



**Fomento de las habilidades del siglo XXI en la enseñanza de los circuitos eléctricos a partir del  
Pensamiento Computacional**

Daniel Andrés Quiroz-Vallejo  
Jhonatan Jiménez-Gómez

Trabajo de grado presentado para optar al título de Licenciado en Matemáticas y Física

Tutor

Jaime Andrés Carmona-Mesa, Magíster (MSc) en Educación

Universidad de Antioquia

Facultad de Educación

Licenciatura en Matemáticas y Física

Medellín, Antioquia, Colombia

2022

<b>Cita</b>	(Quiroz-Vallejo y Jiménez-Gómez, 2022)
<b>Referencia</b>	Quiroz-Vallejo, D. A., & Jiménez-Gómez, J. (2022). <i>Fomento de las habilidades del siglo XXI en la enseñanza de los circuitos eléctricos a partir del pensamiento computacional</i> . [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
<b>Estilo APA 7 (2020)</b>	



Grupo de Investigación MATHEMA-FIEM.

Centro de Investigaciones Educativas y Pedagógicas (CIEP).



**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano:** Wilson Bolívar Buriticá.

**Jefe departamento:** Cártul Vargas.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **Dedicatoria**

*Daniel Andrés Quiroz-Vallejo: Este trabajo ha sido posible gracias al apoyo constante de mi madre y de mi hermana, a quienes dedico este trabajo. También, agradezco a mi compañero y a mi asesor; ellos hicieron que este proceso fuera divertido y lleno de aprendizajes.*

*Jhonatan Jiménez-Gómez: Dedicado a mi madre, que con tanto esfuerzo me ha apoyado en este camino. Agradezco a su vez, a mi compañero, cuyos comentarios hicieron posible el desarrollo de este trabajo. Por último, felicito a mi asesor, por el compromiso profesional y humano que brindó en mi formación como docente e investigador.*

## Tabla de contenido

Lista de tablas.....	6
Lista de figuras .....	7
Siglas, acrónimos y abreviaturas.....	8
Resumen.....	9
Abstract .....	10
1 Planteamiento del problema.....	11
2 Objetivos .....	16
2.1    Objetivo general .....	17
2.2    Objetivos específicos.....	17
3. Marco teórico .....	18
3.1 Revolución de tecnologías digitales.....	18
3.1.1 Una mirada a la revolución de las tecnologías digitales desde el punto de vista industrial y económico.....	19
3.1.2 Implicaciones de la revolución de tecnologías digitales en los sistemas educativos: una mirada crítica.....	22
3.2 Habilidades del siglo XXI.....	25
3.3 Pensamiento Computacional.....	31
4. Metodología.....	37
4.1 Sistematización de prácticas educativas.....	37
4.1.1 Momentos de la SPE.....	38
4.1.2 Punto de partida.....	38
4.2 Reconstrucción narrativa de la práctica.....	39
4.2.1 Fase 1. Identificación del problema y planeación de la implementación .....	40
4.2.2 Fase 2. Introducción a la ley de Ohm .....	40
4.2.3 Fase 3. Simulaciones para circuitos eléctricos en serie y en paralelo.....	41

4.2.4 Fase 4. Construcción de circuitos del hogar .....	41
4.2.5 Fase 5. Automatización y programación de microcontroladores .....	43
4.3 Reconstrucción analítica de la práctica.....	44
4.3.1 Características necesarias para la integración de actividades basadas en el PC en la enseñanza de los circuitos eléctricos .....	45
4.3.2 Desarrollo de Habilidades del Siglo XXI .....	46
5. Resultados y discusión.....	47
5.1 Características necesarias para la integración de estrategias basadas en el PC en la enseñanza de los circuitos eléctricos .....	47
5.1.1 Problemas complejos y basados en situaciones reales.....	47
5.1.2 Uso de estrategias digitales para aportar a la solución del problema .....	52
5.2 Desarrollo de Habilidades del Siglo XXI.....	58
5.2.1 Habilidades cognitivas .....	58
5.2.2 Alfabetización digital .....	63
5.2.3 Alfabetización ambiental.....	67
6. Consideraciones finales .....	71
Referencias.....	74
Anexos .....	74

## Lista de tablas

<b>Tabla 1</b> Instrucciones para la construcción del modelo de casa en una placa de pruebas .....	43
<b>Tabla 2</b> Evidencias basadas en los diarios de campo con relación a los problemas complejos y basados en situaciones reales .....	47
<b>Tabla 3</b> Expresiones de los participantes respecto al uso de dispositivos electrónicos y diferentes sistemas de representación .....	52
<b>Tabla 4</b> Relación entre las formas de abordar el desafío y los procesos que conlleva.....	54
<b>Tabla 5</b> Diálogo entre el conocimiento disciplinar con las habilidades cognitivas .....	58
<b>Tabla 6</b> Componentes de la alfabetización digital en los registros de la información.....	64
<b>Tabla 7</b> Comparación entre pregunta inicial y pregunta final.....	67

## Lista de figuras

<b>Figura 1</b> Curva de sonrisa .....	20
<b>Figura 2</b> Puntos en común de la comunidad académica frente a las Habilidades del Siglo XXI .....	27
<b>Figura 3</b> Habilidades del Siglo XXI para Latinoamérica .....	29
<b>Figura 4</b> Prácticas del PC propuestas por Weintrop y colaboradores.....	35
<b>Figura 5</b> Fases de la implementación .....	40
<b>Figura 6</b> Modelos de distribución eléctrica de viviendas construidos por los estudiantes .....	42
<b>Figura 7</b> Representación de un circuito en serie elaborado por un grupo de estudiantes.....	49
<b>Figura 8</b> Contraste entre modelos de distribución eléctrica en Tinkercad .....	50
<b>Figura 9</b> Proceso de simulación y programación de uno de los grupos.....	66

### **Siglas, acrónimos y abreviaturas**

<b>4RI</b>	Cuarta revolución industrial
<b>DC</b>	Diarios de campo
<b>MEN</b>	Ministerio de Educación Nacional
<b>PC</b>	Pensamiento Computacional
<b>SPE</b>	Sistematización de prácticas educativas



## Resumen

En la actualidad, la humanidad se ve envuelta en una revolución de tecnologías digitales (denominada también cuarta revolución industrial). Esta revolución trae consigo una serie de retos para los sistemas escolares, que deben atender a nuevas demandas de formación. Con este contexto, este trabajo de investigación tuvo por objetivo analizar el desarrollo de habilidades del siglo XXI a partir del Pensamiento Computacional en la enseñanza de los circuitos eléctricos. Para ello, se desarrolló una sistematización de las prácticas pedagógicas a partir de una implementación con estudiantes del grado undécimo de una institución educativa de carácter oficial de la ciudad de Medellín. Para esta sistematización se recolectó información de entrevistas semiestructuradas, producción digital y escrita de los participantes y de diarios de campo de los investigadores. En este proceso, se tuvieron en cuenta dos ejes temáticos: características necesarias para la integración de actividades basadas en el Pensamiento Computacional en la enseñanza de los circuitos eléctricos; y el desarrollo de las habilidades del siglo XXI. Los resultados de este estudio permitieron determinar dos cualidades necesarias para la integración de actividades basadas en el pensamiento computacional en la enseñanza de los circuitos eléctricos: el uso de problemas complejos y el uso de estrategias con tecnologías digitales. A su vez, en este trabajo se categorizan los aportes de la integración de este tipo de actividades para el desarrollo de habilidades del siglo XXI en tres dimensiones: habilidades cognitivas, alfabetización ambiental y alfabetización digital. Estos hallazgos permiten ampliar la evidencia empírica acerca del uso del Pensamiento Computacional como un recurso metodológico para afrontar los retos de revolución de tecnologías digitales que enfrenta Medellín y ciudades latinoamericanas en condiciones similares.

*Palabras clave:* Habilidades del siglo XXI, Pensamiento Computacional, Cuarta Revolución Industrial, Circuitos eléctricos.

**Abstract**

Humanity is currently involved in a revolution of digital technologies (also known as the fourth industrial revolution). This revolution brings with it a series of challenges for school systems, which must meet new training demands. In this context, the objective of this research work was to analyze the development of 21st-century skills, based on Computational Thinking in the teaching of electrical circuits. For this purpose, a systematization of pedagogical practices was developed from implementation with eleventh-grade students of an official educational institution in the city of Medellin. For this systematization, information was collected from semi-structured interviews, digital and written production of the participants, and field diaries of the researchers. In this process, two thematic axes were considered: characteristics necessary for the integration of activities based on Computational Thinking in the teaching of electrical circuits; and the development of 21st-century skills. The results of this study allowed determining two necessary qualities for the integration of activities based on computational thinking in the teaching of electrical circuits: the use of complex problems and the use of strategies with digital technologies. In turn, this work categorizes the contributions of the integration of this type of activity to the development of 21st-century skills in three dimensions: cognitive skills, environmental literacy, and digital literacy. These findings allow expanding the empirical evidence about the use of Computational Thinking as a methodological resource to face the challenges of the digital technology revolution faced by Medellin and Latin American cities in similar conditions.

*Keywords:* 21<sup>st</sup>-century skills, Computational Thinking, Fourth Industrial Revolution, electrical circuits

### **1. Planteamiento del problema**

En la actualidad, la humanidad se ve envuelta en una revolución de tecnologías digitales (denominada también como la Cuarta Revolución Industrial o 4RI), que nos enfrenta a un entorno de rápido desarrollo en tecnologías como la Inteligencia Artificial, análisis masivo de datos, Internet de las Cosas, Robótica, entre otras, que promueven cambios en el estilo de vida y de trabajo en las sociedades (Davis, 2016). Esta revolución trae consigo una serie de implicaciones para los sistemas escolares, que plantea nuevas demandas de formación en contenidos disciplinares y, en general, renueva la forma de vivir la cotidianidad por parte de los miembros de la sociedad. Para ello, diversos autores reconocen como una necesidad latente el avanzar en procesos de alfabetización digital con características particulares en cada campo del conocimiento y en todos los niveles de formación (p. ej. Tsekeris, 2019).

Estos tiempos generan cambios en las dinámicas de la comunicación, el consumo, la producción y el empleo, a velocidades no imaginadas antes (Schwab, 2017). En este sentido, las personas requieren ser educadas para desenvolverse y participar activamente en la revolución de las tecnologías digitales, con la finalidad de integrarse de manera consciente y eficiente a los cambios que experimenta la sociedad. Con este contexto, los sistemas educativos se encuentran con un problema y una oportunidad al mismo tiempo: ayudar a preparar a las nuevas generaciones para cambios de una complejidad que la humanidad no ha vivido hasta el momento (Scepanovič, 2019).

El conjunto de habilidades que antes se consideraban fundamentales para desenvolverse en la sociedad, como la lectura, la escritura y el manejo básico de la aritmética, aunque aún necesarias, han cambiado su énfasis para lograr la adaptación a contextos hiperconectados (Larson y Miller, 2011). Es por ello que en la actualidad se identifica la necesidad de incluir en los currículos de los sistemas escolares una serie de elementos que permitan la adaptación a la realidad actual, caracterizada principalmente por la rápida evolución de las tecnologías digitales, que fomentan procesos de globalización en todos los rincones del planeta y, a su vez, trae consigo innovaciones en casi todos los campos del conocimiento (Chalkiadaki, 2018). Al respecto, algunos autores reconocen las Habilidades del siglo XXI como un conjunto de habilidades y competencias con alto potencial para afrontar las necesidades mencionadas (Chalkiadaki, 2018; Griffin y Care, 2014; Zajda, 2010). Si bien las comprensiones de este término son amplias en la literatura, asuntos como la formación enfocada a adquirir herramientas para enfrentar el carácter globalizado del mundo, el fomento del uso crítico de las tecnologías digitales y de las capacidades de

innovación a partir del trabajo interdisciplinar, son elementos en los que la mayoría de los autores convergen (Chalkiadaki, 2018).

El desarrollo de las habilidades del siglo XXI demanda que se incluyan en los currículos estrategias para su materialización en los sistemas educativos. Por ejemplo, más que incentivar el uso y consumo pasivo de contenidos educativos, uno de los componentes clave para la formación en este contexto es impulsar la integración en la cultura participativa actual, con lo cual, toma relevancia que haya una inmersión de los estudiantes en las lógicas de la apropiación y comprensión de conocimiento que tienen lugar en la solución de los problemas de la sociedad actual (Gretter y Yadav, 2016). Para lograr lo mencionado, revisiones de literatura reportan que las diferentes comprensiones de las Habilidades del Siglo XXI convergen en que se debe prestar especial atención a cuatro competencias: colaboración, comunicación, alfabetización digital y competencias sociales y culturales (Chalkiadaki, 2018; Voogt y Roblin, 2012).

En el caso particular de las competencias relacionadas con la alfabetización digital, la solución de problemas reales usando la tecnología es una de las alternativas con mayor potencial (Nouri et al., 2020). En este sentido, autores como digital Carmona-Mesa et al. (2020), Weintrop et al. (2016) y Zhang y Nouri (2019) informan que integrar el Pensamiento Computacional (PC) en la educación básica y media emerge como una alternativa con potencial para formar a los estudiantes en las habilidades necesarias para afrontar los retos actuales y futuros, dado que se constituye no sólo como un recurso metodológico con amplio potencial para apoyar los procesos de alfabetización; sino también para fomentar otras habilidades del siglo XXI como la creatividad, el análisis y representación de datos y la comprensión del impacto de los avances tecnológicos a la 4RI en la sociedad (Gretter y Yadav, 2016).

Una de las formas de integrar el PC en las aulas de clase implica que los estudiantes involucren la creatividad en el uso y construcción de diversas tecnologías digitales con la finalidad de resolver problemas complejos implícitos en la cotidianidad. Con esto, se fomenta el uso de estrategias cognitivas y metacognitivas en las que se movilizan conceptos y métodos computacionales al servicio de diferentes disciplinas (Romero et al., 2017). En este sentido, una de las definiciones con más trayectoria del PC es la de Wing (2006), quien plantea que este tipo de pensamiento es un proceso en el cual las soluciones de problemas son posibles de representar de formas en las que tanto un humano como un agente procesador de información pueden comprenderlas y replicarlas. Sin embargo, al igual que en el caso de las Habilidades del Siglo XXI, en los últimos años han emergido diferentes propuestas para la integración del PC en

diferentes niveles educativos y, por lo tanto, diferentes definiciones de este. Entre estas propuestas, distintas investigaciones a nivel internacional dan cuenta del potencial del PC para ser usado como un recurso metodológico en diferentes disciplinas, entre las que destacan las ciencias y las matemáticas (Shute et al., 2017; Weintrop et al., 2016; Brennan y Resnick, 2012).

Múltiples investigaciones se han preocupado por caracterizar estrategias de uso del PC, tanto de forma transversal a las diferentes disciplinas del currículo (Hsu et al., 2018; Grover y Pea, 2018), como en la informática particularmente (Lodi, 2020) o de forma específica en matemáticas y ciencias (Pérez, 2018; Weintrop et al., 2016;). Estos trabajos han aportado en el fomento de la integración del PC en los currículos de instituciones de educación básica y media en los sistemas educativos de países en latitudes como América del Norte o la Unión Europea, los cuales brindan algunas perspectivas generales para el desarrollo de esta temática alrededor del mundo. Sin embargo, las diferencias a nivel curricular, de infraestructura, de acceso a tecnologías y culturales de estas regiones con Latinoamérica son notables; razón por la cual es necesario ampliar el enfoque para la integración del PC en las aulas de clase de los países latinoamericanos para adaptarlos a las realidades de la región (Quiroz-Vallejo et al., 2021; Carmona-Mesa et al., 2020).

En el caso particular de Colombia, las políticas educativas reconocen de forma explícita la necesidad imperante de garantizar la alfabetización tecnológica de todos los colombianos, con la finalidad de que estén en la capacidad de comprender y usar los sistemas tecnológicos para desempeñarse de forma eficiente tanto en la vida social como en la productiva (MEN, 2008). Más aún, se han desarrollado experiencias que integran el PC tanto en educación superior (Carmona-mesa et al., 2022) como en educación básica y media (Espinal et al., 2021; Rico Lugo y Basogain Olabe, 2018; Basogain Olabe et al., 2017). Estas investigaciones dan cuenta del potencial educativo que tiene la integración del PC de forma transversal a las disciplinas en los sistemas educativos, incluso desde los grados iniciales de escolaridad.

Si bien las diferentes experiencias con el PC en Colombia empiezan a marcar un terreno propicio para que el sistema educativo del país reconozca y fomente las habilidades necesarias para que los estudiantes obtengan una formación integral, que permita enfrentarse a los retos de una sociedad permeada por la revolución de tecnologías digitales a través del PC, en su mayoría son aisladas y de corta duración (Quiroz-Vallejo, 2020). Además, en el país aún no se reconoce esta temática como parte de los estándares básicos de competencias en el área de tecnología e informática ni como parte integral en otras disciplinas. De este

modo, el fomento del PC queda relegado a actividades extracurriculares o a estrategias integradas por profesores de las áreas STEM<sup>1</sup> de forma esporádica (Carmona-Mesa et al., 2020).

