

El discurso científico a la vanguardia de la automatización del siglo XXI

O discurso científico na vanguarda da automação do século XXI

Scientific discourse at the forefront of 21st-century automation

Yohan Godoy 

Centro Regional de Investigación en Ciencias, su Enseñanza y Filosofía, Trujillo, Venezuela
johannsmat@gmail.com

Fecha de recepción: 22/09/2025

Fecha de aceptación: 09/12/2025

Pág: 71 – 84

DOI: [10.5281/zenodo.20448217](https://doi.org/10.5281/zenodo.20448217)

Resumen

Este artículo explora mediante un estudio de caso del Prototipo de mantenimiento para paneles solares del Liceo Pedro José Carrillo Márquez del Municipio Trujillo estado Trujillo, donde estudiantes de bachillerato desarrollaron un prototipo robótico bajo la tutoría del profesor Yohan Godoy. A partir del modelo triádico de Peirce, se argumenta que la automatización en contextos educativos no reduce la agencia a simples procesos técnicos, sino que genera una semiosis que vincula lo técnico (instrumentos), lo cognitivo (interpretación) y lo social (roles). Los datos -obtenidos mediante entrevistas semiestructuradas- muestran que los estudiantes reconfiguran su agencia hacia la innovación, lo que sugiere que la interdisciplinariedad en investigación debe incluir dimensiones semióticas para comprender cómo se construyen significados en la práctica científico-tecnológica. En el contexto de la automatización del siglo XXI, el discurso científico ha sufrido una mutación, adoptando una nueva postura crítica; donde su misión es revalorar el papel del estudiante, cuyo quehacer educativo no solo implica la adquisición de nuevas competencias, sino de identificar su rol frente a los desafíos del futuro.

Palabras clave: agencia humana, automatización, discurso científico, interdisciplinariedad, Peirce, semiosis.



Esta obra está bajo licencia [CC BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Resumo

Este artigo explora, por meio de um estudo de caso, o Protótipo de manutenção para painéis solares na Escola Secundária Pedro José Carrillo Márquez, no município de Trujillo, estado de Trujillo, onde alunos do ensino médio desenvolveram um protótipo robótico sob a orientação do professor Yohan Godoy. Com base no modelo triádico de Peirce, argumenta-se que a automação em contextos educacionais não reduz a agência a meros processos técnicos, mas gera um processo semiótico que conecta o técnico (instrumentos), o cognitivo (interpretação) e o social (papéis). Os dados -obtidos por meio de entrevistas semiestruturadas- mostram que os alunos reconfiguram sua agência em direção à inovação, sugerindo que a pesquisa interdisciplinar deve incluir dimensões semióticas para compreender como os significados são construídos na prática científica e tecnológica. No contexto da automação do século XXI, o discurso científico passou por uma transformação, adotando uma nova postura crítica; sua missão é revalorizar o papel do aluno, cujo esforço educacional envolve não apenas a aquisição de novas habilidades, mas também a identificação de seu papel diante dos desafios futuros.

Palavras-chave: agência humana, automação, discurso científico, interdisciplinaridade, Peirce, semiose.

Abstract

This article explores, through a case study of the Maintenance prototype for solar panels at the Pedro José Carrillo Márquez High School in the municipality of Trujillo, Trujillo State, where high school students developed a robotic prototype under the tutelage of teacher Yohan Godoy. Based on Peirce's triadic model, it is argued that automation in educational contexts does not reduce agency to mere technical processes, but rather generates a semiosis that links the technical (instruments), the cognitive (interpretation), and the social (roles). The data—obtained through semi-structured interviews—show that students reconfigure their agency toward innovation, suggesting that interdisciplinarity in research must include semiotic dimensions to understand how meanings are constructed in scientific and technological practice. In the context of 21st-century automation, scientific discourse has undergone a mutation, adopting a new critical stance, where its mission is to reevaluate the role of the student, whose educational task involves not only acquiring new skills but also identifying their role in the face

of future challenges.

Keywords: human agency, automation, scientific discourse, interdisciplinarity, Peirce, semiosis.

Introducción

La implementación de la automatización y la inteligencia artificial en diversos campos ha provocado un debate global sobre su impacto en el futuro del trabajo y, de manera particular, en los procesos educativos. En el ámbito de la robótica educativa, esta discusión adquiere una relevancia crucial: ¿la automatización reduce la necesidad de habilidades humanas o, por el contrario, las potencia al redefinir el tipo de agencia requerida en un mundo cada vez más tecnificado? Este estudio se enmarca en la pedagogía activa de John Dewey, la cual enfatiza el “aprender haciendo” como eje central del proceso educativo. Desde esta perspectiva, la automatización no solo es una herramienta técnica, sino un medio para fomentar la experiencia práctica y la construcción de conocimiento significativo.

