordancia con Castrillón (2018), las competencias investigativas se deben perfilar holísticamente concatenando experiencias investigativas y encuentros pedagógicos. Es así como la simulación computacional ofrece un espectro de posibilidades para “la resolución de problemas” modelados teóricamente, se cree que los procesos de simulación favorecen la comprensión de la fenomenología de la mecánica newtoniana a razón de sus modelos determinísticos.

## 2.2. Modelado y simulación.

En el estudio de la física mecánica aplicada, los modelos matemáticos y determinísticos de funciones polinomiales, exponenciales, racionales, entre otros, son la base para la simulación de fenómenos físicos con características predictivas. Serán entonces las acciones de investigativas de planear, diseñar, analizar y manejar las tecnologías, las competencias llamadas a ser articuladas para fortalecer la competencia principal de “resolver problemas”.

López, et al. (2009) encuentran en su investigación, sobre "la ecuación de la línea recta en la modelación de fenómenos físicos", que los estudiantes muestran mayor interés y desempeño con la inmersión de la modelación en comparación a las clases tradicionales y reconocen más

fácilmente proporcionalidades lineales en el comportamiento del fenómeno. Concluyen también que la enseñanza de las matemáticas y la física puede llegar a ser más exitosa si está inmersa en situaciones de contextos reales, que la modelación se constituye en un método pedagógico que privilegia la construcción del conocimiento.

Aponte, et al. (2015) concluyen que los estudios de fenómenos físicos en el aula de clase se constituyen en la resolución de problemas contextualizados susceptibles a ser modelados matemáticamente para el análisis de proporcionalidades, la identificación de variables y las relaciones entre ellas generando interés por el descubrimiento causal del fenómeno. En consecuencia, “el uso de las TIC’s, tales como visualizaciones y animaciones computarizadas, en procesos de enseñanza-aprendizaje de la Física, permite a los estudiantes elaborar modelos físicos cercanos a la realidad y con estos llegar a desarrollar habilidades de pensamiento científico, tales como: observación, análisis, discusión, argumentación y socialización” (Castro & Fernández, 2012). Esto implica una gestión del conocimiento planificada, estructurada y acompañada por el docente, propia de los procesos de simulación computacional. Es evidente que las herramientas visuales son imprescindibles como recurso didáctico y que la aproximación al conocimiento científico podría mediarse por lenguajes de programación que articulen los actos de modelar, simular y aprender significativamente

### 2.3. Programación y algoritmia.

La escogencia del lenguaje de programación de Python para el desarrollo de la investigación no tiene otra razón diferente a sus características de popularidad, versatilidad y condición de software libre. Bien podría haberse trabajado la idea con otros lenguajes de programación como Matlab, C++ u otros. Es importante aclarar que el pensamiento computacional y las ciencias de la computación han emergido vigorosamente para ser de las principales herramientas de investigación. García (2017) afirma que es importante proponer una metodología para

la elaboración de recursos educativos abiertos, especialmente si ayudan al aprendizaje de la programación. Parece que, cada vez más, estas habilidades se están convirtiendo en una necesidad, sobre todo en el marco los proyectos de investigación a nivel de educación superior, pregradual y postgradual.

No es de interés para este trabajo el interactuar con simuladores ya predeterminados, por el contrario, cuestionar algorítmicamente el funcionamiento de los mismos mientras se desarrollan habilidades varias es lo ideal. Por esta razón, para resolver un problema físico mediante el modelado y simulación lo ideal es utilizar lenguajes de programación de alto nivel de fácil compilación por terminal o ventanas de comandos, preferiblemente software que no esté orientado a objetos, software que permitan trabajar con herramientas graficas para visualizar funciones y comportamientos, y por qué no, explorar herramientas simbólicas para el desarrollo de futuros problemas de mayor complejidad. También es importante entender que, en el marco de la algoritmia, el uso de pseudocódigos y diagramas de flujo es vital para el desarrollo de habilidades y competencias en un programador, siendo estas competencias de especial interés para interpretarlas como competencias investigativas.