Las problemáticas enunciadas en el párrafo anterior, si bien son de gran relevancia para todo el país, se ven potenciadas en la ciudad de Medellín, dado que uno de los propósitos de esta Ciudad es constituirse como el epicentro de la cuarta revolución industrial (revolución de tecnologías digitales) en Latinoamérica (Ruta N, 2021). Para cumplir con estos cometidos, en la ciudad se han desarrollado distintas iniciativas educativas bajo la denominación de Medellín Territorio STEM+H; como el incremento de la oferta de programas de media técnica, en los que predominan los programas de tecnología con desarrollo de software (Cano y Ángel, 2020). Estas mismas autoras argumentan que, para la Ciudad, es importante formar personas que cuenten con las habilidades requeridas por el mundo interconectado y con un enfoque de ciudadanía global en el que nos encontramos actualmente.

En el marco de los desafíos del país y de los objetivos de Medellín declarados previamente, este estudio se desarrolla en una institución educativa de carácter oficial de la ciudad. Uno de los principales desafíos que se encuentran para el fomento de las habilidades del siglo XXI en esta institución es el de trascender asuntos como el aprendizaje memorístico por parte de las estudiantes. En particular, en esta institución se han identificado situaciones susceptibles de ser exploradas en el marco de las habilidades del siglo XXI y el PC, las cuales han sido registradas a través de observación participante y registros de diarios de campo (DC) en las clases de física del grado once. Por ejemplo, para los estudiantes de esta institución, en múltiples ocasiones el foco de atención en la solución de problemas de física se ve limitado a replicar un procedimiento o algoritmo memorizado a partir de las orientaciones de sus profesores. Estas prácticas dejan de lado el reconocimiento de los cambios y transformaciones en los sistemas físicos que estudian y los alejan de elementos como la recogida, análisis e interpretación de datos propias de este campo disciplinar (Dedé, 2010).

En general, se reconocen sesiones en las cuáles el análisis de situaciones físicas presentó dificultades para los estudiantes; se esperaba que logran resolver ejercicios y explicar fenómenos relacionados con

---

<sup>1</sup> Acrónimo en inglés para Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, las cuatro grandes áreas de conocimiento en las que trabajan científicos e ingenieros. La educación STEM va más allá de la simple y conveniente integración de estos cuatro campos del conocimiento en los procesos educativos, en cambio, posibilita el aprendizaje a través de problemas reales y complejos que integran las disciplinas de forma cohesiva y dando preferencia a la enseñanza y aprendizaje activos (STEM Taskforce Report, 2014).

la energía cinética, por mencionar un ejemplo, a través de la representación de imágenes estáticas. Sin embargo, esto presenta desafíos en tanto no posibilita determinar si los objetos que se les mostraban a los estudiantes en las imágenes estaban en movimiento o no, además de que no podían reconocer las transformaciones del sistema y verificar la conservación de la energía en el mismo (DC1). Situaciones similares a la anterior se presentaron en diversas temáticas de las clases de física (DC2; DC4).

En contraste con los episodios descritos, en la institución se desarrolló una serie de clases en las que se probaron elementos basados en simulaciones interactivas que integraban de forma incipiente algunos elementos del PC para la enseñanza de los conceptos de energía mecánica (DC3). En estas experiencias, era posible ver en tiempo real los cambios de energía en el sistema y cambiar las condiciones iniciales (p. ej. masa, fricción, recorrido, alturas, entre otros) para identificar variaciones en los resultados finales. Estas actividades aportaron a que los estudiantes identificaran las variables que intervienen en distintos montajes experimentales relacionados con los conceptos que estudiaban con mayor facilidad, razón por la cual también identificaron argumentos empíricos respecto a los episodios descritos. Esto finalmente tuvo como resultado que los procesos de análisis sobre los tipos de energía mecánica en los sistemas físicos ganaran mayor claridad.

La observación de los episodios identificados en la institución y su posterior registro y análisis en los diarios de campo permitió delimitar una problemática en las clases de física del grado once: los estudiantes tienden a comprender esta disciplina como una serie de procesos estáticos que terminan en la aplicación de un algoritmo para obtener una respuesta predeterminada; dejando de lado así distintos aspectos propios de la forma de pensar que se privilegia en las ciencias experimentales. Por otra parte, también se identifican potenciales aportes para la solución de las dificultades mencionadas, en las situaciones en las que se integró el PC usando simulaciones de sistemas físicos complejos. En este sentido, pudo constatarse de forma inicial y exploratoria que la integración del PC aporta a la identificación y posibles soluciones de problemáticas en la clase de física, lo cual a su vez hace parte de las habilidades del siglo XXI mencionadas anteriormente en este capítulo (Voogt y Roblin, 2012); no obstante, se reconoce la necesidad de ampliar en análisis profundos de los potenciales, limitaciones y condiciones necesarios en este tipo de iniciativas en el contexto particular.

Las situaciones descritas se constituyen entonces como un contexto susceptible para el desarrollo e implementación de recursos y estrategias educativas que fomenten las Habilidades del Siglo XXI en los

estudiantes a través del PC en las clases de física. Esto, a su vez, es un aporte directo a las necesidades latentes, tanto de la institución, como de la ciudad en general. De forma particular, esta experiencia se desarrolla en la sección de electrostática del curso de física en el grado once, dado que, por un lado, era el módulo correspondiente al currículo de esta institución al momento de la implementación y, además, por ser una temática que se caracteriza por ofrecer una amplia gama de oportunidades para la integración de actividades relacionadas con el PC (Rode et al., 2015). En este sentido, este proceso aporta evidencia empírica frente a las discusiones relacionadas con el desarrollo de las habilidades del siglo XXI a través del pensamiento computacional en las clases de física y es motivado por la pregunta:

¿Cuáles son los aportes del Pensamiento Computacional para la formación en habilidades del siglo XXI en la enseñanza de los circuitos eléctricos a estudiantes del grado once?



## **2. Objetivos**

En coherencia con el problema planteado anteriormente en el marco de la revolución de tecnologías digitales y la necesidad de integrar elementos relacionados con las habilidades del siglo XXI a través del Pensamiento Computacional en la enseñanza de los circuitos eléctricos, este trabajo se propone los siguientes objetivos para responder a la pregunta de investigación.

### **2.1 *Objetivo general***

Analizar el desarrollo de habilidades del siglo XXI a partir del Pensamiento Computacional en la enseñanza de los circuitos eléctricos.

### **2.2 *Objetivos específicos***

Determinar las características necesarias para la construcción de recursos educativos que integren el PC en la enseñanza de los circuitos eléctricos.

Categorizar los aportes del PC al desarrollo de habilidades del siglo XXI en las clases de circuitos eléctricos.

### 3. Marco teórico

En este capítulo se presentan los elementos teóricos considerados en este estudio para responder a la pregunta propuesta. En este sentido, esta sección se desarrolló en torno a tres componentes: la revolución de tecnologías digitales y su impacto en la educación contemporánea, las habilidades del siglo XXI y el pensamiento computacional como un recurso metodológico para las clases de física.

#### 3.1 Revolución de tecnologías digitales

Desde el siglo XVII y hasta la actualidad, las sociedades europeas comenzaron a experimentar distintas revoluciones, denominadas en principio como revoluciones industriales, que han tenido como consecuencia transformaciones económicas, tecnológicas y sociales. En la medida en que el tiempo pasó y los procesos de globalización tomaron fuerza, estas revoluciones se reprodujeron en todo el mundo. Su común denominador es el desencadenar cambios en las tecnologías usadas y de las cuales dependen los modos de producción en el momento histórico particular: en la primera, el mayor cambio en la tecnología fue el desarrollo de las máquinas de vapor; en la segunda, el cambio fueron los motores de combustión interna y los motores eléctricos, que posibilitaron la electrificación de fábricas y hogares, además del desarrollo de la industria de los automóviles; la tercera, y más reciente, centrada en los desarrollos electrónicos, microelectrónicos y la internet (Taalbi, 2019). En la actualidad, la sociedad se enfrenta a una revolución de tecnologías digitales, la cual es denominada también como Cuarta Revolución Industrial - 4RI-, que implica una serie de innovaciones tecnológicas como la inteligencia artificial, robótica, internet de las cosas, entre otras tecnologías de punta (Mpungose, 2020).

Estas revoluciones traen consigo una serie de implicaciones en asuntos de la vida cotidiana. Por ejemplo, la primera revolución industrial, al transformar la sociedad de una era agraria a una influenciada por las fábricas, transformó la educación, economía y estilo de vida de las personas. En la segunda revolución, la producción en serie alteró los comportamientos de consumo de las personas y, en la tercera, la introducción de la internet y tecnologías como los teléfonos móviles inteligentes permitieron cambiar de forma radical el estilo de vida de millones de personas (Schwab, 2017). La revolución a la que actualmente nos enfrentamos como sociedad difiere de las tres anteriores, en tanto los avances tecnológicos crecen a niveles nunca vistos y las plataformas digitales reconstruyen la forma en que los seres humanos vivimos, desde aspectos como la salud mental (Bucci et al., 2019), el trabajo (Ismail y

Hassan, 2019; Mühleisen, 2018) y las relaciones personales, en las cuáles se usan estas plataformas tanto para cubrir las necesidades básicas de las familias a través de la compra de alimentos esenciales, como para la socialización y el ocio (Mühleisen, 2018).

Los cambios radicales en la salud mental, el trabajo, las relaciones y el estilo de vida en general movilizadas por esta revolución implican, entre otras cosas, que los sistemas educativos problematizan la vigencia de los contenidos favorecidos y adopten una mirada crítica frente a los posibles cambios demandados por la sociedad. Para ampliar respecto a estas ideas, lo que resta de esta sección se dividirá en dos apartados: el primero profundizará frente a la mirada de la revolución de tecnologías digitales a partir de un punto de vista de la industria y la economía y, el segundo, profundizará sobre las oportunidades y desafíos de los sistemas educativos en el contexto de dicha revolución de tecnológica.

### ***3.1.1 Una mirada a la revolución de las tecnologías digitales a partir de un punto de vista industrial y económico***

La revolución de las tecnologías digitales se caracteriza por una fusión de tecnologías que está difuminando los límites entre las esferas físicas, digitales y biológicas y la variación cada vez más rápida tanto en los servicios como en la producción industrial (Schwab, 2017). Este mismo autor propone que, aunque la tercera revolución también fue caracterizada por la integración de dispositivos digitales y virtualidad a las vidas cotidianas, la nueva revolución de tecnologías digitales se diferencia de aquella en tres aspectos: la *velocidad*, el *alcance* y el *impacto* de los sistemas de información. Las posibilidades en esta revolución para que miles de millones de personas se conecten a través de computadoras, dispositivos móviles e incluso los *wearables* como relojes y gafas inteligentes, con cada vez mayor capacidad de procesamiento y almacenamiento son cada día más amplias. Sin embargo, estas posibilidades serán multiplicadas por tecnologías emergentes como el internet de las cosas, que permitirá conectar los distintos elementos de los hogares a internet, los vehículos autónomos, la impresión 3D o la computación cuántica, por mencionar algunos ejemplos.

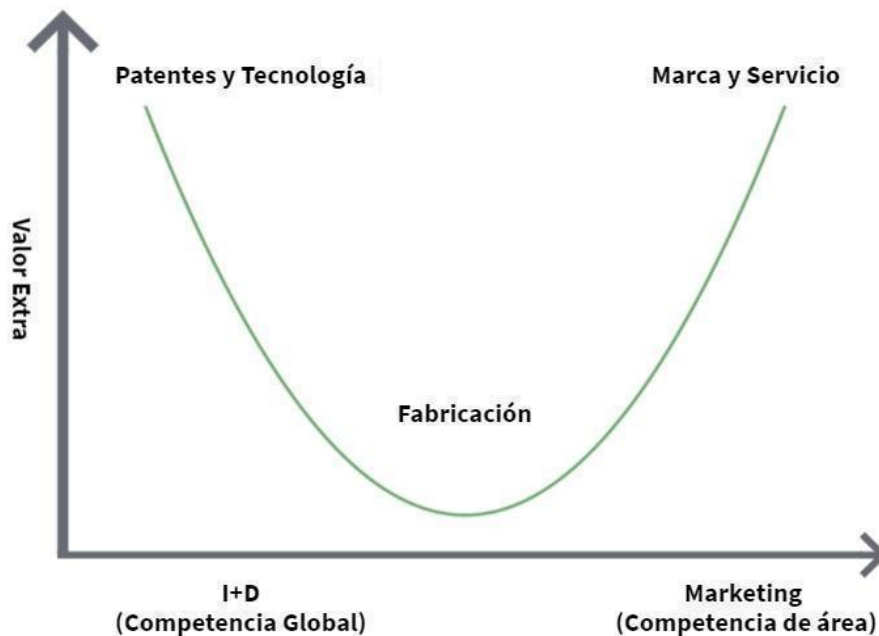
En este sentido, la necesidad de los agentes económicos para adaptarse a los cambios en la menor cantidad de tiempo posible es latente (Schlick, 2012). Este mismo autor argumenta que lo anterior se ve reflejado en las mega tendencias de globalización, la individualización de los productos y la reducción de sus vidas útiles, así como la volatilidad de los mercados. En este sentido, los sistemas de producción

tienden a convertirse en sistemas ciber físicos que combinan las tecnologías de la información, el *big data* y las infraestructuras físicas basadas en tecnologías como la robótica. Estas razones suponen un punto de inflexión: la era industrial de producción en serie estandarizada está dando lugar a una nueva era de individualización y optimización, que podrían llevar al fin de las pequeñas economías o economías de escala (Moavenzadeh, 2015).

En esta revolución, el flujo de valor en la producción ya no se enfoca en la fabricación de los productos finales, sino en la creación de patentes y tecnologías, que se desarrollan en una etapa anterior a la fabricación, y en la creación de marcas y servicios diferenciados, que se constituyen como la fase posterior a la fabricación (Moavenzadeh, 2015); lo cual se ilustra de manera gráfica en la **Figura 1**. Sin embargo, estos avances no se presentan en el mismo ritmo en todo el planeta, de modo que, en las denominadas economías en desarrollo, como las de los países en Latinoamérica, es necesario tener en cuenta sus desafíos particulares en función de sus panoramas políticos y económicos (Huangnan et al., 2021).

**Figura 1**

*Curva de sonrisa*



*Nota:* En esta figura se presenta una aproximación hacia la distribución del flujo de valor en la 4RI. Nótese que la fabricación pasa a constituirse como un factor que no genera tanto valor como la creación

de tecnología y los servicios ofrecidos. Construcción propia, modificada de: By Rico Shen, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3124660>

Para Latinoamérica, la revolución de tecnologías digitales es una oportunidad de desarrollo importante, dado que, si se aprovechan las condiciones, podrían acortarse las brechas económicas con los denominados países económicamente desarrollados, con lo cual la calidad de vida y la educación podrían mejorar potencialmente. Sin embargo, la región también se enfrenta a una serie de desafíos que es importante considerar. La producción de la tecnología necesaria para optimizar sus procesos (Saa, 2021) y ampliar la investigación y generación de publicaciones científicas en este ámbito son fundamentales (Corzo y Alvarez-Aros, 2020). Por otra parte, dado que es un hecho que la automatización de procesos sustituirá una gran cantidad de puestos laborales en todos los sectores económicos, es importante garantizar a los individuos que pierdan sus puestos una formación que se adecue a las alternativas laborales emergentes en esta revolución, para evitar que se agudice la pobreza en ciertos sectores de las sociedades (Xu et al., 2018).

Diferentes autores proyectan que muchos de los trabajos actuales son susceptibles de automatizarse y, por lo tanto, de ser reemplazados en un futuro por la robótica y la IA (Jung, 2019; Nordin y Norman, 2018; Harari, 2016). En este sentido, el recurso más escaso y valioso en esta era de tecnologías digitales no serán los trabajadores que se basan en lo técnico (tareas automatizables), ni el capital económico; en cambio, lo serán las personas que pueden crear nuevas ideas e innovaciones (Xu et al., 2018). Además, se requerirá de personas con habilidades que les permitan ser conscientes de los potenciales peligros que trae consigo la conexión de una gran parte de sus vidas a Internet a través de sus dispositivos “inteligentes”, entre los que se incluyen teléfonos móviles, computadoras, relojes, gafas, elementos de los hogares, entre otros; dado que aumenta el riesgo de sufrir ataques informáticos que cada vez traerán consecuencias de mayor envergadura en la medida en que aumenta la cantidad de información que es confiada a estos sistemas.

En síntesis, la *velocidad*, *alcance* e *impacto* de la revolución de tecnologías digitales está cambiando el estilo de vida de gran cantidad de la población humana y ha obligado a que tanto los individuos como los agentes económicos se adapten rápidamente a esta realidad; con lo cual, en los próximos años los sistemas educativos tienen la oportunidad de desarrollar currículos que aporten a la mitigación de los riesgos de

desigualdad laboral ocasionados tanto por la automatización y el avance de la tecnología, como por la brecha de conocimientos y necesidades de formación no satisfechas de muchos sectores de la sociedad (Echeverría y Martínez, 2018).

### ***3.1.2 Implicaciones de la revolución de tecnologías digitales en los sistemas educativos: una mirada crítica***

La revolución de las tecnologías digitales invita al análisis de los contenidos curriculares que son fomentados en los sistemas educativos y la tendencia a una formación que no trasciende los contenidos y habilidades específicas de cada disciplina. Al respecto, Butler-Adam (2018) plantea que, para tener éxito como miembro en la sociedad contemporánea, a las habilidades básicas (como la lectura crítica y el manejo de la informática) se le suma la necesidad de comprender las nuevas lógicas en diferentes ámbitos de la vida cotidiana que se generan en la sociedad que se está gestando, y que al parecer su ritmo de cambio en el tiempo será cada vez más rápido. En este sentido, una de las posibilidades que ofrece esta revolución a los sistemas educativos es pasar a una comprensión del proceso educativo más amplia, en la cual se contemple la posibilidad de que los individuos se formen en diferentes profesiones a lo largo de su vida, combinando habilidades de las áreas STEM con elementos de las ciencias sociales y humanidades (Scepanovič, 2019).