Desde una perspectiva semiótica, consideraremos la automatización no solo como una simple tecnología, sino como un signo en sí misma, con sus propios significantes (dispositivos, algoritmos, procesamiento de la información) y significados (eficiencia, ahorro de tiempo, reducción de errores). Nos interesa explorar cómo este signo reconfigura la relación entre el sujeto educativo y la tarea de aprendizaje, impactando su agencia humana, entendida como la capacidad de actuar intencionalmente, tomar decisiones y ejercer control sobre su entorno y su propio desarrollo.

La hipótesis central es que, lejos de ser una fuerza reductora, la automatización, cuando se integra adecuadamente en contextos de la robótica educativa, actúa como un catalizador para el empoderamiento de la agencia humana, orientándola hacia habilidades cognitivas de orden superior como la creatividad, el pensamiento crítico y la resolución de problemas complejos. En cuanto a los alcances, esta investigación establece las bases para futuros estudios comparativos en diferentes contextos educativos (públicos-privados, urbanos-rurales, con recursos y sin recursos), que permitirían comprender cómo opera la agencia humana en sujetos con distintos grados de interés hacia la robótica educativa, y determinar si la semiosis desencadenada es finita o se prolonga en el tiempo.

Además, el enfoque semiótico amplía el estudio de la automatización hacia la inteligencia artificial desde una perspectiva de Ciencia, Tecnología y Sociedad, permitiendo analizar cómo se construyen socialmente los significados en torno a estas tecnologías. Respecto a las limitaciones, el estudio se circunscribe a una única institución educativa y se aplicó específicamente a

estudiantes que demostraron un interés previo hacia la robótica educativa, lo que podría limitar la transferibilidad de los resultados a poblaciones con características diferentes.

Marco teórico: Semiótica de la automatización y agencia humana

Para comprender la compleja relación entre automatización y agencia humana en la robótica educativa, es fundamental establecer un marco semiótico. Nos apoyamos en la lógica de Charles Sanders Peirce, que estudia al sujeto dentro de los procesos de generación de sentido a partir de los signos. Esta relación puede visualizarse a través de un diagrama que organiza tres perspectivas fundamentales: la automatización como amenaza, como potenciación y como reconfiguración de la agencia. Dicho diagrama ilustra la naturaleza dialéctica de esta interacción, donde la tecnología emerge de la agencia humana para luego transformarla. La representación visual permite comprender cómo estas perspectivas interaccionan entre sí, en la que la agencia no desaparece, sino que se adapta y redefine. Así, el diagrama sirve como herramienta semiótica para interpretar los signos y significados que surgen en la intersección entre humanos y máquinas automatizadas (Figura 1).

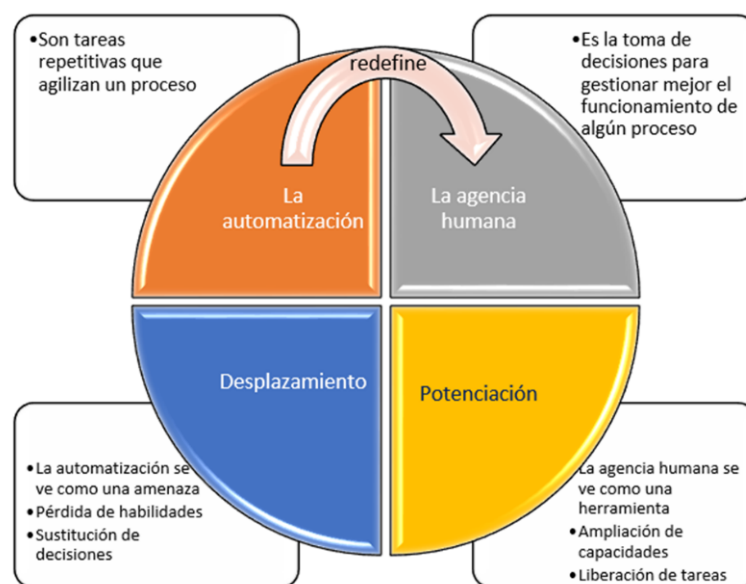


Figura 1: Relación entre automatización y agencia humana
Fuente: Elaboración propia (2025)