Barrera (2013) reflexiona sobre como las destrezas para resolver problemas matemáticos requieren de nuevas estrategias y didácticas para afrontar las demandas de una sociedad del conocimiento acelerada y creciente, afirmando la necesidad de métodos heurísticos y “metodologías de programación” para el desarrollo de habilidades de pensamiento algorítmico. “Los diagramas de flujo son una buena herramienta para enseñar habilidades de pensamiento, ya que a través de la representación gráfica de las ideas los estudiantes identifican, aclaran, priorizan, ordenan y organizan la información y los procesos involucrados en la resolución de problemas” (Barrera, 2013).

### 3. Metodología de investigación

La metodología de la investigación-acción propuesta para la investigación, se presenta bajo un enfoque cualitativo por la forma de abordar su objeto de estudio, éste es la resolución de problemas de física mecánica teórica y aplicada desde el punto de vista de la competencia investigativa de “resolver problemas”. El abordaje se da con el propósito es fortalecer competencias en los estudiantes a partir de una forma novedosa, al menos para ellos, de resolver los problemas por medio de Python como lenguaje de programación, trabajando de forma paralela en las habilidades para la programación. Por otra parte, las interacciones sociales entre los actores del conocimiento son entendidas desde la importancia del acompañamiento del docente para la motivación e interés que los estudiantes pueden viabilizar en el trabajo y aprendizaje colaborativo. Se desarrollan procedimientos algorítmicos para la resolución de problemas orientados, por así decirlo, en la emulación simple de una investigación para resolver problemas que se enmarca en las siguientes etapas.

- i. *Exploración*. Se introduce al estudiante a la resolución de problemas al realizar procesos de observación y comprensión lectora para identificar variables, constantes y parámetros físicos para conceptualizar y contextualizar la problemática.
- ii. *Desarrollo de la problemática*. Se describe la problemática relacionando causalmente las variables físicas del problema.
- iii. *Delimitación*. Se plantea las acciones concretas y objetivos a alcanzar en el contexto del ejercicio a resolver. Se debe promover la participación activa del grupo de clase.
- iv. *Diseño de instrumentos*. Se define la estrategia para la construcción de pseudocódigos como instrumento para resolver problemas. Se comparten las diferentes ideas entre el grupo.

- v. *Recoger información*. Se sintetiza y organiza la información del ejercicio proponiendo alguna técnica para recolectar la información del ejercicio diferenciando la problemática del ejercicio del contexto.
- vi. *Análisis de información*. Se analizan los pseudocódigos realizados codificando y decodificando sus contenidos para unificar un pseudocódigo definitivo para resolver el ejercicio en forma colaborativa.
- vii. *Planificación*. Se pueden elaborar diferentes diagramas de flujo, pero lo ideal para la investigación-acción participativa y el pragmatismo sociológico es integrar todos los estudiantes posibles para tomar decisiones de cara a la unificación de un diagrama de flujo para la resolución del problema en el marco de los modelos matemáticos que suponen la resolución del problema como procedimientos en los diagramas.
- viii. *Ejecución*. Se hace una lista de requerimientos técnicos para la programación y posterior simulación del problema a resolver, siempre atentos de evaluar los resultados de la simulación que retroalimentan los aprendizajes. Se entiende que el fallo en la simulación supone la revisión retrospectiva de los anteriores pasos para lograr el objetivo de aprendizaje.

### 4. Resultados

Como ejercicio de clase, diferenciado respecto al desarrollo tradicional y convencional de la asignatura de física mecánica en los grupos del curso básico premédico, química farmacéutica e ingenieras de primeros semestres en la U. El Bosque, se trabajó la paradoja del mono y el cazador mediante el modelado y simulación en Python del problema, ejercicio muy conocido para el estudio de

la cinemática de los movimientos rectilíneos y acelerados, en una y dos dimensiones. Se diseñó una rúbrica para evaluar el protocolo de desarrollo para la resolución de problemas y así poder valorar la metodología de investigación aplicada en la clase, buscando establecer el grado de asimilación de los estudiantes frente a este tipo de estrategias innovadoras y se obtuvo los siguientes resultados.

	Curso Básico	Química Farmacéutica
Exploración	78%	89%
Desarrollo de la problemática	65%	68%
Delimitación	62%	71%
Diseño de instrumentos	56%	77%
Recoger información	68%	75%
Análisis de información	51%	68%
Planificación	89%	89%
Ejecución	58%	70%

**Tabla 1.** Porcentaje de asimilación de objetivos de la etapa. Se expresa porcentualmente y en promedio el grado de cumplimiento de los objetivos de cada etapa de la implementación de la metodología, desde la perspectiva de auto percepción en los estudiantes como síntesis de la rúbrica implementada.