En la misma medida en que se requerirá que los individuos estén en proceso de constante aprender y desaprender, serán parte vital en el marco de esta revolución, dado que las habilidades sociales, de pensamiento crítico, gestión del conocimiento, creatividad y resolución de problemas complejos serán esenciales (Scepanovič, 2019; Echeverría y Martínez, 2018; Pérez, 2016). En este sentido, para aportar a que las sociedades tengan mejor calidad de vida, éxito económico y bienestar general social en el marco de la revolución de tecnologías digitales, se hace necesario no solo invertir en el desarrollo de tecnologías de punta, sino también en los procesos educativos que apoyen el uso consciente y eficiente de estas herramientas (Jung, 2019; Scepanovič, 2019; Tsekeris, 2019).

A partir de las necesidades de formación declaradas en aspectos como la adaptación al cambio constante y las habilidades sociales, de pensamiento crítico, gestión del conocimiento, creatividad y resolución de problemas complejos, se identifican en la literatura tres retos para los sistemas de educación: el primero, crear planes de estudio que sirvan de base para trabajar en empleos que en la

actualidad aún no han sido creados (Echeverría y Martínez, 2018); el segundo, la integración de tecnologías digitales que posibiliten procesos educativos híbridos eficientes (presenciales y virtuales) en todos los niveles educativos (Penprase, 2018) y, por último, la inclusión de planes de estudio interdisciplinarios que aporten al desarrollo de las denominadas habilidades del siglo XXI (Tsekeris, 2019).

Frente a la inclusión de las tecnologías digitales en la educación, se ponen de relieve dos ideas a considerar: 1) conceptualizar y volver operativos nuevos elementos curriculares en los sistemas educativos, como por ejemplo el desarrollo de proyectos interdisciplinarios y la integración de temáticas con gran relevancia actual como el PC y sus respectivos indicadores de rendimiento, y 2) la inversión tanto en infraestructura tecnológica como en formación inicial y continuada de profesores por parte de las entidades a las que les corresponde (Marshall, 2016). De estas dos ideas emerge de nuevo la necesidad de garantizar, por un lado, la alfabetización digital de los individuos, dado que en la actualidad esta se consolida como una competencia clave para participar activamente en la sociedad (p. ej. para comunicarse, comprar, o solicitar y ofrecer servicios) y, por otra parte, el desarrollo de procesos educativos interdisciplinarios con la tecnología como vehículo.

La alfabetización digital implica localizar y consumir de manera consciente y eficiente contenido digital, conocer los recursos tecnológicos para crearlo y estrategias para comunicar lo creado (Spires y Bartlett, 2012). En este sentido, los individuos con bajos niveles de alfabetización digital no estarán en la capacidad de evaluar de manera crítica la cantidad masiva de mensajes que aparecen en redes sociales y en la web en general (Gretter y Yadav, 2016). Lo anterior se evidencia en la influencia que ganan las distintas tecnologías digitales en la vida de los individuos y en la forma en que estos toman sus decisiones (Harari, 2016), de modo que una cultura crítica frente a las tecnologías que se usan día a día se constituye como fundamental para evitar situaciones con posibles consecuencias negativas, como fue el caso de la información que Facebook entregó a Cambridge Analytica de alrededor de 87 millones de usuarios en 2018<sup>2</sup>, por poner un ejemplo.

---

<sup>2</sup> A la compañía Meta, en ese entonces aún nombrada Facebook, se le acusó de haber compartido de manera inapropiada los datos de 87 millones de usuarios con una firma de consultoría política, usando *test de personalidad* y sin el consentimiento explícito de los usuarios. Los datos recolectados, fueron posteriormente vendidos a Cambridge Analytica. Se presume que estos datos pudieron ser usados para influenciar los resultados de las campañas presidenciales de los Estados Unidos (BBC News Mundo, 2019).

Por su parte, las diferentes disciplinas presentes en los currículos educativos se identifican limitadas para atender los desafíos educativos de la revolución de tecnologías digitales de forma independiente. En este sentido, en la actualidad se demanda una educación que privilegie la interdisciplinariedad para afrontar los desafíos desde múltiples dimensiones del conocimiento. Para lograrlo, surgen alternativas como la consolidación de elementos curriculares a partir de tendencias en educación que privilegien la construcción de proyectos por parte de los estudiantes a partir de problemas reales (Penprase, 2018). Sin embargo, aunque estas tendencias en educación se enmarcan principalmente en la enseñanza de las ciencias básicas y aplicadas, se deben trascender los asuntos netamente técnicos y propios de estas disciplinas para tener en cuenta la naturaleza social y política de las distintas realidades con las cuales se enfrentan los avances tecnológicos. A su vez, en el caso de las humanidades, es necesario generar comprensiones de las bases de las nuevas tecnologías para lograr analizar cómo transforman el mundo actual (Kayembe y Nel, 2019).

En síntesis, los procesos educativos en la revolución de las tecnologías digitales tendrán que adaptarse a sociedades en cambio constante y, por lo tanto, estar preparados para formar individuos cuyas necesidades de formación cambiarán frecuentemente. Para lograrlo, una posibilidad es que se integre en los currículos el fomento de habilidades generales como el pensamiento crítico, la gestión del conocimiento, la creatividad y resolución de problemas complejos, y habilidades específicas relacionadas con la alfabetización digital que permita que los individuos sean críticos frente a su propio uso de tecnología en los distintos ámbitos de su vida y frente a cómo las diferentes tecnologías digitales moldean su entorno.

En esta sección se han expuesto las características de las diferentes revoluciones industriales, desde el siglo XVII hasta la actualidad; luego se profundizó en las características particulares de la revolución de tecnologías digitales a partir de un punto de vista económico y en la educación en particular. De esta manera, esta revolución se constituye como el contexto en el que se desenvuelven y al cual deben adaptarse las iniciativas educativas para atender a las necesidades de formación actuales, en las que se tienen en cuenta los elementos laborales (como de formación integral de los individuos) y sus formas de relacionarse con el contexto de esta revolución; las cuales tienden a cambiar más rápidamente en el tiempo (Soskil, 2018).



Los desafíos expuestos para los sistemas educativos se empiezan a atender en diferentes lugares del mundo a través de estrategias que tienen como aspectos comunes el fomento de las competencias de trabajo en equipos interdisciplinarios, el desarrollo de competencias sociales y culturales globales y la alfabetización digital (Gretter y Yadav, 2016). Estos aspectos comunes se recogen en el marco de las denominadas Habilidades del Siglo XXI (Tsekeris, 2019). En este sentido, el siguiente apartado de este capítulo expone de manera concreta cuáles son estos conjuntos de habilidades y propuestas para su fomento en los sistemas educativos latinoamericanos.

### **3.2 Habilidades del siglo XXI**

En general, los sistemas educativos han hecho énfasis a lo largo de la historia en las habilidades básicas que deberían enseñarse a los estudiantes; entre estas se han consolidado la lectura, la escritura y el dominio de las matemáticas básicas (Larson y Miller, 2011). Sin embargo, si bien en la actualidad estas habilidades son necesarias aún, no son suficientes para satisfacer las demandas de una sociedad permeada por una revolución de las tecnologías digitales. En este sentido, en la comunidad académica se discuten otra serie de habilidades básicas para garantizar la inserción de los individuos a la sociedad.

Mientras que anteriormente el foco principal de la educación era contribuir al desarrollo de conocimientos procedimentales, que atendían a las necesidades sociales y económicas de las primeras revoluciones industriales (p. ej. la formación para trabajos prácticos y monótonos en líneas de producción), en la época actual, permeada por la revolución de tecnologías digitales, el foco principal de la educación es el de formar individuos con habilidades altamente desarrolladas para aprender y desaprender continuamente en la misma medida en la que la sociedad cambia, además de enfocarse en que los individuos aprendan habilidades como la metacognición, necesaria tanto para los trabajos actuales y como los que se empiezan a ser creados, que trasciende de la manufactura a la economía de la información (Voogt y Roblin, 2012).

Considerando las nuevas necesidades de formación planteadas, las Habilidades del Siglo XXI emergen como el conjunto de elementos que los estudiantes deben saber y ser capaces de hacer para analizar, comprender y buscar soluciones a las problemáticas a las que se enfrenta la humanidad en la actualidad (McComas, 2014). Aunque fundamentales en la actualidad, no existe una sola definición para las Habilidades del Siglo XXI, por lo cual distintas organizaciones y académicos han desarrollado marcos

conceptuales para aportar a su comprensión. Algunos de los más reconocidos por la comunidad internacional son los de organizaciones como el *Partnership for 21st century skills (P21)*, el *Assessment and Teaching of 21st Century Skills consortium (AT21CS)*, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) o los de autores como Wagner (2008).

Para el *P21*, las Habilidades del Siglo XXI son una combinación de conocimiento, habilidades específicas y alfabetización digital (2009). En este sentido, en el marco de los cursos regulares, los estudiantes deben aprender elementos esenciales para desenvolverse en el mundo actual, como el pensamiento crítico, solución de problemas, comunicación y colaboración. Para lograr este propósito, estos autores plantean cuatro dimensiones importantes: 1) Temas principales y del siglo XXI; 2) Habilidades de aprendizaje e innovación; 3) Habilidades informacionales, de medios de comunicación y de tecnologías digitales y 4) Habilidades para la vida y la carrera.

En el caso del AT21CS (2009), comprenden las Habilidades del Siglo XXI y las actitudes, valores y dimensiones éticas que deben fomentarse en los estudiantes de la actualidad en cuatro categorías: 1) las formas de pensar, que refieren a la creatividad, innovación, pensamiento crítico, toma de decisiones y metacognición; 2) las formas de trabajar, que refieren a la comunicación y trabajo en equipo; 3) Herramientas para trabajar, que refieren al conocimiento general y las tecnologías de la información y la comunicación y 4) Vivir en el mundo, que refiere a las formas de actuar como ciudadanos competentes, responsabilidad social y conciencia cultural.

La OCDE, por su parte, clasifica las Habilidades del Siglo XXI en tres dimensiones: 1) la dimensión de información, que engloba tanto las habilidades relacionadas con buscar, seleccionar, evaluar y organizar información como las habilidades de reestructuración y modelado de la información para el desarrollo de ideas propias (conocimiento). 2) La dimensión de comunicación, la cual comprende las habilidades de comunicación efectiva, colaboración e interacción virtual. 3) Por último, esta organización considera la dimensión de la ética e impacto social, que comprende la responsabilidad e impacto de nuestras acciones en la sociedad (Ananiadou y Claro, 2009).

Finalmente, Wagner (2008), basado en cientos de entrevistas con líderes tanto de comunidades educativas como de la industria propone siete habilidades de supervivencia para que los estudiantes estén preparados para la vida, el trabajo y la ciudadanía del siglo XXI. Estas habilidades son: 1) el pensamiento crítico y solución de problemas, 2) colaboración y liderazgo, 3) agilidad y adaptabilidad, 4) iniciativa y

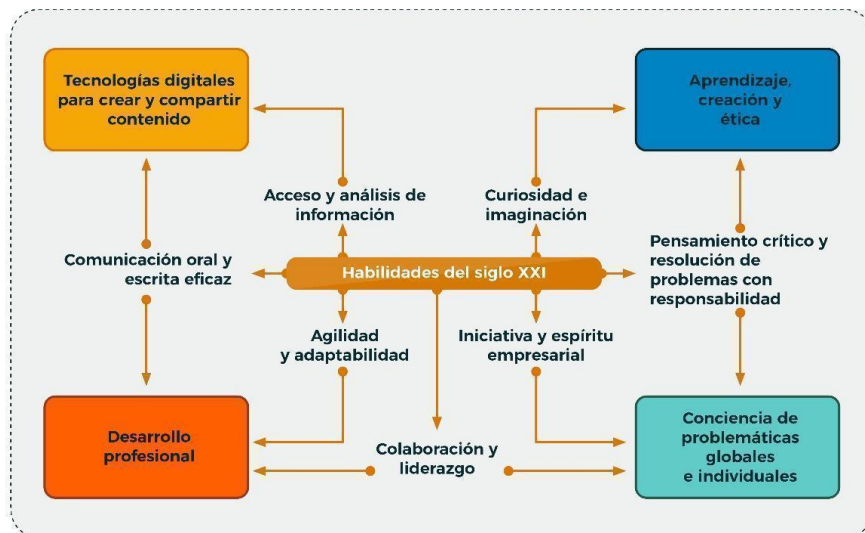
emprendimiento, 5) comunicación oral y escrita efectiva, 6) acceso y análisis de la información y 7) curiosidad e imaginación.

Aún con la multiplicidad de definiciones expuestas en los marcos anteriores, es posible ubicar asuntos comunes en los que las Habilidades del Siglo XXI hacen énfasis. Por ejemplo, Beers (2011) reconoce que, a pesar de las diferencias en la categorización de estas habilidades en los estudios expuestos, existen también similitudes que pueden rastrearse en estos marcos y sintetizarse en cinco categorías amplias, las cuales describe como sigue: *colaboración*, refiere a la capacidad de los estudiantes para trabajar con otros de forma respetuosa y efectiva para crear, usar y compartir conocimiento, soluciones e innovación; *manejo de la información*, tiene que ver con el acceso, análisis, síntesis, creación y divulgación de la información desde múltiples fuentes; *uso efectivo de la tecnología*, es la capacidad de identificar y utilizar la tecnología de manera eficiente, efectiva y ética como una herramienta para acceder, organizar, evaluar y compartir información; *habilidades para la carrera y para la vida*, son las habilidades relacionadas con la independencia, la adaptación al cambio, gestión de proyectos, dirección de otras personas y producción de resultados; *conciencia cultural*, refiere al desarrollo de competencias culturales al trabajar con otros a través del reconocimiento y respeto de las diferencias culturales, además, abarca el desarrollo de habilidades de trabajo colaborativo con personas de un amplio abanico de orígenes sociales.

Entre los elementos comunes de las Habilidades del Siglo XXI, el uso consciente de las tecnologías digitales destaca como un punto focal en el que todos los autores presentados coinciden frente a su importancia para desenvolverse en la sociedad actual. Al mismo tiempo, esta habilidad potencia otras de las mencionadas anteriormente. Por ejemplo, el uso consciente de tecnologías digitales aporta a la formación en elementos de la comunicación oral y escrita, el acceso y análisis de información y el desarrollo profesional. En la **Figura 2** se presentan estas relaciones y se sintetizan las Habilidades del siglo XXI propuestas por los distintos autores y colectivos que se han enunciado hasta el momento en este capítulo.

**Figura 2**

*Puntos en común de la comunidad académica frente a las Habilidades del Siglo XXI*



*Nota:* elaboración de los autores

Hasta ahora se han expuesto las Habilidades del Siglo XXI para encarar los desafíos de la sociedad actual. Estas habilidades en sí mismas no son totalmente nuevas. Por ejemplo, la conciencia cultural, la colaboración y el uso efectivo de la información no son habilidades exclusivas de nuestra época. Sin embargo, los cambios que inducen las tecnologías vigentes intensifican la necesidad de adquirirlas y los cambios en las economías y en el mundo en general hacen que poder aportar a la sociedad, tanto en lo colectivo como individual dependa en mayor medida de ellas (Rotherman y Willingham, 2010). En este sentido, el movimiento por las Habilidades del Siglo XXI no solo se preocupa por los contenidos específicos a enseñar, sino que también se enfoca en las formas de conocer y gestionar la información y las formas de relacionarse con otros.

En síntesis, las Habilidades del Siglo XXI surgen para atender las necesidades de formación en la sociedad del conocimiento permeada por la revolución de tecnologías digitales, en la cual toma cada vez más importancia el desarrollo no solo de conceptualizaciones disciplinares, sino la inclusión de estas en el desarrollo de proyectos que atiendan a problemas interdisciplinares con las tecnologías digitales como medio en muchos de ellos. Al mismo tiempo, es de gran relevancia el fomento de procesos metacognitivos

en los estudiantes, con los cuales puedan autorregular sus procesos de aprendizaje a lo largo de la vida (Voogt y Roblin, 2012).