El pragmatismo, tal como fue desarrollado por pensadores como John Dewey, Charles Peirce y William James, se concibe en este estudio como una corriente que subraya la intrínseca relación entre el sujeto educativo y su entorno. Esta perspectiva se enmarca en la “filosofía de la acción”, donde la comprensión de la vida, los sentimientos y las ideas se deriva del estudio de la acción misma. En el contexto educativo, esto se traduce en el principio fundamental de

“aprender haciendo” (Viale, 2019). Desde un punto de vista epistemológico, el conocimiento en el pragmatismo siempre emana de la experiencia; cada persona construye un conocimiento singular a partir de vivencias únicas. No obstante, una parte sustancial de este conocimiento es compartido socialmente, dado que surge de experiencias colectivas. Como paradigma de investigación, el pragmatismo se enfoca en la resolución de problemas prácticos en el mundo real, emergiendo como un método idóneo para investigadores con una orientación práctica (Houghton et al., 2012).

Puesto que el sentido es inseparable de la experiencia y las necesidades humanas, las cuales dependen inherentemente del contexto (Dillon et al., 2000), la fenomenología juega un rol crucial en esta investigación. Dada su naturaleza, la fenomenología destaca el significado que envuelve lo cotidiano y la vivencia del ser humano.

En un contexto educativo, este enfoque se presta para el análisis de la experiencia significativa del sujeto sensible con el objeto de estudio. Es a través de este método que se busca la reducción fenomenológica, es decir, la disminución del conjunto de experiencias a la conciencia de las vivencias más genuinas, sin presuponer un mundo más allá de la experiencia misma. Esto permite comprender en profundidad la relación entre el sujeto y el objeto de aprendizaje, sin separarlos de su realidad vivida (Inciarte y Barbera, 2012).

La automatización como signo

La pedagogía activa de Dewey refuerza la idea de que la automatización, como signo, adquiere significado en la medida en que los estudiantes interactúan con ella de manera práctica, resolviendo problemas reales y reflexionando sobre sus acciones. Sus manifestaciones materiales y lógicas (como la estructura del robot, el panel solar, los microcontroladores, los sensores y motores) actúan como significantes de este sistema. Es crucial señalar que este signo es, a su vez, producto de una semiosis (Peirce, 1958), lo que implica que su significado puede devenir en el signo de otra relación significativa, apuntando a nuevas interpretaciones en un proceso continuo.

En coherencia con la semiótica de Peirce, el sociólogo y filósofo George Herbert Mead (1934) postula que el signo es el objeto material que desencadena el significado. Para este estudio, los elementos tangibles de la automatización (la estructura del robot, el panel solar, entre otros) representan el signo, mientras que el sentido se asocia a conceptos como la eficiencia en tareas repetitivas, la optimización de procesos, el posible reemplazo del trabajo manual y la percepción de deshumanización. Según Mead, citado en (Blumer, 1969), el sentido opera como un indicador social crucial en la construcción de la conducta. La interpretación de este sentido por parte de los sujetos educativos es lo que determina cómo la automatización impacta su capacidad de agencia, es decir, su habilidad para decidir cómo resolver un problema de ingeniería, elegir las herramientas adecuadas, depurar un código de forma autónoma o proponer mejoras innovadoras a un diseño existente.

Agencia humana en contextos tecnológicos

La agencia humana se refiere a la capacidad de los individuos para actuar con intencionalidad, tomar decisiones y ejercer control tanto en su propio desarrollo como en las circunstancias que los rodean. En el contexto de la tecnología, la agencia no es anulada por las herramientas, sino remediada y reconfigurada (Moreno, 2020). Actualmente, la robótica educativa, es una extensión de la agencia humana, la cual se manifiesta como catalizador en la ejecución manual de tareas, la memorización de procedimientos y la repetición para adquirir destreza. Es así, como la automatización, reconfigura la agencia:

- De la ejecución al diseño y supervisión: El sujeto educativo deja de ser un ejecutor para convertirse en un diseñador de sistemas, un programador, un supervisor de procesos o un solucionador de problemas cuando la automatización falla.
- De la repetición a la innovación: La liberación de tareas repetitivas permite al sujeto educativo dedicar más tiempo y energía mental a la ideación, la experimentación y la creación de soluciones novedosas.
- Del conocimiento tácito a la conciencia sistémica: La interacción con sistemas automatizados exige una comprensión más profunda de la interconexión entre componentes, la lógica de programación y los principios subyacentes.

Desde una perspectiva semiótica, el “empoderamiento” de la agencia no implica necesariamente el aumento de una medida escalar, sino “un proceso de mejoramiento de la capacidad de un sujeto o grupo para hacer elecciones efectivas” (Leiva, 2015). En este sentido, la automatización se manifiesta como un signo de terceridad, operando como una ley, hábito o mediación que establece una relación general y predecible entre la acción y sus consecuencias. No solo es una herramienta semiótica que realiza acciones, sino que, al establecer patrones y procesos definidos (como algoritmos o protocolos de funcionamiento), también modela el pensamiento y la forma en que los sujetos sensibles conceptualizan, organizan y abordan los problemas.