## 5. Conclusiones en generales.

La mayoría de los estudiantes logran identificar variables físicas en el problema siguen instrucciones y se muestran motivados con la actividad y reconocen diferencias en la estrategia respecto a lo tradicional. Al parecer el grado de escolaridad hace que se dificulte más a un grupo que a otro.

Las lógicas de los estudiantes son en ocasiones multivariadas, es evidente un poco la falta de apropiación del lenguaje científico que les permita correlacionar las variables en forma causal siendo uno de los mayores problemas y énfasis en los que se tuvo que trabajar con los estudiantes.

Los estudiantes se muestran satisfechos e interesados en la estrategia de modelar y simular, y a su vez son conscientes de sus debilidades en cuanto a las competencias en programación. De cualquier forma manifiestan interés en a futuro indagar con mayor profundidad sobre los temas computacionales

## 6. Referencias

- Aponte, H., Fernández, J. D., & Vega, M. (2015). Modelación matemática a través de fenómenos físicos. La proporcionalidad directa y el principio de Bernoulli. *RECME*, 1(1), 348-352.
- Arias, M. G. I., Guillen, D. E. F., & Palacios, W. F. R. (2020). Competencias investigativas de los estudiantes de estudios generales del área de Humanidades, Ciencias jurídicas y Sociales de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2018. *Revista Conectividad*, 18-30.
- Barrera, L. (2013). Algoritmos y programación para la enseñanza y aprendizaje de la matemática escolar.
- Barrera, R. E. R., De la Rosa Rodríguez, H., & Chang, J. M. Z. (2017). Competencias investigativas en la Educación Superior. *Revista publicando*, 4(10 (1)), 395-405.
- Castrillón, J. E. P. (2018). Construcción de la competencia investigativa en ingeniería. *Revista Educación en Ingeniería*, 13(25), 12-19.
- Castro, E. D. G., & Fernández, H. M. (2012). La modelación y las visualizaciones computarizadas en la enseñanza de la Física. *Nodos y Nudos*, 4(33), 49-61
- Cid, M. T., MUNDET, M. D. D. R. I., Rocas, Í. L., Puigvert, E. G., & Rodà, A. A. (2007). Mejoremos los procesos de enseñanza-aprendizaje mediante la investigación-acción. *Revista Iberoamericana de educación*, 42(1), 1-13.

- Colmenares E, A. M. (2012). Investigación-acción participativa: una metodología integradora del conocimiento y la acción. *Voces y Silencios. Revista Latinoamericana de Educación*, 3(1), 102-115.
- Correa Bautista, J. E. (2009). Measurement of the investigative competences of physiology teachers: An empirical approach. *Revista de la Facultad de Medicina*, 57(3), 205-217.
- García Monsálvez, J. C. (2017). Python como primer lenguaje de programación textual en la Enseñanza Secundaria= Python as First Textual Programming Language in Secondary Education. *Python como primer lenguaje de programación textual en la Enseñanza Secundaria= Python as First Textual Programming Language in Secondary Education*, 147-162.
- Garzón, J. E. C., Beltran, L. M. C., Mora, N. Y. G., & Pulido, D. P. G. (2020). Desarrollo de las competencias de indagación y explicación a través de prácticas de aula basadas en la enseñanza para la comprensión. *Cultura Educación y Sociedad*, 11(2), 87-109.
- López, J. B., Luna-González, J., Cabral, J. E., García, S. F., Saldaña, F. E., & Ramos, M. A. (2009). La ecuación de la línea recta en la modelación de fenómenos físicos. *CULCyT: Cultura Científica y Tecnológica*, 6(31), 26-34.
- Rojas, M. H., Martínez, C. L. V., & Morgado, M. R. (2012). Las competencias investigativas en la construcción del talento humano dentro de las Ciencias Médicas. *Mediciego*, 18(2).
- Uricoechea, M., Bautista, R. E., Reyes, E., & Umaña, F. M. (2019). Fortalecimiento de la clasificación como habilidad del pensamiento hacia la competencia investigativa. *Educación Y Ciencia*, (23), 127-151.