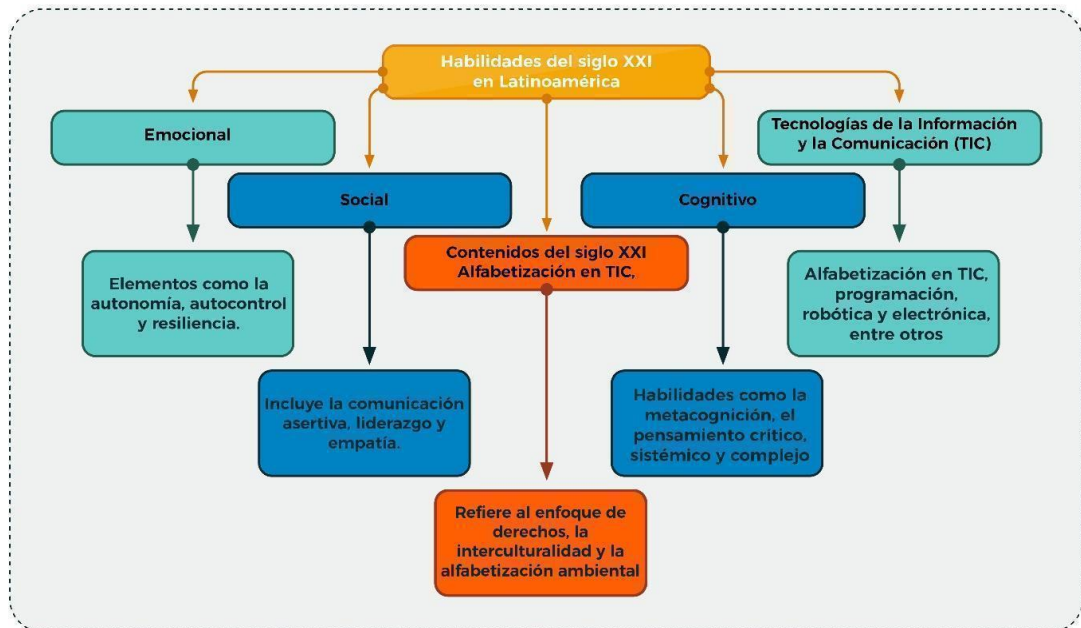
Aunque las distintas conceptualizaciones frente a las Habilidades del Siglo XXI recaen de forma mayoritaria en colectivos europeos o de Estados Unidos, en Latinoamérica se han desarrollado estudios que involucran esta temática en los procesos educativos teniendo en cuenta las particularidades de la región. Por ejemplo, Salamanca y Badilla (2019) proponen un marco para las Habilidades del Siglo XXI que sintetiza la diversidad de referentes internacionales y considera el contexto de los procesos de innovación educativa en Latinoamérica. Estos autores proponen cinco categorías fundamentales: 1) habilidades cognitivas, 2) habilidades sociales, 3) habilidades emocionales, 4) habilidades relacionadas con las tecnologías de la información y la comunicación y 5) contenidos para el siglo XXI, que refieren a aspectos como la alfabetización financiera y ambiental o la interculturalidad. En la **Figura 3** se detallan cada una de las habilidades que se desprenden de las categorías propuestas por estos autores.

El marco propuesto por Salamanca y Badilla (2019) se constituirá como el orientador para los análisis derivados de este estudio. En particular, considerando el alcance y la naturaleza de la implementación, que será descrita con detalle en el siguiente capítulo, se enfocará solo en el fomento de tres de las dimensiones que estos autores proponen a través de la integración del pensamiento computacional en las clases de física: las habilidades cognitivas, de tecnologías digitales y de contenidos del siglo XXI.

Las habilidades específicas que se analizarán en cada una de estas tres categorías son: *cognitivas*, que considera pensamiento crítico, creatividad, metacognición, aprender a aprender, pensamiento lógico, pensamiento sistémico y pensamiento complejo; *tecnologías digitales*, referida a la alfabetización en tecnologías de la información y la comunicación (TIC), alfabetización en uso de medios digitales e Internet, interpretación y análisis de datos, programación, robótica y electrónica; y *contenidos del siglo XXI*, orientados a la alfabetización financiera, alfabetización en términos del medio ambiente, alfabetización en ética y justicia social. Estas tres categorías se analizarán a la luz de los desarrollos de los estudiantes en las clases de circuitos eléctricos a través de actividades que integran el PC.

**Figura 3**

*Habilidades del Siglo XXI para Latinoamérica*



*Nota:* A partir del trabajo de Salamanca y Badilla (2019).

De manera similar, en Latinoamérica se han realizado otros estudios relacionados con el desarrollo de las Habilidades del Siglo XXI. Por ejemplo, Arce (2019), reporta una experiencia en educación superior a partir de la integración de retos creativos en espacios extracurriculares. Los resultados del estudio de Arce permiten aproximarse al desarrollo de las Habilidades del siglo XXI en las dimensiones de innovación y creatividad mayoritariamente. Al mismo tiempo, Vásquez (2018) da cuenta de la implementación de actividades para el desarrollo de Habilidades del Siglo XXI en estudiantes de educación básica y media. A pesar de lo expresado anteriormente, autores como Fandiño (2013) reportan que la incorporación de esta temática en las publicaciones académicas de países latinoamericanos como Colombia es aún incipiente. Asimismo, Rangel y colaboradores (2017) argumentan que en la región latinoamericana las instituciones tienen el reto de buscar que la educación responda a las cambiantes exigencias de la sociedad del conocimiento y la información a través de estas habilidades.

La integración de las Habilidades del Siglo XXI en los currículos se ha constituido como un reto en todos los niveles educativos. Saavedra y Opfer (2012) identifican tres asuntos clave que impiden que los

estudiantes aprendan estas habilidades en las instituciones educativas. El primero, el modelo educativo de transmisión de información, en el cual los estudiantes tienen pocas oportunidades de poner en práctica los conocimientos que adquieren en contextos diversos. El segundo, el aprendizaje de las Habilidades del Siglo XXI no suele aparecer de manera explícita en los currículos, ni de forma específica como un componente aislado, ni de manera transversal como complemento a la enseñanza de distintas disciplinas; por lo cual los procesos educativos no hacen énfasis en su desarrollo y, en cambio, se enfocan en el desarrollo de contenidos disciplinares aislados. Por último, el tercer impedimento que identifican estos autores tiene que ver con la evaluación, dado que este tipo de habilidades tiende a tener un nivel de complejidad más alto que la retención nemotécnica, característica del modelo de transmisión.

En particular, el reto de la evaluación de las Habilidades del Siglo XXI ha sido de gran interés para la comunidad educativa, debido a que se deben tener en cuenta una gran cantidad de variables que dependen de la naturaleza de las actividades con las cuales se buscan fomentar estas habilidades (Care et al., 2016). Sin embargo, hay algunas estrategias que se pueden tener en cuenta al evaluar estas habilidades en los procesos educativos, como lo son las evaluaciones formativas y sumativas. Estas se caracterizan por fomentar en los estudiantes la aplicación del conocimiento adquirido para evaluar evidencias y realizar acciones que impliquen el pensamiento crítico y analítico para la construcción de proyectos que aporten a la solución de problemas reales (Koenig, 2011). Para afrontar los retos mencionados, una alternativa es la integración de procesos en los que convergen distintas con las tecnologías digitales como medio que aglutina diferentes campos del saber (Han, 2022). Este tipo de procesos se puede desarrollar en clases específicas, como es el caso de las ciencias naturales, o a través de proyectos interdisciplinarios entre distintas materias.

En particular, las ciencias naturales y, en especial la física, se ha consolidado como una disciplina con alto potencial para fomentar las Habilidades del Siglo XXI (Turiman et al., 2012). Investigaciones reportan su potencial para desarrollar motivación, pensamiento crítico, colaboración y liderazgo, al mismo tiempo que alfabetización en el uso de tecnologías digitales (Ridwan et al., 2017). Además, dada su naturaleza de ciencia experimental, posibilita fomentar una relación directa entre contenidos teóricos y prácticos, al mismo tiempo que ofrece diferentes posibilidades para la integración de tecnologías digitales a través de diferentes estrategias. Entre ellas, destacan los procesos de pensamiento sistémico que se caracterizan en el PC, con los cuales se puede integrar la creación de modelos tanto físicos como computacionales en las

clases de física para comprender los fenómenos que se exploran en esta área (Weintrop et al., 2016; Turiman et al., 2012).

En este apartado se exploraron las Habilidades del Siglo XXI a partir de la perspectiva de algunos de los marcos de referencia en la temática más reconocidos en la comunidad académica; luego se describieron las consideraciones frente a estas habilidades en Latinoamérica y, por último, el rol de estrategias como el PC en las clases de física para el fomento de estas habilidades. Con este contexto, el próximo apartado se enfoca en el Pensamiento Computacional como recurso metodológico para desarrollar Habilidades del Siglo XXI en el marco de las clases de física.

### **3.3 Pensamiento Computacional como recurso metodológico**

El Pensamiento Computacional se ha constituido en las últimas dos décadas como una temática en crecimiento en el campo de la educación. Se reconoce como posible surgimiento a partir de los trabajos de Papert (1980; 1991), quien buscaba fomentar el pensamiento matemático en estudiantes a través de la computación. Sin embargo, no fue sino hasta 2006 que el PC se consolidó como una línea de investigación e implementación práctica con alto impacto en la comunidad educativa gracias a los trabajos bajo esa denominación de Wing (2006). La autora argumenta que el PC representa una actitud y un conjunto de habilidades universalmente aplicables, que todo el mundo, no sólo los informáticos, estaría deseando aprender y utilizar.

A lo largo del tiempo, la definición de esta temática se ha ido transformando en la medida en que se amplían las investigaciones al respecto. Una de las definiciones más citadas en las investigaciones a nivel internacional es la de Cuny y colaboradores (2010), quienes sostienen que el PC es un proceso de pensamiento donde las soluciones se representan en una forma que puede ser llevada a cabo eficazmente por un agente procesador de información. Sin embargo, conviven en la comunidad académica múltiples definiciones que varían en función de las disciplinas en las que se integran, el nivel académico y el enfoque de los investigadores que las desarrollan (p. ej. Weintrop et al., 2016; Shute et al., 2017). Según Wing (2008), el PC, aunque con diferencias resaltables, comparte elementos con el pensamiento matemático en las formas generales en las que es posible aproximarse a un problema, del mismo modo, comparte con el pensamiento de ingeniería en las formas en las que es posible aproximarse al diseño y evaluación de un sistema grande y complejo que opera en el mundo real; además, comparte con el pensamiento científico



las formas de abordar la comprensión de la computabilidad, la inteligencia, la mente y el comportamiento humano.

El concepto de PC está estrechamente relacionado con la programación y las ciencias de la computación en general. Sin embargo, estos conceptos deben ser bien diferenciados, dado que el PC se constituye como un conjunto de habilidades que puede ser fomentado mucho antes de que los estudiantes se enfrenten a la programación (Lu y Fletcher, 2009). Estos mismos autores argumentan que el PC se enfoca más que en programar computadoras, en los procesos de establecer vocabularios y símbolos comunes para aportar a la abstracción, en sugerir información para ejecutar procesos y en construir modelos mentales de esos procesos. Al respecto, Grover y Pea (2018) enfatizan en que el PC no es pensar como una computadora, dado que el pensamiento es un rasgo inherentemente humano y las computadoras no lo hacen; en cambio, resaltan que el PC es más bien pensar como un científico de la computación, dado que las maneras en cómo estos sujetos se aproximan a los problemas son lo que constituye el PC.

En coherencia con lo anterior, el PC tiende a ser visto como una revolución intelectual. Esta temática está influyendo en todas las disciplinas, tanto las ciencias como las humanidades, y ha permitido a los investigadores generar una serie de nuevas preguntas y respuestas, como aquellas que requieren el procesamiento de una gran cantidad de datos. Incluso, esta revolución, va más allá del uso diario que hacen las personas de sus computadoras, juegos de vídeo, entre otros; hasta el punto de cambiar la forma en que pensamos, por lo que, para entender el siglo XXI, es necesario comprender las bases del PC (Bundy, 2007).

En el sentido del párrafo anterior, el PC es un conjunto de habilidades susceptibles de ser incluidas en las consideraciones curriculares de las aulas de clase de la actualidad. Para ello, autores como Grover y Pea (2013) describen algunos elementos para delimitar y evaluar los objetivos de aprendizaje vinculados al PC, como lo son: abstracción y reconocimiento de patrones; procesamiento sistemático de la información; símbolos y sistemas de representación; nociones de algoritmos; modularización o descomposición de problemas; iteración, recursividad y paralelismo; lógica condicional; limitaciones de eficiencia y rendimiento y, por último, depuración y detección sistemática de errores.

Uno de los retos para la comunidad educativa frente al PC es lograr hacer accesible la temática para los educadores. Para ello, se vuelve necesario proporcionar una definición operativa y un vocabulario

compartido con ejemplos relevantes y adecuados para los distintos objetivos y niveles educativos (Barr et al., 2011). Con este contexto, estos mismos autores describen el PC como un proceso de solución de problemas que incluye: la formulación de problemas de una manera que permite usar computadoras y otros recursos para su solución; la organización; la representación de datos a través de abstracciones, como los modelos y simulaciones; la automatización de soluciones a través de algoritmos; la identificación, análisis e implementación de posibles soluciones para lograr el uso más eficiente de los recursos y, por último, la generalización y transferencia de las soluciones a una variedad más amplia de problemas.

Aunque las descripciones anteriores frente a los distintos componentes del PC no son definitivas, y la conceptualización para su implementación en las aulas de clase aún es motivo de debate en la comunidad académica, permiten establecer el panorama que soporta la importancia de la temática en un mundo como el actual, en el cual el uso de tecnologías digitales basadas en las ciencias de la computación incrementa con el tiempo. Más aún, el PC se constituye como una alternativa metodológica para el desarrollo de las Habilidades del Siglo XXI, en tanto la literatura reporta sus potencialidades frente a la resolución de problemas complejos que requieren el uso de las tecnologías digitales aunado al conocimiento de otras disciplinas, como las ciencias naturales (Tabesh, 2017; Mohaghegh y McCauley, 2016).

El PC, entonces, posibilita que los estudiantes usen los recursos tecnológicos a través del fomento de habilidades como la creatividad, abstracción, creación de algoritmos y uso eficiente de internet (Gretter y Yadav, 2016); las cuales, al pensarse en clave de las Habilidades del Siglo XXI consideradas en este trabajo, aportan no solo en el uso de tecnologías digitales, sino también en lo cognitivo y en el desarrollo de habilidades relacionadas con los contenidos del siglo XXI. Autores como Iverson y colaboradores (2018) amplían al respecto al señalar que el PC aporta al empoderamiento de los estudiantes del siglo XXI para tomar decisiones críticas e informadas y, en general, los medios necesarios para incluirlos en el desarrollo tecnológico en la era de la 4RI.

Con este contexto, el PC se constituye como una temática que puede ser integrada en el currículo de la educación básica y media más allá de la informática o las ciencias de la computación, en especial de forma transversal en disciplinas como las matemáticas y las ciencias naturales (Quiroz-Vallejo et al., 2021; Weintrop et al., 2016). Al respecto, Grover y Pea (2018) argumentan que el PC avanza tanto en la práctica diaria como en innovaciones al integrarlo en diferentes disciplinas a través del currículo, lo cual a su vez

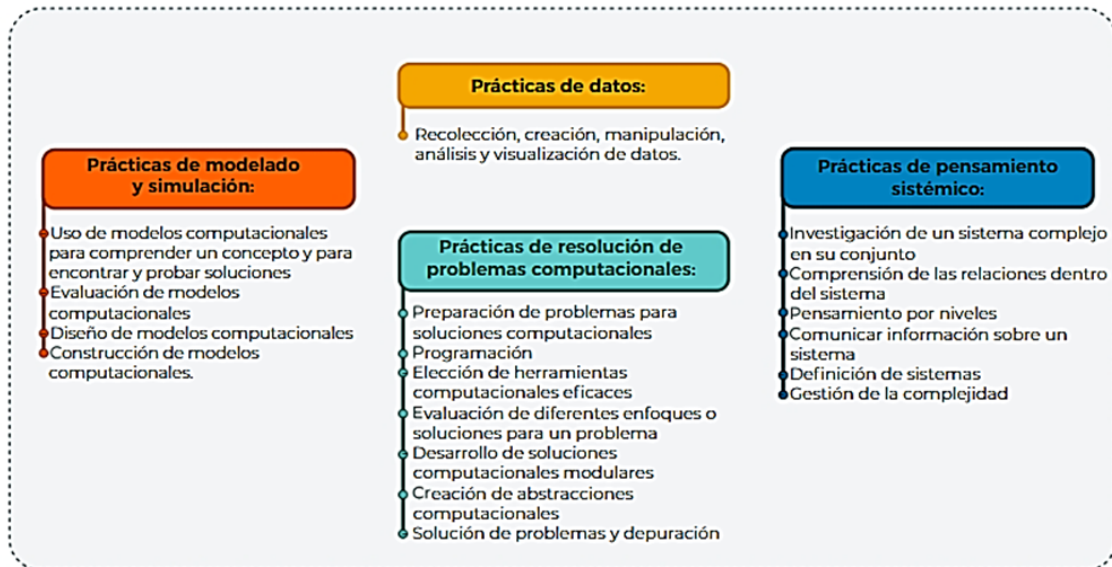
proporciona contextos conceptualmente ricos y variados para el desarrollo de las habilidades relacionadas con el PC.

En el caso particular de Latinoamérica, la integración del PC se ha desarrollado mayoritariamente en las asignaturas de ciencias de la computación o informática, mientras que su fomento en asignaturas de matemáticas o de ciencias naturales como física, química o biología es aún incipiente (Quiroz-Vallejo et al., 2021). Uno de los ejemplos de integración del PC en matemáticas en la región es el trabajo de Costa y colaboradores (2017), quienes reportan que el uso conjunto del PC y las matemáticas en el aula de clase puede tener un impacto positivo en las habilidades de resolución de problemas de los estudiantes.