Metodología: Estudio de caso del Prototipo de mantenimiento para paneles solares

La exploración de estas ideas se concretó mediante un estudio de caso cualitativo, centrado en el Prototipo de mantenimiento para paneles solares. Este fue desarrollado por estudiantes de bachillerato del Liceo Pedro José Carrillo Márquez, ubicado en el Municipio Trujillo, estado Trujillo (Venezuela), durante el período comprendido entre enero y junio de 2025. La aproximación metodológica se desarrolló en tres fases secuenciales: una fase inicial, donde se postuló como premisa central la interacción de los sujetos educativos con la automatización; una segunda fase, enfocada en la recolección detallada de la experiencia vivida por cada participante; y una fase final, dedicada a la reflexión fenomenológica y la interpretación de dichas vivencias.

Contexto del estudio de caso

El Prototipo de mantenimiento para paneles solares consistió en el diseño, construcción y programación de un robot que integra un sistema de cepillado para la remoción de suciedad superficial y una bomba de agua conectada a un sistema de almacenamiento y dosificación para una limpieza más profunda de paneles solares. Los estudiantes de nivel bachillerato, trabajaron en equipo, enfrentando desafíos tanto teóricos (principios de electrónica, programación, energía solar) como prácticos (adquisición de componentes, ensamblaje, depuración de código). La robótica educativa en Venezuela, específicamente en Trujillo, a menudo con recursos limitados, fomenta la inventiva y el aprovechamiento máximo de las herramientas disponibles.

Recolección de datos

Para la recolección de datos, se empleó una estrategia metodológica mixta que permitió una aproximación comprehensiva al fenómeno estudiado, integrando la riqueza de las experiencias de los participantes con la observación directa y el análisis documental (Denzin y Lincoln, 2015). Los métodos utilizados fueron los siguientes:

- Observación participante: El investigador realizó una observación directa y sistemática de los estudiantes durante las fases de diseño, construcción, programación y prueba del Prototipo de mantenimiento para paneles solares. Esta técnica permitió registrar en el momento sus interacciones con las herramientas automatizadas y la dinámica colaborativa entre ellos, capturando aspectos clave de la agencia en acción (David et al., 2015).
- Entrevistas semi-estructuradas: Se llevaron a cabo entrevistas individuales con los estudiantes participantes. La formulación de preguntas se centró en explorar las actitudes y valores de su experiencia, incluyendo:
 - Su percepción del rol de la automatización en el proyecto
 - Las habilidades que consideraban haber desarrollado a lo largo del proceso
 - Los desafíos enfrentados y las estrategias empleadas para su superación
 - Su visión prospectiva sobre el futuro del trabajo y la tecnología.

El enfoque semiestructurado orientó las entrevistas hacia el objetivo del estudio: comprender los intereses de los estudiantes en el Prototipo de mantenimiento para paneles solares. Este formato flexible, facilitó un espacio de libertad que permitió a los participantes responder de manera dinámica y enriquecer el diálogo (Díaz et al., 2013).

- Análisis documental: Se procedió a la revisión minuciosa de diversos artefactos y documentos producidos por los estudiantes durante el proyecto. Esto incluyó cuadernos de trabajo, el código fuente del robot, diagramas de circuitos y reportes de proyecto. El análisis de estos materiales proporcionó una evidencia concreta y complementaria de las decisiones técnicas y los procesos cognitivos implicados (Bowen, 2009).

Los datos obtenidos a través de estas técnicas se sintetizaron para identificar patrones y temas emergentes, los cuales se presentan de forma consolidada en la Tabla 1.

Desde un enfoque fenomenológico, el proyecto transformó profundamente las percepciones de los participantes sobre los robots y la automatización, aunque con un impacto diferenciado en cada estudiante. Antes de la experiencia, se observó la persistencia de preconceptos erróneos sobre la figura del robot, a menudo influenciados por representaciones mediáticas de robots humanoides. Esta visión inicial, que asocia “robot” con una forma antropomórfica compleja, contrastó notablemente con la realidad del Prototipo de mantenimiento para paneles solares: un sistema que, aunque carente de semejanza humana, demostró una capacidad autónoma al mover motores y procesar información mediante sensores.