Con la finalidad de aportar a la integración del PC en las ciencias, distintos estudios a nivel internacional se han desarrollado. Al respecto, Denning (2017) señala que el movimiento por el PC ha traído profundos cambios en el campo científico, lo cual afecta la forma en cómo pensamos acerca de la ciencia, la experimentación y la investigación. Para encarar esta situación, Weintrop y colaboradores (2016) desarrollaron un marco de trabajo para la integración del PC en los currículos escolares de educación básica y media en las áreas de matemáticas y ciencias naturales. Para ello, estos autores proponen cuatro conjuntos de prácticas relacionadas con el PC en el marco de las matemáticas y ciencias, las cuales son denominadas prácticas de datos, prácticas de modelación y simulación, prácticas de solución de problemas computacionales y prácticas de pensamiento sistémico. En la **Figura 4** se sintetizan las prácticas propuestas por Weintrop y colegas.

**Figura 4**

*Prácticas del PC propuestas por Weintrop y colaboradores*



*Nota:* gráfico tomado de Carmona-Mesa et al. (2021)

De manera particular, este estudio se enfoca en la práctica de pensamiento sistémico propuesta por Weintrop et al. (2016), dado que estas se caracterizan por no mirar solo un elemento a la vez y analizar cómo se comporta en diferentes situaciones, sino que revisan diferentes interacciones entre los elementos de un sistema complejo y analizan su comportamiento como un todo bajo diferentes influencias. En este sentido, las prácticas de pensamiento sistémico son útiles para la solución de problemas en la física que son apoyados por diferentes procesos tecnológicos, como la programación y el desarrollo de modelos a escala. Por otra parte, el PC entendido desde el punto de vista de estas prácticas posibilita fomentar de forma integral diferentes Habilidades del Siglo XXI, es decir, trasciende las habilidades de tecnologías digitales para aportar también en las habilidades cognitivas y las relacionadas con los contenidos del siglo XXI.

En síntesis, para el desarrollo de esta investigación se tienen en cuenta tres elementos teóricos: la Cuarta Revolución Industrial o revolución de tecnologías digitales como un elemento que le da una base contextual a los otros dos; las Habilidades del Siglo XXI y el Pensamiento Computacional. De forma adicional, al reconocer que el uso de tecnologías digitales y estrategias basadas en problemas reales puede ayudar a hacer la educación en física más relevante y vinculada con la complejidad de la vida real

(Ellermeijer y Tran, 2019). En este sentido, la literatura reporta que complementar los procesos de experimentación con el uso de diferentes tecnologías digitales, como los microcontroladores o las simulaciones, tiende a aportar en la apropiación de la física como una ciencia que aporta a la comprensión de fenómenos cercanos y reales (Ekmeckci y Gulacar, 2015; Zacharia, 2006). Es por lo anterior que las estrategias que integran tecnologías digitales a través del PC se consolidarán como la herramienta de análisis para este proceso de implementación, en la que se usa tanto la experimentación con elementos concretos como con simulaciones virtuales para hacer la enseñanza de los circuitos eléctricos de naturaleza dinámica y así aportar a volver la temática atractiva y con sentido para los estudiantes (Renata y Jana, 2012).

#### **4. Metodología**

Con el objetivo de analizar el desarrollo de habilidades del siglo XXI a partir del Pensamiento Computacional en la enseñanza de los circuitos eléctricos, en este capítulo se describe la implementación llevada a cabo para el desarrollo de esta investigación y los elementos usados para el análisis de los registrados en la ejecución de esta. Para ello, la sistematización de prácticas educativas se constituyó como el horizonte metodológico de este trabajo, en el cual se tuvieron en cuenta dos ejes temáticos: en el primero se analizan las características necesarias para la integración del Pensamiento Computacional en la enseñanza de los circuitos eléctricos y, en el segundo se describe como se fomentan las Habilidades del Siglo XXI, a partir de la enseñanza de los circuitos eléctricos con estrategias de Pensamiento Computacional. Lo mencionado anteriormente se materializó a través de la triangulación del análisis de diarios de campo, guías educativas y entrevistas semiestructuradas con los estudiantes que participaron del proceso.

Para este proceso, se tuvo en cuenta el código de ética institucional de la Universidad de Antioquia (Universidad de Antioquia [UdeA], s. f.). De este modo, tanto los estudiantes participantes como los padres de familia firmaron consentimientos informados (Anexo 6) en los que explicitan su interés por participar en la investigación y su permiso para usar la información recolectada con fines netamente académicos, sin revelar sus identidades y haciendo uso de la información de forma transparente y completa.

##### **4.1 Sistematización de prácticas educativas**

Este trabajo se fundamenta en la Sistematización de las Prácticas Educativas (SPE) a partir de la experiencia desarrollada en una institución educativa de carácter oficial del municipio de Medellín, Antioquia. Por lo tanto, es una investigación cualitativa que busca rescatar los conocimientos producidos a partir de los diferentes fenómenos educativos y las reflexiones y anotaciones que derivan de estos (Torres, 2019). De esta forma, la SPE permite reconstruir de forma analítica las experiencias, interpretarlas y comprenderlas a profundidad a partir de los fenómenos educativos observados en la práctica pedagógica (Jiménez-Quintero, 2020).

En la SPE, la práctica pedagógica se concibe como una acción intencionada de formación para la que se disponen tiempos, espacios y costumbres específicas y, en la cual, los profesores intervienen no solo a partir del rol de instructor de un saber específico, sino que observan de forma crítica el proceso de

enseñanza y aprendizaje que se da en las aulas (Ortega, 2019). Con este contexto, la SPE como metodología permite aproximarse a las aulas escolares y conocer algunas de sus dimensiones a través de posturas reflexivas e interpretativas, las cuales implican que el proceso de la sistematización posibilita desarrollar aprendizajes y conocimientos nuevos para las comunidades educativas (Castaño et al., 2019).

Finalmente, si bien se reconocen en la literatura diversas respuestas a la pregunta ¿Por qué y para qué hacer SPE? (p. ej. Torres, 2019; Carvajal, 2006), en este trabajo se tienen en cuenta dos elementos en particular que motivan su desarrollo. Por un lado, al permitir comunicar los conocimientos y aprendizajes desarrollados en el proceso de la implementación del trabajo, tanto con la comunidad educativa de la institución como con otros actores educativos con objetivos o perspectivas similares a las que este trabajo presenta. Por otro lado, porque posibilita cualificar las estrategias educativas implementadas a partir de la reflexión crítica de sus resultados.

#### **4.1.1 Momentos de la SPE**

El diseño metodológico para la SPE no se realiza a partir de rutas rígidas que se deben seguir de forma exhaustiva paso a paso y en tiempos determinados. Sin embargo, se pueden identificar algunos momentos clave para su desarrollo, los cuales consisten en una fase de preparación de la sistematización, otra de diseño y otra de reconstrucción o recuperación de la práctica (p. ej. Castaño et al., 2019; Torres, 2019; Jara, 2019). De manera particular, este trabajo se basó en lo que Torres (2019) denomina *ruta metodológica de una sistematización*, de los cuales se desarrollan los siguientes momentos: i) punto de partida, ii) definición de las preguntas y los temas eje de la sistematización, iii) reconstrucción narrativa y analítica de la práctica, iv) interpretación crítica de los hallazgos e identificación y formulación de ejes temáticos. En adelante se describirá el desarrollo metodológico de la SPE en este trabajo a partir de los cuatro momentos mencionados.

#### **4.1.2 Punto de partida**

Para definir las preguntas de la SPE, se requiere que haya una práctica de innovación o transformación educativa, que busque la obtención de nuevos saberes y la transformación de los procesos educativos (Torres, 2019). Para el caso de esta investigación, la implementación de una experiencia educativa para la enseñanza de los circuitos eléctricos a través del PC se constituyó como el escenario de

innovación educativa. En particular, la experiencia se desarrolló en dos grupos del grado undécimo en la clase de física, acompañados por los profesores en formación (los autores de la presente investigación) durante el año 2021 de forma alterna entre espacios sincrónicos presenciales y asincrónicos virtuales. Los primeros seis meses del año fueron dedicados a la observación participante de los fenómenos educativos que se desarrollaban en la institución, a partir de los cuáles se delimitó el problema de investigación y se planeó la implementación de la investigación. En el segundo semestre del año se puso en marcha la implementación, que tuvo una duración de ocho semanas.

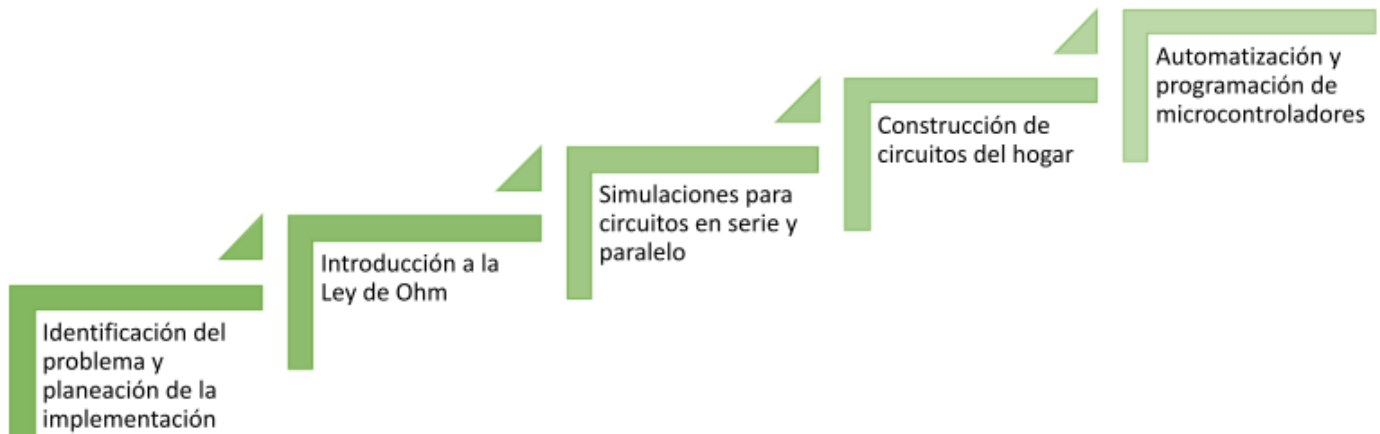
#### **4.2 Reconstrucción narrativa de la práctica**

La SPE en la que se fundamentó este trabajo fue constituida esencialmente por cinco fases. Como se ha mencionado anteriormente en este capítulo, el proceso de práctica fue desarrollado en una institución educativa de carácter oficial de la ciudad de Medellín, con dos grupos de estudiantes del grado undécimo, uno de ellos con 37 alumnos y el otro con 31 en las clases de física durante ocho semanas. Estos momentos de la implementación se desarrollaron tanto de forma presencial como virtual y asincrónica. Además de ello, en todo el proceso se brindaron asesorías virtuales por parte de los profesores en formación a solicitud de los estudiantes. En la **Figura 5** se presentan las fases que se desarrollaron.

Los participantes desarrollaron el proceso en subgrupos de entre 3 a 5 personas, en los cuales cada uno de ellos asumió diferentes roles y tareas a lo largo de todo el proceso, en función de sus habilidades e intereses. Esto permitió que los líderes surgieran de forma orgánica, por lo cual los profesores no delegaron las tareas *a priori*, sino que estas se repartieron de manera natural en la medida en que los procesos en cada grupo tomaban su rumbo particular.

Para la recolección de la información se analizaron tres clases de fuentes. La primera de ellas fueron cuatro recursos educativos diseñados por los profesores en formación y que se construyeron a lo largo de las cinco fases de la implementación (véase anexo 1). La segunda fuente de información analizada fueron los diarios de campo llevados a cabo en cada una de las sesiones de la práctica pedagógica y que resaltan los incidentes críticos de cada clase. Por último, una vez finalizado el proceso se llevaron a cabo 10 entrevistas semiestructuradas con estudiantes de los dos grupos que participaron de la investigación. En adelante, se describe de forma pormenorizada cada una de las fases de esta implementación.



**Figura 5***Fases de la implementación*

*Nota:* Elaboración de los autores.

#### **4.2.1 Fase 1. Identificación del problema y planeación de la implementación**

A partir del análisis crítico de los diarios de campo de los profesores en formación y la consecuente configuración del problema de investigación, se desarrolló la planeación de la implementación, llevada a cabo en los meses de octubre y noviembre de 2021. Este proceso se integró de forma orgánica con el plan de área de la institución. Por lo tanto, se planeó la intervención a partir de la unidad temática de circuitos eléctricos siguiendo el Derecho Básico de Aprendizaje: “Comprende las relaciones entre corriente y voltaje en circuitos resistivos sencillos en serie, en paralelo y mixtos.” (Ministerio de Educación Nacional [MEN], 2016, p. 38); y el criterio de desempeño del plan de área de ciencias naturales de la institución: “Explica el uso de la electricidad y los componentes de un circuito eléctrico, las ondas, el sonido y la luz en fenómenos cotidianos”.

Frente al criterio de desempeño en el que se identifica esta implementación, se aportó en la dimensión del uso de la electricidad y los componentes de un circuito eléctrico en fenómenos cotidianos. Al mismo tiempo, se reconoce la limitación de esta implementación frente al desarrollo de este criterio en las temáticas de ondas, dado que no era el objetivo de las actividades planeadas.

#### **4.2.2 Fase 2. Introducción a la ley de Ohm**

La primera fase de la implementación se desarrolló de manera presencial y tomó una sesión de clase por cada grupo. Para ello, se desarrolló una explicación inicial de los aspectos básicos de la ley de Ohm: corriente, voltaje, resistencia y las relaciones de proporcionalidad de estos conceptos basados en los comportamientos de fenómenos cotidianos como las tormentas eléctricas y el funcionamiento de la electricidad en los hogares. Luego de ello se desarrolló la guía número 1 (véase anexo 1) con los estudiantes de la institución, que tuvo como objetivo fortalecer los conceptos vistos en la clase para dar paso a la temática de circuitos eléctricos en serie y en paralelo.

#### **4.2.3 Fase 3. Simulaciones para circuitos eléctricos en serie y en paralelo**

Esta fase de la implementación se desarrolló de forma asincrónica y virtual a través del simulador [Tinkercad](#) y la guía 2 (véase anexo 1), un recurso educativo virtual que posibilita crear una variada gama de circuitos eléctricos, desde el uso de una fuente de voltaje con un Led, hasta el desarrollo de circuitos más complejos con el uso de placas de prueba, microcontroladores y sensores. Esta parte de la implementación tuvo dos objetivos; el primero de ellos fue que los estudiantes comprendieran el uso de simuladores para la construcción de diferentes tipos de circuitos a partir de la ley de Ohm y, el segundo, que identificaran las diferentes convenciones usadas de forma genérica para identificar los componentes de los circuitos eléctricos. Para lograr estos objetivos la guía solicitó a los estudiantes que construyeran un circuito simple y otro conjunto de circuitos ensamblados en placas de pruebas y reflexionaran sobre las generalidades de realizar este proceso.

#### **4.2.4 Fase 4. Construcción de circuitos del hogar**

Las fases 1 y 2 de esta implementación se centraron en plantear algunas bases teóricas y prácticas para la comprensión de la ley de Ohm y los circuitos eléctricos en paralelo y en serie. En la fase 3, se solicitó a los estudiantes llevar estos conocimientos al plano de un problema real y se comenzaron a introducir de manera implícita algunos elementos del PC y de las Habilidades del Siglo XXI en el proceso de resolución de las problemáticas propuestas. En particular, frente al PC se sugirió a los estudiantes la comprensión del problema a partir de elementos de un proceso sistémico (Weintrop et al., 2016) y, con relación a las Habilidades de Siglo XXI, comenzaron a introducirse los denominados contenidos del siglo XXI,

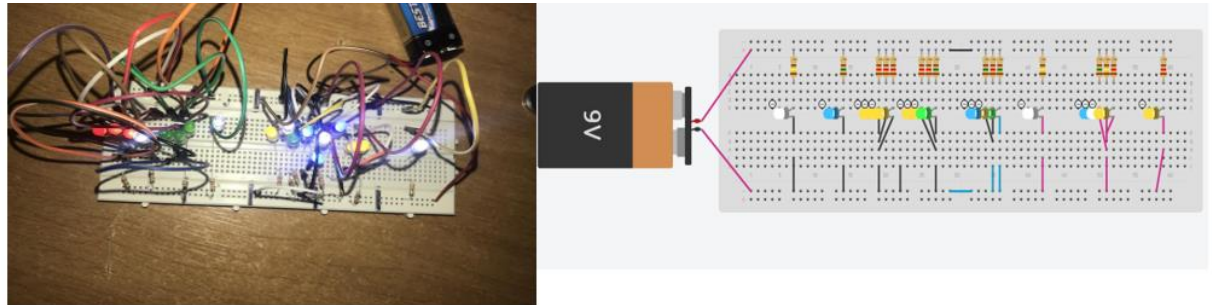
relacionados con la alfabetización ambiental y la formulación de proyectos sostenibles, a partir de la problemática relacionada con la optimización de la energía eléctrica (Salamanca y Badilla, 2019). Con lo anterior, esta fase se desarrolló tanto de forma presencial como virtual a través de asesorías específicas con los estudiantes por grupos de trabajo y tuvo como objetivos que comprendieran los siguientes elementos:

- Comprender cómo funcionan los circuitos que transportan la energía eléctrica hasta su hogar.
- Optimizar el consumo de energía en un circuito eléctrico dado.
- Comprender a qué se refieren los kilovatios hora y su rol en las facturas de energía eléctrica.
- Automatizar algunos de los procesos en un circuito eléctrico.