Así, para varios sujetos educativos, la interacción con un robot funcional compuesto por circuitos y microcontroladores, y dedicado a tareas específicas, resignificó el concepto de robot. Esta experiencia directa les permitió trascender la imagen preconcebida del autómatas humanoide para comprender que la esencia de la robótica reside en la automatización de procesos y la interacción inteligente con el entorno, independientemente de su apariencia física (Ver Figura 2).

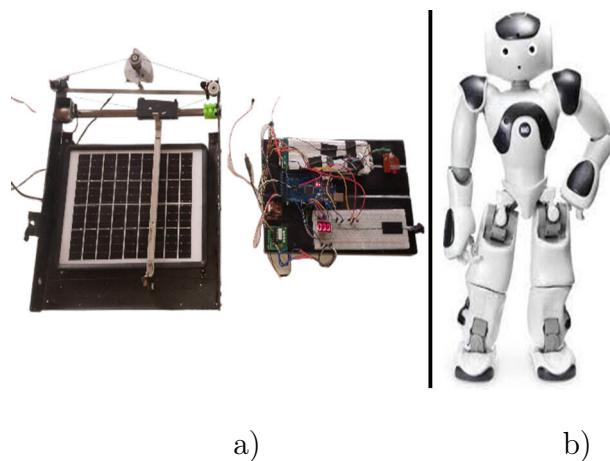


Figura 2: Comparación del Prototipo de mantenimiento para paneles solares con un robot humanoide

Fuente: a) Prototipo de mantenimiento para paneles solares (2025) y b)

<https://www.generationrobots.com/>

Tabla 1: Estudiantes entrevistados en el estudio

	Sujeto educativo		Postura		Fuente Bibliográfica
	1	2	Pragmática	Fenomenológica	
Percepción de la Automatización	Algo que se realiza sin necesidad de mano de obra.	Que lo haga solo, sin ayuda externa.	Destacan la eficiencia (reducción de trabajo manual) y la solución de problemas reales (limpieza de paneles en lugares inaccesibles).	La experiencia confirmó sus ideas previas, pero Israel reconoció un cambio al ver robots no humanoides ("aparatosos").	(Peirce, 1978) enfatiza que el significado de un concepto radica en sus efectos prácticos.
Habilidades desarrolladas	No identifica habilidades nuevas, solo mejora en conocimiento teórico.	Resulta el avance en lógica de programación y trabajo en equipo.	Ambos reconocen la importancia de la programación para el futuro, aunque con distinto nivel de profundidad.	Arturo valora la complejidad del proceso creativo, mientras Israel subestima sus aprendizajes.	(Dewey, 1938) vincula el aprendizaje significativo con la resolución práctica de problemas.
Creatividad de Innovación	Nosotros pensamos en ajustar un poco la posición del sistema de poleas para ver si llegaba y eso funcionó. No sé si eso cuenta como improvisar o buscar soluciones creativas, pero sí, eso hicimos	Desde el principio tuvimos una lluvia de ideas y queríamos arreglarle varias cosas, como por ejemplo un sistema de seguimiento del sol o cámaras de vigilancia, un sistema de vigilancia para poder monitorearlo desde cualquier punto.	La improvisación con materiales reciclados (por ejemplo, el divisor de voltaje con componentes rehusados) refleja adaptabilidad.	Arturo describe la innovación como un proceso colaborativo ("lluvia de ideas").	(Schön, 1982) destaca la innovación como respuesta a limitaciones prácticas.
Desafíos técnicos	Como es un prototipo, obviamente tuvieron que haber varios errores y muy importante porque nosotros no sólo aprendemos de los errores que se pueden presentar en la programación	Bastante triste cuando crees que va bien y ocurre un error, eso desmotiva bastante, pero te ayuda a decir que, oh no, bueno no funcionó así.	Soluciones creativas (ajustes de programación, reutilización de materiales) como consecuencia de errores.	Más allá del problema del mecanismo, se suscita la discrepancia entre lo esperado y lo manifestado (funciona – no funciona)	(Trujillo, 2018) argumenta que el error impulsa el aprendizaje.
Impacto de la automatización en el futuro	Pues yo la verdad, sí me llamó la atención la robótica un poco después de toda esta experiencia, pero no me imagino yo trabajando así con tecnología, no me veo ahí.	Creo que me imagino trabajando en tecnología automatizada en un futuro. Creo que lo vamos a tener que ver en cualquier área de nuestra vida.	Adaptar la fuerza laboral a nuevas demandas, invirtiendo en capacitación y desarrollo de habilidades que permitan a los individuos transitar hacia estos roles emergentes	Israel duda de su rol en tecnología; Arturo se visualiza como programador.	(McAfee y Brynjolfsson, 2014) analizan la disrupción laboral por la automatización.