Para lograr estos objetivos, la guía número 3 (véase anexo 1) planteó situaciones relacionadas con el consumo de energía eléctrica en los hogares y como estos se ven reflejados en la factura mensual; además de cuestionamientos sobre posibles estrategias para optimizar el consumo y, por ende, de reducción del precio de sus facturas. Finalmente, se solicitó a los estudiantes la elaboración de un sistema de distribución eléctrica para su vivienda basados en una placa de pruebas, una fuente de voltaje de nueve voltios, Leds de diferentes voltajes y la información presentada en la **Tabla 1**, en la cual los distintos colores de Led indican objetos cotidianos de los hogares que consumen diferentes cantidades de voltaje para su funcionamiento. Dos ejemplos de las construcciones de los estudiantes se muestran en la **Figura 6**.

**Figura 6**

*Modelos de distribución eléctrica de viviendas construidos por los estudiantes*



*Nota:* Modelo de distribución eléctrica de una vivienda con el uso de materiales reales a la derecha, a la izquierda modelo virtual usando el software *Tinkercad*.

El reto debió ser desarrollado primero en el simulador *Tinkercad*, a partir del cual se desarrolló un proceso de iteración entre diferentes versiones con la finalidad de cualificarlas. Para ello, se desarrollaron asesorías continuas con los equipos en los cuales los profesores en formación sugirieron alternativas para optimizar cada vez más el modelo. Finalmente, cada equipo construyó y presentó de forma presencial el modelo con los materiales reales ante todo el grupo de clase.

**Tabla 1**

*Instrucciones para la construcción del modelo de casa en una placa de pruebas*

Color del Led	Objeto que representa del hogar
Verde	Secador de cabello, plancha para la ropa, nevera, horno eléctrico, aire acondicionado.
Azul	Microondas, televisor, lavadora.
Blanco	Bombilla (energía lumínica).
Amarillo	Licuada, Modem de internet, cafetera, teléfono, decodificador.
Rojo	Lámpara, computadora, cargador de celular.

*Nota:* Elaboración propia basada en la guía número 3 (véase anexo 1).

#### **4.2.5 Fase 5. Automatización y programación de microcontroladores**

Esta fase de la implementación se desarrolló de manera presencial y tuvo como objetivos que los estudiantes integran elementos de la automatización de manera tanto teórica como práctica a sus modelos de hogares construidos en las placas de prueba reales y en el simulador *Tinkercad*. Los elementos teóricos se desarrollaron a través de un conversatorio en un encuentro sincrónico en el que se habló sobre el rol de la automatización en la actualidad y los procesos que se llevan a cabo bajo esta modalidad incluso reemplazando a los trabajadores humanos. Además, se movilizaron reflexiones frente a las habilidades necesarias para que las personas se desenvuelven en la sociedad del día de hoy. En términos prácticos, se desarrolló una introducción a la programación de microcontroladores Arduino con bloques a través del mismo simulador *Tinkercad*.

Una vez los estudiantes tuvieron las condiciones de empezar a programar un microcontrolador con los bloques de código y de reconocer la influencia que tienen los procesos de automatización en la actualidad, se amplió el reto inicial de modelar la red eléctrica de sus hogares para llevarlo al plano de la automatización de algunas situaciones. Para ello, la nueva fuente de voltaje fue el mismo microcontrolador, que debió conectarse de nuevo de forma estratégica para cumplir con las nuevas condiciones. Las situaciones planteadas fueron elementos de la cotidianidad de los hogares, tales como:

Una persona se levanta en medio de la noche, adormilada y un poco desorientada. Decidió ir al baño y luego entrar a la cocina a prepararse un sándwich, dado que el hambre estaba impidiendo su sueño. Una vez se preparó el sándwich fue al comedor a disfrutarlo. Luego de ello, volvió a la cocina a lavar los utensilios usados, fue al baño a lavar sus dientes y se dirigió de nuevo a su dormitorio a continuar su noche de sueño. (Guía 4, p. 1 [anexo 1])

Los estudiantes debían automatizar los elementos de uso de energía eléctrica para simular esta situación a través de los bloques de código en *Tinkercad* primero, y luego, cerrar el proceso de forma presencial con el uso de los microcontroladores Arduino uno de forma presencial.

### **4.3 Reconstrucción analítica de la práctica**

Bajo la perspectiva de la SPE, la reconstrucción analítica consiste en una actividad presente no solo al final del proceso sino en todos los momentos de la sistematización de la práctica. Consiste en el desarrollo en el que se construyen y tematizan los datos obtenidos a través de diferentes técnicas de categorización (Torres, 2019). En este sentido, para hacer este análisis de la información se realizó una triangulación intra-métodos entre los diarios de campo de los profesores en formación, los recursos educativos desarrollados por los estudiantes y la transcripción de las entrevistas semiestructuradas llevadas a cabo. Este tipo de triangulación consiste en analizar los diferentes tipos de datos de forma separada y contrastar la información que ofrecen para complementar el panorama general de la investigación (Flick, 2014).

Como se mencionó previamente, se consideraron inicialmente dos ejes temáticos para el análisis de esta implementación. El primero de ellos refiere a las *características necesarias para la integración de actividades basadas en el PC en la enseñanza de los circuitos eléctricos*, y el segundo eje temático refiere a los *aportes del PC en el diálogo entre el conocimiento disciplinar de circuitos eléctricos y la adquisición de Habilidades del Siglo XXI* a través de las diferentes actividades propuestas en la implementación. En ambos ejes temáticos se contrastan los elementos teóricos declarados en el capítulo dos con los resultados empíricos obtenidos en el trabajo de campo.

#### ***4.3.1 Características necesarias para la integración de actividades basadas en el PC en la enseñanza de los circuitos eléctricos***

Los resultados presentados en este eje temático tienen la finalidad de analizar aquellas características o aspectos clave que se resaltan para la integración de actividades basadas en el PC en el contexto de la enseñanza de los circuitos eléctricos. Para ello, se identificaron dos características necesarias: primero, que se fomente el trabajo con problemas complejos y en relación con situaciones reales (p. ej. el uso de diferentes recursos tecnológicos para comprender el consumo energético de un hogar); y segundo, se considera necesario que se integren diversas estrategias basadas en las tecnologías digitales como elemento transversal al proceso de aprendizaje, en las cuales los estudiantes tengan un rol de creadores a partir de las herramientas tecnológicas y no limitado a consumidores de información (p. ej.

el uso de plataformas como *Tinkercad* que posibilitan simular diversas situaciones y programar microcontroladores).

Conforme se mencionó en la reconstrucción analítica de la práctica, los análisis de este eje temático se derivan del contraste entre distintas fuentes de información, a saber: los diarios de campo que llevaron a cabo los investigadores en la institución, los referentes presentados en el marco teórico y los recursos educativos diseñados e implementados en el trabajo de campo. En los diarios de campo se identificaron los incidentes críticos que ayudaron tanto en la consolidación del problema como en el diseño de los recursos educativos al considerar las situaciones particulares del contexto educativo de la institución en la cual se desarrolló este trabajo. Por su parte, los referentes presentados en el marco teórico permiten ampliar la comprensión sobre las situaciones particulares del aula de clase al contrastarlas con los resultados de la investigación nacional e internacional. Finalmente, los recursos educativos implementados en el trabajo de campo posibilitan sistematizar el proceso de aprendizaje de los estudiantes a través de la solución del problema planteado en esta investigación en las diferentes fases de la implementación (**Figura 5**).

#### **4.3.2 Desarrollo de Habilidades del Siglo XXI**

El segundo eje temático se refiere a los aportes de las actividades basadas en el PC en el diálogo entre el conocimiento disciplinar y la adquisición de las Habilidades del Siglo XXI por parte de los estudiantes (Figura 3). Para ello, se analizan las tres subcategorías declaradas en el marco teórico en los procesos de aprendizaje de los estudiantes: en las *Habilidades cognitivas*, se tendrán en cuenta el pensamiento crítico y creativo para la solución del problema de optimización de energía planteado y para el proceso de automatización de situaciones a través de los bloques de código; en las *Habilidades del uso de tecnologías digitales*, se tendrán en cuenta la búsqueda eficiente de información relevante para la solución del problema planteado en el trabajo de campo, la eficiencia de los algoritmos programados, el uso de microcontroladores y la interpretación y análisis de datos físicos en las plataformas propuestas; y, en las *Habilidades relacionadas con los contenidos del siglo XXI*, se analizará la alfabetización ambiental adquirida con relación a la problemática ambiental del uso de energía planteada en la implementación y

las capacidades de los estudiantes de generar propuestas sostenibles basados en el conocimiento de la energía eléctrica.

Al igual que en el primer eje temático, los análisis de este eje se desarrollan con base en tres fuentes de información. Primero, los elementos teóricos relacionados con las Habilidades del Siglo XXI propuestos por Salamanca y Badilla (2019), que se describieron en el párrafo anterior. Segundo, se consideran los manuscritos y productos digitales y físicos de los estudiantes participantes en el trabajo de campo (p. ej. algoritmos de programación a través de *Tinkercad*, conexiones del microcontrolador para simular la distribución eléctrica de un hogar, soluciones a través de los recursos educativos y herramientas tecnológicas), estas fuentes permiten contrastar, al mismo tiempo, las situaciones propias de esta implementación con los elementos teóricos tenidos en cuenta en el trabajo. Tercero y último, se analizan también entrevistas semiestructuradas realizadas a los estudiantes, en las cuales se reconocen sus perspectivas personales frente al proceso y los aprendizajes que, en su concepto, fueron más significativos a largo del trabajo de campo.



## 5. Resultados y discusión

Para responder a los objetivos y a la pregunta de investigación de este trabajo, los resultados se presentan en función de los instrumentos usados en las fases declaradas para el trabajo de campo (**Figura 5**) y su contraste con los elementos desarrollados en el marco teórico. Estos resultados se presentan a partir de dos ejes temáticos: 1) Características necesarias para la integración del PC en la enseñanza de los circuitos eléctricos y 2) el desarrollo de habilidades del siglo XXI alcanzadas.

### 5.1 Características necesarias para la integración de estrategias basadas en el PC en la enseñanza de los circuitos eléctricos

Esta investigación permitió identificar dos características necesarias para la integración del PC en la enseñanza de los circuitos eléctricos en la educación secundaria. La primera, es considerar como centro el análisis de problemas complejos y vigentes. La segunda, el uso de tecnologías, a través del empleo y creación de herramientas digitales que posibiliten la solución del problema.

#### 5.1.1 Problemas complejos y basados en situaciones reales

Los incidentes críticos extraídos de los diarios de campo con relación a esta característica evocan que los problemas que se basan en soluciones reales y cuya complejidad permite que no exista una solución única, se consolidan como una oportunidad para aumentar la motivación de los estudiantes. Al mismo tiempo, fomentan en ellos la necesidad de analizar el desafío propuesto a través de distintos conocimientos disciplinares (p. ej. matemáticos, experimentales, tecnológicos, ambientales o de eficiencia). En contraste, los diarios de campo también posibilitaron identificar que las lecturas extensas o uso de imágenes estáticas para representar problemas sin contexto en la realidad no aportaron en la comprensión de los contenidos disciplinares en física. En la **Tabla 2** se resumen los incidentes críticos que dan cuenta de lo enunciado en este párrafo.

**Tabla 2**

*Evidencias basadas en los diarios de campo con relación a los problemas complejos y basados en situaciones reales*

Diario de campo	Incidente crítico	Interpretación
DC 2	<p>“En últimas, la clase se orientó a la solución de ejercicios con base a la definición de energía potencial elástica. El primero de ellos se resolvió reemplazando las cantidades escalares en la expresión matemática; sin embargo, para el segundo, los estudiantes no lograron comprender la descripción del ejercicio, dada la complejidad y extensión de la lectura, aunado con la falta de comprensión de las imágenes estáticas inmersas en ella. En consecuencia, tampoco fue posible diseñar una solución de este” (Diario de campo 2, 2021, p. ).</p>	<p>Las lecturas extensas son un recurso poco eficiente para la comprensión de conceptos en física.</p> <p>El uso de imágenes o dibujos no son suficientes para la comprensión de los enunciados en física.</p>
DC 3	<p>“Con el propósito de atender la falta de comprensión en la descripción de ejercicios, se empleó la simulación <i>Energía en la pista de patinaje</i> del proyecto PhET. Allí se identificó que, además de una comprensión visual del ejercicio, el uso de elementos tecnológicos aportó a la comprensión de los enunciados en física y, al mismo tiempo, a la participación de los estudiantes a través de preguntas y creación de hipótesis” (Diario de campo 3, 2021).</p>	<p>El uso de recursos digitales permite, además de un análisis amplió de los problemas, una mejor comprensión de los conceptos en física.</p>
DC 6	<p>“A partir de los resultados obtenidos en sesiones anteriores, se desarrolló para los próximos encuentros actividades con un componente práctico amplio. De esta manera, a mediados de agosto del 2021 se planteó a los estudiantes la elaboración de un electroscopio a partir de materiales simples. Lo anterior no sólo amplió el panorama de la física como una actividad práctica, sino también la motivación y el asombro en tanto ellos encontraron un sentido a los contenidos teóricos” (Diario de campo 6, 2021).</p>	<p>Las actividades prácticas permiten trascender de una visión estática de la ciencia por otra de mayor utilidad y coherencia con los contenidos vistos.</p> <p>La ausencia de procesos prácticos e iterativos en la clase de física limita el diálogo entre los estudiantes.</p>

---

DC 8	“En síntesis, la clase se desarrolló a partir de situaciones medioambientales. La primera trató sobre el consumo consciente de energía eléctrica en los hogares para una vida sostenible y, la segunda, trabajó las fuentes de energía limpias e inagotables. Lo anterior, permitió la elaboración de un desafío sostenible: optimizar el consumo de energía eléctrica de un hogar” (Diario de campo 8, 2021).	Plantear situaciones retadoras genera no solo habilidades cognitivas, sino también recursos afectivos, volitivos, actitudinales y colaborativos.
------	--	--

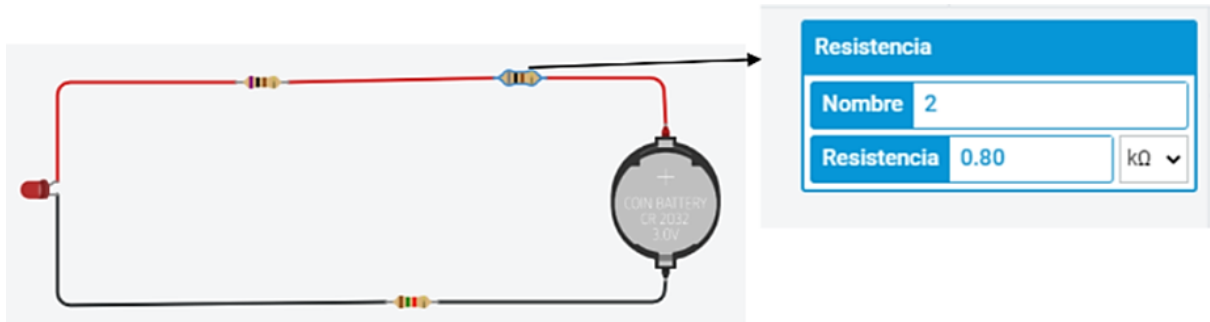
---

*Nota:* Elaboración propia con base en los diarios de campo.

Adicional a los diarios de campo, los manuscritos y productos digitales de los estudiantes también dan cuenta de que la forma progresiva en la que se planteó el problema de esta implementación se evidencia como una de las características clave que poseen los problemas complejos basados en situaciones de la vida real. Por ejemplo, algunos de ellos, como el presentado en la **Figura 7**, permiten ver que, aun cuando los estudiantes no pueden resolver de forma inmediata el problema, al descomponerlo en partes manejables y comprensibles, permitió avanzar en la posible solución. A este grupo, cuando aún se les dificultaba usar las habilidades matemáticas necesarias para resolver algunas partes del problema, pudieron fragmentarlo y avanzar de forma paralela en otras partes de la solución. Los estudiantes proponen un circuito eléctrico con unos valores de las resistencias elevados (800 ohmios) en comparación a la fuente de voltaje (3 voltios), esto implica que la corriente necesaria para iluminar el led en este circuito no llegará y, por lo tanto, el circuito no cumplirá con su objetivo. Sin embargo, aún con esta situación, los estudiantes lograron avanzar de forma paralela en reflexiones relacionadas con la creación de herramientas tecnológicas para la solución del problema e incluso sobre el impacto ambiental de su consumo de energía eléctrica, lo cual no hubiese sido posible si el problema fuera centrado exclusivamente en una situación matemática.

**Figura 7**

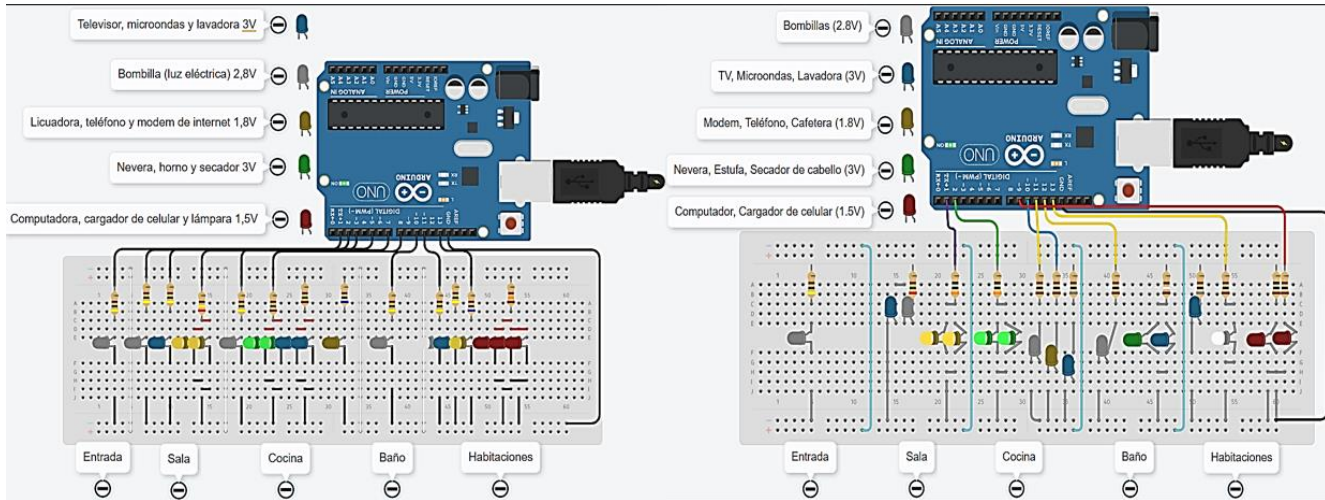
*Representación de un circuito en serie elaborado por un grupo de estudiantes*



La construcción de la distribución eléctrica de los hogares de los estudiantes dio como resultado una serie de soluciones diferentes a partir de la misma temática y las mismas instrucciones. Esto, a su vez, amplió la perspectiva de todos los estudiantes en los momentos de socialización, dado que reconocieron formas diferentes de solucionar el mismo problema a partir de los trabajos de sus compañeros. Un ejemplo de esto se presenta en la **Figura 8**, en la cual se muestra un contraste entre soluciones diferentes, en cuanto a las formas de conectar los circuitos, la cantidad de electrodomésticos tenidos en cuenta, los valores de las resistencias y la codificación de cada LED para distintos asuntos, para la distribución eléctrica de los hogares a partir del uso de *Tinkercad*. Además de esto, lograron identificar como sus soluciones podrían aplicar a la distribución eléctrica de otras casas, como las de sus compañeros. En este sentido, los recursos educativos diseñados para el trabajo de campo posibilitaron explorar de una forma dinámica las situaciones físicas planteadas en la temática de los circuitos eléctricos.

**Figura 8**

*Contraste entre modelos de distribución eléctrica en Tinkercad*



Con base en las evidencias obtenidas en el trabajo de campo, el planteamiento de problemas complejos, basados en situaciones reales y con vigencia para la actualidad, se consolida como una de las características necesarias para la integración de actividades basadas en el PC en la enseñanza de los circuitos eléctricos. Lo anterior, está en coherencia con las formulaciones teóricas relacionadas con el Pensamiento Computacional, por ejemplo, Weintrop y colaboradores (2016) proponen las prácticas de pensamiento sistémico como una serie de situaciones en las cuales los estudiantes deben investigar sistemas complejos y comprender cuales son las relaciones dentro de estos. En este sentido, el proceso de construcción de los sistemas eléctricos de las casas, y su posterior automatización a partir de la programación de los Arduino, permitió que los estudiantes relacionaran diferentes conceptos intra y extra disciplinares para la creación de una solución que fuese susceptible de automatizar y que, además, cumpliera con los fundamentos físicos básicos para el funcionamiento de los sistemas eléctricos.

Es posible además reconocer la descomposición de problemas en los procesos de solución de los estudiantes (p. ej. Figura 7), la cual se reconoce en la literatura como una de las competencias clave para el desarrollo del PC (Shute et al, 2017; Grover y Pea, 2018, 2013; Wing, 2011). En el proceso de solución del problema, los estudiantes lo descompusieron en cuatro partes: la construcción de diferentes circuitos a través del simulador, las reflexiones sobre el uso consciente y eficiente de las fuentes de energía, la automatización de los circuitos construidos a partir del uso de los microcontroladores y las placas de

prueba, y la representación matemática. Esta descomposición les permitió desarrollar avances significativos en la solución del problema aun cuando presentaron dificultades en algunas partes (como la representación matemática). Finalmente, el uso de problemas complejos posibilitó que los estudiantes llegaran a soluciones por diversos caminos, lo cual permitió que su percepción sobre las diferentes formas de usar circuitos eléctricos se ampliará, al mismo tiempo que identificaron que algunas de las soluciones presentadas podían ser “recicladas” para sistemas eléctricos de otros hogares. Autores como Shute y colaboradores (2017) y Grover y Pea (2013; 2018) destacan estas prácticas como fundamentales a la hora de integrar el PC en disciplinas como las matemáticas y las ciencias.

En síntesis, en la enseñanza de los circuitos eléctricos en la educación secundaria, una de las características necesarias para implementar actividades basadas en el PC, es que estas se desarrollen sobre la base de un problema real y que permita el trabajo colaborativo. Esta característica posibilita que existan soluciones diversas para una misma situación, que el problema se pueda descomponer en situaciones más pequeñas y sencillas de resolver y que, por lo tanto, la complejidad pueda tratarse de forma progresiva en la medida en la que se avanza en el proceso educativo. Además, a través de este tipo de problemas, es posible tocar de forma transversal temáticas que trascienden la mera enseñanza de los circuitos eléctricos, como por ejemplo el uso consciente y eficiente de la energía eléctrica y el aprendizaje de creación de herramientas tecnológicas, como es el caso de la programación para automatizar su modelo de casa creado con el microcontrolador Arduino UNO.

### ***5.1.2 Uso de estrategias digitales para aportar a la solución del problema***

El uso de tecnologías digitales en el trabajo de campo de esta investigación tuvo un rol fundamental de principio a fin. Al respecto, las entrevistas a los estudiantes reportaron dos elementos principales, uno de motivación al usar diferentes estrategias basadas en tecnologías digitales (p. ej., simuladores y entornos de programación [Tinkercad], entornos virtuales de aprendizaje [Classroom], microcontroladores [Arduino uno]) y, el otro elemento, de comprensión de las temáticas a partir del uso de diferentes sistemas de representación de los circuitos eléctricos. En la **Tabla 3** se presentan algunos de los episodios con más relevancia frente a lo mencionado anteriormente, junto con su interpretación.

**Tabla 3**

*Expresiones de los participantes respecto al uso de dispositivos electrónicos y diferentes sistemas de representación*

Expresiones de los participantes	Interpretación
<ul style="list-style-type: none"> <li>• “Considero que la integración de tecnologías [simuladores y microcontroladores] si aportó a la comprensión de los conceptos: al realizar los circuitos de forma práctica y ver que los resultados esperados si ocurrían daba, además de satisfacción, fuerza a la idea de haber comprendido los conceptos” (E7, Entrevista).</li> <li>• “Considero que el uso de protoboards, microcontroladores, Leds y otros elementos fueron acertados en tanto el desarrollo de la clase no solo era teoría, sino también práctica. Los estudiantes están más interesados en aprender de esta manera que a partir de un libro o un tablero, entonces sí, la integración de estos elementos generó una mejor disposición” (E9, Entrevista).</li> <li>• “En el momento de la presencialidad quedé sorprendida con el avance respecto al modelo de distribución eléctrica. No sé la razón, pero tenía la sensación de que sería un proceso complejo y no fue así; en últimas fue posible realizar el modelo. En particular, hay un hecho que me dejó sorprendida: cuando terminamos de agregar las conexiones y Leds de diferentes colores, y conectamos la batería eléctrica, se encendieron todos los leds” (E1, Entrevista).</li> <li>• “Regularmente cuando explican estos conceptos comienzan con definiciones formales, que, para ser sincera, poco se entiende, en cambio, a través de los elementos tecnológicos fue posible la construcción de cada uno de los circuitos (en serie y en paralelo) y, por lo tanto, es más fácil comprender la temática” (E10, Entrevista).</li> </ul>	<p>La incorporación de tecnologías en la temática de circuitos eléctricos aportó en dos sentidos. El primero de ellos es el interés por la temática en tanto la práctica corrobora el modelo construido en Tinkercad. El segundo es la utilidad de los recursos (simuladores, protoboards, microcontroladores, entornos de programación) y su relación con los contenidos sobre circuitos eléctricos.</p>

- 
- “Ver cómo funcionaban los elementos tecnológicos, como se iban relacionando y conectando los contenidos del curso, ayudó a comprender de forma más fácil que los dibujos de un circuito en serie en el tablero” (E4, Entrevista).
  - “Aunque al inicio fue enredado manejar las herramientas virtuales y, más adelante, su puesta en práctica; al final concluí que la herramienta *Tinkercad* es muy útil. Esto fue una experiencia a la que no estábamos acostumbradas” (E7, Entrevista).
  - “El simulador sirvió con una base, allí era posible realizar los ejercicios y, en las clases presenciales, lo desarrollábamos de acuerdo al simulador. Así nos acercamos a los resultados deseados” (E6, Entrevista).
  - “Considero que a la mayoría se nos complicó el hecho de usar *Tinkercad* a pesar de que no es complejo. Si me gustó la herramienta, al final de tanto usarla resulta sencillo. Lo mismo pasó en la práctica” (E1, Entrevista).
  - “Las herramientas me ayudaron a entenderlo de mejor manera que dibujos en un tablero o hacer cálculos sin sentido. Las tecnologías y los otros recursos fueron adecuados, se complementaron bien” (E9, Entrevista).
- El uso de diferentes sistemas de representación (prácticas con dispositivos tecnológicos, simulares y microcontroladores) aporta a la comprensión de los circuitos eléctricos en serie y en paralelo.

---

*Nota:* elaboración propia con base en las entrevistas de los participantes

Por otra parte, en las entrevistas también se identificó que el uso de diversas estrategias digitales permitió mejorar de forma continua las producciones de los estudiantes. La cantidad ilimitada de pruebas que ofrecía el simulador (sin necesidad de preocuparse por el desgaste de los materiales) permitió que hubiese procesos de iteración continua y que las soluciones se optimizaran cada vez más al transcurrir el tiempo de la implementación. A partir de estas iteraciones, surgieron soluciones cada vez más creativas y alejadas del uso de una receta concreta para obtener un resultado predeterminado por parte de los estudiantes. Los elementos mencionados anteriormente se reflejan en la **Tabla 4**.

**Tabla 4**

*Relación entre las formas de abordar el desafío y los procesos que conlleva*

---

Estrategias de los estudiantes	¿Qué posibilidades observan?
--------------------------------	------------------------------

---



---

“Comenzamos viendo vídeos y los recursos del Classroom en relación con la guía. Luego, cada integrante realiza la lectura con el objetivo de tener una idea más consolidada de la temática o de los objetivos del trabajo. Más adelante, nos reuníamos virtualmente y, cada una, aportaba su comprensión de lo íbamos a realizar, se discutía, se consensuaba y, por último, designábamos tareas. Por ejemplo, elaborar el circuito en *Tinkercad*, realizar cálculos, diagramas, etcétera” (E7, Entrevista).

“A nivel grupal se tomó la decisión de trabajar por partes. En principio, leímos de manera general la situación que se planteó, allí se estableció qué era lo que teníamos que hacer y en qué partes del modelo de *Tinkercad*. En segundo lugar, identificamos en sí cuál era el gran objetivo del problema. En tercer lugar, analizamos el tiempo porque, en nuestro caso, el problema que presentó nuestra guía tenía una escala de tiempo estipulada entre las acciones que desarrollaban cada uno de los personajes” (E6, Entrevista).

“Nuestro equipo utilizó un esquema. Primero se tomó el ejercicio de manera global y lo dividimos por acciones, cada acción la íbamos desarrollando en la protoboard para llevar un orden del proceso y la información que habíamos recolectado (tiempos). Finalmente, agregamos los tiempos estipulados según la escala. El último paso lo adjuntamos en un cuadro, el cual tenía los tiempos que tardaron cada una de las personas del problema” (E5, Entrevista).

“Lo primero que el equipo realizó fue determinar los electrodomésticos que tenían que estar conectados a la electricidad todo el tiempo para lograr una jerarquía en los procesos. Es decir, que

“En las clases nosotros llevamos a cabo lo que previamente teníamos elaborado en el simulador. Después de ese momento de prueba, volvíamos al simulador para agregar o modificar elementos del modelo y, en general, uno comprendía el tema de esta forma” (E7, Entrevista).

“El simulador sirvió con una base, allí era posible realizar los ejercicios y, en las clases presenciales, lo desarrollábamos de acuerdo con el simulador. Así nos acercamos a los resultados deseados” (E6, Entrevista).

“A través de *Tinkercad* y los dispositivos electrónicos fue posible experimentar sobre lo que estaba leyendo (elementos teóricos). Y de esta manera, era posible confirmar si comprendí o no ¿Por qué? Básicamente a través de las simulaciones era posible afirmar donde estaba fallando: dónde me equivoqué, la posición de los objetos, verificación de los cálculos o, de pronto, situaciones ajenas” (E5, Entrevista).

“Con el intento constante, o sea ensayo y error, logramos sacar adelante el ejercicio. Eso sí, nos equivocamos muchas veces” (E4, Entrevista).

objetos permanecían encendidos todo el tiempo y cuáles no. Posteriormente, identificamos los elementos específicos del ejercicio (cafetera, computador, nevera, etcétera) para determinar aproximadamente los tiempos. Para ello, el equipo se sumergió en esa situación, es decir, nos preguntamos ¿Cómo haríamos nosotras esas acciones en nuestra cotidianidad? Y así ajustar con mayor precisión el tiempo” (E4, Entrevista).

“En principio, fue asumir el problema: vivirlo para así poder ajustar una cantidad de tiempo para cada acción. Luego, mirar cómo iba a suceder, es decir, en qué lugar comienzan, qué dispositivos usar primero, por donde iban a pasar, cuánto tiempo se tomaba cada personaje en los lugares de la casa, etcétera” (E1, Entrevista).

“Fue complicado porque no llegábamos a un consenso de cómo íbamos a hacer la programación; en el momento de analizar el problema una de las integrantes propuso un método, pero la otra no estaba de acuerdo, hasta que al final nos pusimos de acuerdo después de confrontar nuestras teorías. Empezamos a poner a prueba la teoría de cada una en el simulador y, a partir de los códigos que eran coherente con el ejercicio, íbamos tomando partes de la teoría de cada una” (E10, Entrevista).

“*Tinkercad* me pareció una herramienta útil, al final de tanto usarla resulta sencillo. Sin embargo, ver videos de 18 o más minutos explicando cómo utilizar la herramienta creo que es tedioso. Supongo que la atención que prestaron los otros grupos de trabajo a los videos fue poca y más bien se fueron más por una parte de ensayo y error o buscaron otros recursos, situación que al final también les salió bien” (E1, Entrevista).

“En *Tinkercad* era posible llevar y analizar todas estas situaciones de los circuitos de forma hipotética, allí regularmente los procesos salían bien. Sin embargo, al llevarlo a la práctica emergían otros retos, situaciones que no se tenían presentes, pero toca afrontar. Por ejemplo, el gasto de la batería eléctrica o las terminales de los cables, entre otros” (E10, Entrevista).

---

*Nota:* elaboración propia con base en el trabajo de campo.

En el proceso de construcción de los modelos, el acompañamiento constante por parte de los investigadores se consolidó como uno de los aspectos clave. En estos espacios fue posible matizar los elementos de la solución del problema relacionados con la construcción de algoritmos para usar el microcontrolador a partir de la programación por bloques y, en general, todos los asuntos técnicos

relacionados con el uso de las tecnologías en el contexto de esta implementación. Al respecto, uno de los estudiantes mencionó:

“Considero que lo que más facilitó todo el proceso tanto a mí compañera como a mí fueron las asesorías. En un principio, estábamos perdidas con el trabajo, sin embargo, después de la asesoría y con el intentar (ensayo y error), aunque a veces nos equivocamos, logramos sacar adelante el ejercicio” (E4, Entrevista).

Las evidencias obtenidas a partir del trabajo de campo con relación al uso de estrategias digitales que aporten a la solución del problema, como una característica necesaria para la enseñanza de los circuitos eléctricos con estrategias basadas en el PC, permite que los estudiantes asuman un rol activo en la construcción de su propio conocimiento científico y de forma transversal a otras disciplinas, como la tecnología. Este conocimiento se construyó de forma iterativa a lo largo del proceso con la finalidad de que las soluciones fuesen más refinadas en cada nueva versión. Al mismo tiempo, las reflexiones sobre el conocimiento disciplinar también ganaron rigor en la medida en que los estudiantes mejoraban sus soluciones al problema planteado a partir del uso de las estrategias digitales mencionadas. El proceso de iteración mencionado anteriormente se consolida, a su vez, como uno de los elementos para delimitar y evaluar las habilidades del PC en los estudiantes de educación secundaria (Grover y Pea, 2013), con lo cual, los procesos de evaluación pudieron ser de carácter formativo, teniendo en cuenta todo el proceso y no solo la entrega final de un producto particular.

Finalmente, otro de los elementos clave en el uso de estrategias digitales fueron los procesos de automatización que se dieron en la fase 4, de automatización y programación de microcontroladores, dado que estos posibilitaron que las soluciones de los problemas tuviesen una dimensión adicional a la mera réplica de una instalación eléctrica. Esto se corresponde con los planteamientos de diversos autores con relación al potencial de la programación (en este caso en bloques de código) para el fomento de las habilidades relacionadas con el PC (Zhang y Nouri, 2019; Weintrop et al., 2016; Brennan y Resnick, 2012). En este proceso, la creación del código llevó a los estudiantes a otra de las competencias clave del PC: la abstracción (Wing, 2011), dado que, en el proceso de evaluar las posibles aproximaciones para la solución del problema de la automatización, debieron dejar a un lado aquellas variables que no eran relevantes en ese proceso en particular (p. ej. los colores de los leds y la fuente de voltaje) y solo concentrarse en aquellas que influyen en mayor medida (p. ej. el tiempo).