Fuente: Elaboración propia (2025).

Desde una perspectiva pragmática, las soluciones técnicas implementadas por los estudiantes y su reflexión sobre el futuro laboral validan la teoría de Peirce: el conocimiento se construye a través de la acción y sus consecuencias (Peirce, 1958). Es importante señalar que la percepción del entrevistado sobre su nula adquisición de habilidades específicas en robótica durante el proyecto podría indicar una falta de conciencia por parte de algunos estudiantes en la identificación de las competencias realmente desarrolladas. Sin embargo, la evidencia observada en el proyecto demostró que los sujetos educativos tuvieron la oportunidad de aplicar y perfeccionar sus habilidades al enfrentar desafíos prácticos. Por ejemplo, se hizo efectivo su capacidad de agencia creativa cuando, ante el problema inicial con el mecanismo de manivela-biela, lograron concebir e implementar una solución emergente a través de un sistema de poleas.

Resultados y discusión: La automatización como catalizador de agencia

Los hallazgos del estudio de caso del Prototipo de mantenimiento para paneles solares sugieren de manera contundente que la automatización, en este contexto de la robótica educativa, no solo no redujo la agencia humana, sino que la empoderó y reorientó hacia habilidades de orden superior. Esta transformación se hizo evidente en varios aspectos clave, comenzando por el cambio en el rol fundamental del estudiante y finalizando por considerar la automatización como signo dialógico.

Del ejecutor al programador-diseñador

Inicialmente, la aproximación de muchos estudiantes al proyecto se limitaba a una mentalidad de “seguir instrucciones” o “ensamblar un kit”. Sin embargo, este rol se transformó radicalmente al confrontar la exigencia de programar el robot para operar de manera autónoma. La autonomía implicó tareas complejas como: el movimiento predefinido del cepillo de limpieza para remoción de suciedad superficial; el control de encendido y apagado de la bomba de agua conectada al sistema de almacenamiento y dosificación, esencial para una limpieza profunda de los paneles solares; y la activación del ciclo de mantenimiento ligada a la eficiencia y radiación de la luz solar (detección del momento óptimo).

Si el robot hubiese sido manual, la agencia del estudiante se habría centrado en el control físico, la destreza manual y la respuesta en tiempo real. Con la automatización, esta agencia se desplazó completamente hacia la lógica de la programación. Los estudiantes se vieron obligados a conceptualizar algoritmos, depurar código, e integrar las entradas de los sensores con las salidas de los motores. Este proceso demandó un pensamiento abstracto y computacional, junto con una profunda resolución de problemas algorítmicos. En este nuevo paradigma, el código no fue solo un paso, sino el significante clave de la automatización y el medio explícito a través del cual ejercieron su voluntad y dirigieron el comportamiento inteligente del robot.

Liberación de la repetición para la experimentación creativa

La automatización de tareas repetitivas (como mover el cepillo de limpieza de un extremo a otro para la remoción de suciedad superficial) liberó a los estudiantes de la necesidad de realizar estas acciones manualmente, permitiéndoles enfocar su energía mental en aspectos más complejos y creativos del diseño. Esto conllevó a los estudiantes a idearse una manera eficiente y automática en generar ese movimiento vaivén, y de sincronizar la activación de la bomba para ayudar a una limpieza más profunda. Esta es una manifestación clara de agencia creativa y pensamiento crítico, ya que permitió que los estudiantes tuviesen una visión general del robot como un sistema integrado capaz de realizar varias tareas a la vez.

Desarrollo de habilidades sistémicas y pensamiento crítico

Los fallos en la automatización (cuando el robot no hacía lo que se esperaba) fueron momentos pedagógicos de gran valor que fortalecieron la agencia de los estudiantes. Cuando el robot no ejecuta alguna acción programada, los estudiantes debían diagnosticar sistemáticamente el problema: ¿Fue el sensor? ¿La programación? ¿El motor? ¿Un problema de energía? Esta depuración rigurosa fomentó el pensamiento crítico, la observación detallada y la inferencia lógica. Todo esto, conllevó a los estudiantes tener que integrar conocimientos de electrónica, mecánica y programación.

Modelo triádico de Peirce

Desde la perspectiva del modelo triádico de Peirce, la automatización puede entenderse como un proceso semiótico donde la primeridad (cualidad pura) se manifiesta en los datos crudos y la materialidad de las máquinas —voltajes, engranajes o bits—, aún desprovistos de sentido; la segundidad (acción-reacción) emerge en las interacciones diádicas, como un sensor detectando luz o un actuador ejecutando un movimiento, donde la causalidad es inmediata pero limitada a lo contingente. Sin embargo, es en la terceridad —la categoría de la mediación, el hábito y la representación— donde la automatización trasciende su mera funcionalidad para convertirse en signo: un sistema automatizado no solo opera, sino que significa algo para un intérprete (humano o artificial), encarnando leyes, propósitos y convenciones (ej.: un algoritmo de aprendizaje automático que generaliza patrones, o un robot que simboliza autonomía tecnológica). Así, la terceridad revela que la esencia de la automatización no reside en sus componentes (primeridad) ni en sus reacciones (segundidad), sino en su capacidad de mediar entre lo físico y lo simbólico, generando semiosis donde máquinas y usuarios negocian significados compartidos.

Esta dinámica permite abordar la pregunta central de la investigación desde una perspectiva interdisciplinaria: ¿la automatización reduce o fortalece la agencia humana? La evidencia, analizada a través del método pragmático de Peirce (Trujillo, 2018) y contrastada con algunos teóricos, sugiere que la automatización actúa como catalizador que potencia a la agencia

humana al redistribuir roles y facilitar la toma de decisiones.

La Figura 3 ilustra este fenómeno, mostrando cómo la interacción con sistemas automatizados resignifica la acción entre el sujeto y la tecnología.

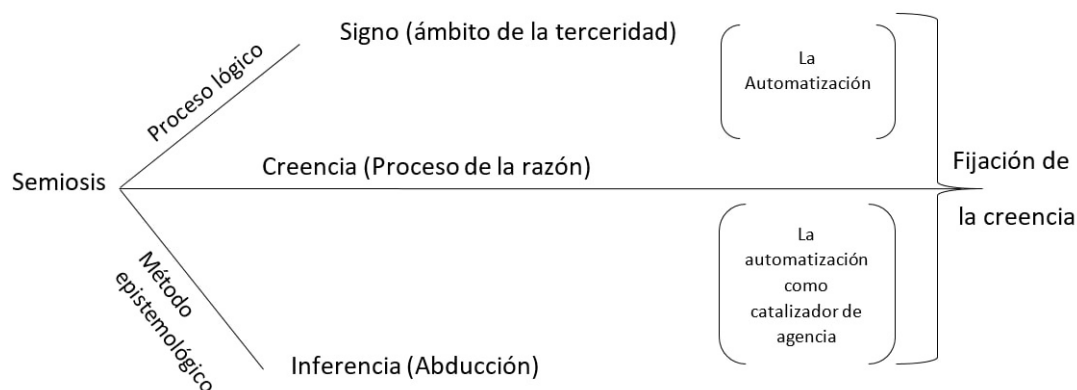


Figura 3: Esquema de la fijación de creencia según Peirce

Fuente: a) Trujillo (2018) y b) Elaboración propia (2025)

Consideraciones finales

A partir de los hallazgos de esta investigación, es evidente que, en general, la automatización en el aprendizaje técnico, lejos de ser una fuerza reductora, actúa como un signo catalizador de la agencia humana. Al delegar las tareas repetitivas y monótonas a las máquinas, el sujeto educativo trasciende para crear nuevos significados, dedicándose a:

El diseño y la programación de sistemas complejos: Esta capacidad técnica le permite explorar múltiples alternativas de solución ante problemas de mayor envergadura, trascendiendo a la mera ejecución de instrucciones para involucrarse en un proceso de abstracción y modelado. En lugar de limitarse a operar herramientas, el estudiante se convierte en un diseñador de sistemas, lo que implica analizar variables, prever comportamientos y materializar conceptos abstractos mediante lenguajes formales.

La experimentación y la innovación: El estudiante moviliza sus capacidades cognitivas para generar nuevo conocimiento a través del razonamiento abductivo —concebido por Charles S. Peirce como la única forma lógica capaz de introducir ideas nuevas—. Este proceso se activa al enfrentar un problema real, donde la experimentación no se reduce a la verificación, sino que consiste en formular hipótesis bien realizadas y creativas para explicar el fenómeno y solucionarlo (Godoy, 2019).

El diagnóstico de problemas y el pensamiento crítico sistémico: El estudiante desarrolla la capacidad de interpretar y sintetizar información dentro de sistemas complejos. Esta competencia le permite trascender la mera resolución inmediata de fallas, mediante el cual analiza relaciones, anticipa consecuencias y diseña estrategias sostenibles. Socialmente, esta habilitación cognitiva le posibilita adaptarse a roles emergentes, donde su valor en el mercado laboral técnico-científico ya no radica en la ejecución de tareas automatizables, sino en su capacidad de mediación, juicio y gestión de significados dentro de ecosistemas socio-técnicos en evolución.

La automatización, leída a través de la semiótica, no solo ejecuta instrucciones, sino que se convierte en un signo que interactúa con el sujeto educativo, proporcionando retroalimentación y moldeando sus habilidades. En este proceso, la agencia humana se reconfigura, moviéndose del ámbito de la ejecución manual al de la conceptualización, la resolución creativa de problemas y la supervisión inteligente. El discurso científico del siglo XXI va mutando cada vez más rápido, intentando de explicar y predecir el comportamiento fenomenológico de nuestra realidad, y a su vez, desde un modo pragmático en adaptarse a los nuevos cambios para poder encarar los desafíos del futuro.

Finalmente, los enfoques pragmático y fenomenológico destacan la relevancia de la pedagogía activa de John Dewey, subrayando la necesidad de diseñar currículos donde la automatización sirva como catalizador para la acción reflexiva y la resolución colaborativa de problemas; puesto que hace resaltar la necesidad de diseñar currículos que integren la automatización no como un fin en sí misma, sino como una herramienta pedagógica que impulse el desarrollo de habilidades cognitivas de orden superior, preparando a las futuras generaciones para un mundo laboral en constante evolución donde la capacidad de innovar y resolver problemas complejos será más valiosa que nunca.

Referencias

- Blumer, H. (1969). *Symbolic Interactionism: Perspective and Method*. Prentice-Hall.
- Bowen, G. (2009). Document Analysis as a Qualitative Research Method. *Qualitative Research Journal*, 9(2), 27-40. <https://doi.org/10.3316/QRJ0902027>
- David, N., Obhi, S., y Moore, J. (2015). Editorial: Sense of agency: examining awareness of the acting self. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, 310. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00310>
- Denzin, N., y Lincoln, Y. (2015). *Manual de Investigación Cualitativa (VOL. IV). Métodos de recolección y análisis de datos*. Editorial Gedisa.
- Dewey, J. (1938). *Experiencia y Educación*. Editorial Losada.

- Díaz, L., Torruco, U., Martínez, M., y Varela, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Metodología de Investigación en Educación Médica*, 2(7), 162-167. [https://doi.org/10.1016/S2007-5057\(13\)72706-6](https://doi.org/10.1016/S2007-5057(13)72706-6)
- Dillon, D., O'Brien, D., y Heilman, E. (2000). Literacy Research in the Next Millennium: From Paradigms to Pragmatism and Practicality. *Reading Research Quarterly*, 35(1), 10-26. <https://doi.org/10.1598/RRQ.35.1.2>
- Godoy, Y. (2019). Sherlock Holmes y el razonamiento abductivo: Una mirada semiótica al discurso científico. *Revista Scientific*, 4(14), 411-425. <https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2019.4.14.20.411-425>
- Houghton, C., Hunter, A., y Meske, P. (2012). Linking aims, paradigm and method in nursing research. *Nurse Researcher*, 20(2), 34-39. <https://doi.org/10.7748/nr2012.11.20.2.34.c9439>
- Inciarte, A., y Barbera, N. (2012). Fenomenología y hermenéutica: dos perspectivas para estudiar las ciencias sociales y humanas. *Multiciencias*, 12(2), 199-205.
- Leiva, E. (2015). Poder, agencia y empoderamiento. *I Congreso Latinoamericano de Teoría Social. Instituto de Investigaciones Gino. Buenos Aires: Acta Académica*, 19. <https://www.aacademica.org/000-079/13>
- McAfee, A., y Brynjolfsson, E. (2014). *La segunda era de las máquinas: Trabajo, progreso y prosperidad en una época de brillantes tecnologías*. Temas Grupos Editorial.
- Moreno, J. (2020). *Tecnología, agencia y transhumanismo*. Ediciones USTA.
- Peirce, C. (1958). *The Collected Papers of Charles Sanders Peirce*. Harvard University Press.
- Peirce, C. (1978). *Cómo esclarecer nuestras ideas: Traducción castellana y notas de José Vericat (1988)*. Popular Science Monthly.
- Schön, D. (1982). *El profesional reflexivo. Cómo piensan los profesionales cuando actúan*. Paidós.
- Trujillo, J. (2018). *El pragmatismo de C.S. Peirce : comunidad, realismo y verdad*. Programa Editorial Universidad del Valle.
- Viale, C. (2019). Introducción al Dossier John Dewey y la educación: perspectivas contemporáneas. *Diálogos Pedagógicos*, 27(34), 99-106.