## 5.2 Desarrollo de Habilidades del Siglo XXI

En esta investigación, el trabajo de campo permitió identificar tres conjuntos de habilidades del siglo XXI que pueden ser fomentadas en la enseñanza de los circuitos eléctricos a partir de actividades basadas en el PC. Estas son: *alfabetización ambiental; alfabetización en uso de medios digitales e internet y habilidades cognitivas.*

### 5.2.1 Habilidades cognitivas

En la construcción del conocimiento disciplinar por parte de los estudiantes en el trabajo de campo de esta investigación, emergieron diferentes necesidades para ellos. Se destacan las de evaluar información relevante, las diferentes versiones de su trabajo y sus propias estrategias de solución del problema. A su vez, la evidencia muestra que los retos frente al desarrollo de una propuesta sostenible, basados en los prototipos de uso eficiente de energía construidos, fomentaron las habilidades requeridas para el pensamiento creativo. Por su parte, la comunicación y colaboración tomaron un rol vital a la hora de desarrollar el prototipo en los equipos de trabajo, cada uno de los cuales construyó su propia estrategia y ruta de trabajo.

El reto demandó por parte de los equipos, que desarrollaran sus capacidades de reutilizar las comprensiones de distintos conceptos para integrarlos a partes de la solución y reflexionar sobre su utilidad, sus puntos fuertes y débiles, y posibilidades de reusarla en problemas similares. De forma paralela, lo anterior les permitió reconocer estrategias para hacer sus procesos de aprendizaje más eficientes y tomar mejores decisiones para la solución de problemas. Las habilidades mencionadas se reconocen en descripciones particulares de las entrevistas, y se categorizan en cinco de las *Habilidades cognitivas* del siglo XXI según Salamanca y Badilla (2019). En la **Tabla 5** se presenta esta información sintetizada y con la descripción de cada una de las evidencias.

**Tabla 5**

*Diálogo entre el conocimiento disciplinar con las habilidades cognitivas*

Habilidades cognitivas	Componentes de la habilidad	Descripción
------------------------	-----------------------------	-------------

## Pensamiento crítico

-Acumula y evalúa información relevante para resolver el problema de optimización de energía.

-Desarrolla nuevas versiones de las soluciones a problemas a partir de las sugerencias realizadas y el trabajo en equipo.

-Es crítico con sus productos y reconoce oportunidades de mejora luego de analizarlos.

- “Al principio tenía la intención de elaborar una versión rápida [modelo de distribución eléctrica de un hogar], pero no fue posible por los recursos técnicos y conexión. De este modo, cada uno de las integrantes del equipo elaboró un prototipo de código, para, más tarde, compartirlo y analizarlo a detalle, allí nos percatamos de posibles errores o incongruencias en los prototipos. Para solucionarlo, uno de los integrantes mencionó *Ustedes se encargan de seguir avanzando mientras reparo los errores presentes hasta ahora*, eso fue todo. En síntesis, presentamos nuestros prototipos, observamos posibles errores en conjunto y realizamos una solución” (E9, Entrevista).
- “Cuando comenzamos con la actividad sobre automatización [fase 5] no leímos las preguntas que estaban al inicio de la guía y, por lo tanto, teníamos en mente automatizar todos los dispositivos eléctricos. Sin embargo, al momento de proponer la solución, uno integrante mencionó que no era posible automatizar todo y, en efecto, cuando observamos nuestra versión inicial del modelo [fase 3] concluimos que no era posible ni tenía sentido automatizar todos los dispositivos. Por ejemplo, ¿de qué sirve que la nevera funcione por intervalos de tiempo si los alimentos requieren una cadena de frío? Preguntas en ese sentido permitieron clasificar los dispositivos y finalmente proponer una versión final [fase 5]” (E10, Entrevista).
- “El simulador sirvió como ese momento de ensayo y error para mejorar la versión previa del ejercicio [fase 3]. Lo primero es comprender la teoría [fase 2: Ley de Ohm] para más adelante confrontar esas ideas con su utilidad [práctica]. Es decir, lo aprendido no sólo se queda en una comprensión teórica, sino que es un elemento necesario para solucionar problemas reales” (E2, Entrevista).
- “La herramienta *Tinkercad* era clave en tanto permitía elaborar circuitos sin necesidad de llevarlos a un plano real [fase 3]. Lo que, a su vez, hizo posible comprobar si habíamos comprendido la teoría para más adelante llevarlo a la práctica. En caso de presentar fallas, pensábamos una solución integral teniendo en cuenta que existían factores externos (p. ej. Dispositivos en mal estado o desgastados) que obstaculizan la práctica” (E7, Entrevista).

---

Pensamiento creativo	-Uso eficiente de la electricidad y los componentes de un circuito eléctrico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “Lo que realizamos en principio fue pensarnos las etapas del ejercicio [automatización de la distribución eléctrica de un hogar]. Para lograrlo, retomamos algunos conocimientos básicos de programación que aprendimos en nuestra formación complementaria, con ello resultó sencillo elaborar y agregar los códigos a la plataforma <i>Tinkercad</i>. En otras palabras, integrar los conocimientos previos sobre programación en el desarrollo del reto [automatización de la distribución eléctrica de un hogar] simplificó el trabajo” (E10, Entrevista).</li> </ul>
	-Desarrolla propuestas sostenibles y propone soluciones a partir de diferentes representaciones (p. ej. Mapa conceptual, diagramas de flujo, tablas).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “Conocer los elementos básicos de un circuito eléctrico genera interés en comprender cómo funciona la electricidad en el hogar y, a partir de un análisis riguroso, confirmar si es posible automatizar algunos dispositivos para, por un lado, ahorrar energía y, por el otro, contribuir al medio ambiente” (E10, Entrevista).</li> <li>• “Para el desarrollo del último ejercicio [fase 5], una estrategia que nos ayudó fue imaginarnos en la situación. Por ejemplo, ¿cuánto tiempo consume una persona en la cocina? Cuando lo realice no me llevó mucho tiempo, situación que los demás integrantes confirmaron. Es decir, el equipo se sumergió (imaginó) en el problema para facilitar la estipulación de tiempos. Aún con ello, existieron casos que no fueron posibles de replicar porque ninguno contaba con el dispositivo, por ejemplo, la cafetera” (E2, Entrevista).</li> <li>• “Después de tener acabada la primera versión del modelo de distribución [fase 3], continuamos con los procesos de automatización [fase 5]. Primero identificamos los leds que debían permanecer encendidos en todo momento (p. ej. modem de internet, el teléfono, la nevera y el horno eléctrico) para lograr una propuesta sostenible. Luego de ello, empezamos a construir el código de manera ordenada, es decir, habitación por habitación y guiados por la descripción del problema” (E7, Entrevista).</li> </ul>
Comunicación y colaboración	-Incentiva la aceptación y el respaldo del equipo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “Además de prestar atención, dividirnos el trabajo entre las integrantes funcionó bien. Todas entendíamos el propósito del trabajo; aún con ello, decidimos dividir las tareas para que fuera más sencillo” (E9, Entrevista).</li> </ul>
	-Apunta a la claridad en el equipo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “Nuestro equipo gestionó otras reuniones aparte de las asesorías, allí se habló sobre cuál era el objetivo de la guía, qué elementos eran necesarios para llevar a cabo la solución y, por último, repartir las tareas según las habilidades de</li> </ul>

	<p>-Establece pautas sobre cómo deben comunicarse y trabajar juntos.</p>	<p>cada integrante. Por ejemplo, el primero se encargó de realizar el código; el segundo se encargó de la parte estética del modelo y su representación; el último (o sea yo) me encargue del diagrama de flujo [fase 5]" (E2, Entrevista).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• “Comenzamos viendo vídeos y los recursos del Classroom en relación con la guía. Luego, cada integrante realiza la lectura con el objetivo de tener una idea más consolidada de la temática o de los objetivos del trabajo. Más adelante, nos reunimos virtualmente y, cada una, aportaba su comprensión de lo íbamos a realizar, se discutía, se consensuaba y, por último, asignamos tareas. Por ejemplo, elaborar el circuito en <i>Tinkercad</i>, realizar cálculos, diagramas, etcétera” (E7, Entrevista).</li> </ul>
	<p>-Desarrolla la capacidad para comprender uno o varios conceptos y utilizarlos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “En lo personal esta experiencia [circuito eléctricos] me aportó mucho porque no solo me enseñó un tema de física del que no tenía ni idea, sino también a que se puede, aparte de trabajar muy bien en equipo, crear un plan y un orden, a través del cual se le puede dar una solución en otro caso inesperado a un problema en algún contexto” (E9, Entrevista).</li> </ul>
Metacognición	<p>-Reflexiona respecto a la utilidad de lo que se ha aprendido.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “Hoy en día es necesario que algunas de las tareas que realizamos diariamente no consuman tanto tiempo, por ello es importante considerar la opción de que esas actividades se desarrollen de manera automática [proceso de automatización]. Esta manera de resolver las actividades rutinarias también se puede aplicar a otras instancias de la vida; quizá en este momento no lo haga, pero en un futuro lo aprovecharé porque es algo que el avance tecnológico demanda en nuestras vidas” (E3, Entrevista).</li> </ul>
	<p>-Valora y reconoce sus puntos fuertes y puntos débiles.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “Desde un principio tenía claro que el modelo de solución, que se elaboró a partir de <i>Tinkercad</i> [fase 3], quizá no iba a funcionar de manera correcta. Era una preocupación que se confirmó en la práctica [fase 4], allí fue donde surgieron los problemas. Por ejemplo, cuando el equipo armó el circuito, de acuerdo al modelo en <i>Tinkercad</i>, no prendieron algunos leds, después de analizar un poco la situación (¿Por qué no encienden?) nos percatamos que la batería tenía un uso considerable, es decir, no tenía el voltaje suficiente [9 volts] para encender todos los leds” (E10, Entrevista).</li> </ul>
	<p>-Reconoce en qué situación distinta a la inicial puede replicar la solución.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “A principio de año [2021] explicaron un poco acerca de este proceso para la solución de problemas cotidianos. Recuerdo que uno de ellos era desmenuzar un problema</li> </ul>

---

Aprender a aprender		[descomposición de problemas] para después plantear y, a su vez, reorganizar una solución. Lo importante de estos procesos es su versatilidad, es decir, se puede aplicar a distintos problemas. En ese sentido, la manera en cómo pensamos la solución del reto [todas las fases] no debe limitarse a la realización de un código, sino que es posible articular esa estrategia de solución a todo tipo de ámbito” (E2, Entrevista).
	-Ocupa mejores decisiones en cada situación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “Los temas que trabajamos durante este periodo (energía y circuitos eléctricos) se pueden llevar, desde mi juicio, a entornos fuera de lo académico. Por ejemplo, todo esto de los circuitos eléctricos y el consumo responsable de energía eléctrica son contenidos útiles no sólo para el curso de física, sino para la vida: preguntas como ¿Cuánta energía promedio gasta mi familia en el hogar? ¿Cómo reducir el gasto de energía? Son importantes para aportar a la economía individual y al medio ambiente” (E7, Entrevista).</li> </ul>
	-Logra una visión integral para analizar todas las variables que influyen en el proceso de aprendizaje (fortaleces y debilidades).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “Considero que este tipo de experiencias: que involucran elementos teóricos [Ley de Ohm] y prácticos [construcción de circuitos en placa de prueba] al mismo tiempo, desafía al estudiante no sólo en la comprensión de los conceptos, sino en la práctica misma: ¿Cómo utilizó la protoboard? ¿Cómo se conectan los diferentes dispositivos [Leds, cables, baterías]?” (E3, Entrevista).</li> <li>• “En la última parte del ejercicio [automatización de la distribución eléctrica de un hogar] presentamos un problema: el código, que estaba bien estructurado, no funcionó en la distribución eléctrica, por lo tanto, fue necesario buscar otras alternativas (asesorías, vídeos adicionales, revisiones, etc.) de solución” (E10, Entrevista).</li> </ul>
-Reconoce estrategias de aprendizaje eficientes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “Una de las estrategias que ayudó en este proceso fue la documentación. Un ejemplo de esto es el material que se subió a <i>Classroom</i>. Por otro lado, los conocimientos elementales sobre circuitos eléctricos [fase 2] ayudó a que la realización de la última fase [fase 5] fuera de forma ágil” (E5, Entrevista).</li> </ul>	

---

*Nota:* elaboración propia con base en las evidencias del diario de campo.

Con base en la **Tabla 5**, la implementación realizada en esta investigación fomentó las Habilidades del Siglo XXI en cinco de las categorías propuestas por Salamanca y Badilla (2019) y en múltiples



dimensiones en cada una de ellas. En este sentido, en el proceso de construcción del conocimiento disciplinar fue necesario aprender técnicas y habilidades transversales como el pensamiento crítico, el pensamiento creativo, la comunicación, la metacognición o el aprender a aprender. Las habilidades mencionadas también se corresponden con propuestas teóricas como la de Beers (2011), quien las categoriza habilidades del mismo estilo como *Habilidades para la carrera y para la vida, y uso efectivo de la información*; o las de Wagner (2008), quien describe habilidades similares bajo el nombre de *pensamiento crítico y solución de problemas, colaboración y liderazgo, y acceso y análisis de la información*.

Los resultados, al ser analizados bajo la perspectiva de Salamanca y Badilla (2019), además de mostrar coherencia con algunas de las propuestas teóricas frente a las Habilidades del Siglo XXI, también presentan similitudes con propuestas de organizaciones regionales como la OCDE y AT21CS. Para la primera organización, las habilidades cognitivas se engloban en una dimensión de la información, del que se derivan habilidades como buscar, seleccionar, evaluar y organizar información y en una dimensión de la comunicación, en la que se hace especial énfasis en las habilidades de colaboración (Ananiadou y Claro, 2009). Por su parte, el modelo de Habilidades del Siglo XXI propuesto por el *Assessment and Teaching of 21st Century Skills consortium* también presenta algunas similitudes con las habilidades cognitivas evidenciadas en este trabajo. En particular, las que esta organización denomina *formas de pensar, y formas de trabajar*; las cuales incluyen la creatividad, el pensamiento crítico, la metacognición y el trabajo en equipo.

Con base en todo lo mencionado en este apartado, el desarrollo de las habilidades del Siglo XXI en un proceso de enseñanza de los circuitos eléctricos tiene un alto potencial, dado que, a partir de estrategias basadas en el PC, como las descritas en este trabajo, es posible fomentar una amplia gama de habilidades que van más allá de los conocimientos disciplinares, por lo que se enfocan, en general, en los procesos cognitivos de los estudiantes. Para este tipo de habilidades en particular, el diseño de un problema complejo fue clave, por lo cual también aporta a confirmar la necesidad de que las características de las estrategias de PC se basen en el diseño de un problema complejo y con vigencia.

### 5.2.2 Alfabetización digital

Durante todo el trabajo de campo, los estudiantes debieron usar de forma activa diferentes plataformas digitales y físicas para la solución del problema. Las actividades se gestionaban en *Classroom*, un Entorno Virtual de Aprendizaje con la posibilidad de generar procesos de comunicación interactivos. En este contexto, los estudiantes compartieron sus avances y tenían disponibles recursos educativos complementarios para ayudar en su proceso de solución del problema. A su vez, se hizo uso de *Tinkercad*, un recurso digital con un entorno de simulación y programación que permitió diseñar los primeros prototipos. Finalmente, se programaron las placas Arduino reales y se instalaron los montajes en placas de prueba para su fase final. En este proceso, los productos de los estudiantes y sus posteriores reacciones en entrevistas muestran una serie de habilidades relacionadas con la búsqueda eficiente de información y al uso de microcontroladores y la interpretación de los datos físicos del problema. Al respecto, los estudiantes se manifiestan con relación a su aprendizaje del uso de la plataforma y la construcción de simulaciones robustas a partir del conocimiento profundo de las posibilidades que ofrecían las tecnologías digitales. En la **Tabla 6** se amplía sobre la información anterior.

**Tabla 6**

*Componentes de la alfabetización digital en los registros de la información*

Expresiones de los participantes	Componentes de la alfabetización digital
<ul style="list-style-type: none"> <li>• “Debido al poco conocimiento de la plataforma [<i>Tinkercad</i>], observe los vídeos que subieron a <i>Classroom</i>, aún con ello, no era claro el funcionamiento de la plataforma en general, tampoco estaba acostumbrada a ver vídeos. En consecuencia, me di a la tarea de explorar diferentes contenidos en la web [sitios web, vídeos, blogs] que, en últimas, ayudó a la comprensión de la plataforma, al principio fue complejo” (E9, Entrevista).</li> <li>• “Una de las estrategias que ayudó en este proceso fue la documentación, un ejemplo de esto es el material que se subió a <i>Classroom</i>. En este sentido, la búsqueda de información adicional respecto a la herramienta y la elaboración de códigos [fase 2] ayudó a que la realización de la última fase [fase 5] se llevara a cabo de forma ágil” (E5, Entrevista).</li> </ul>	<p>Búsqueda eficiente de información relevante para la solución del problema.</p>

- 
- Supongo que la atención que prestaron los otros grupos de trabajo a los vídeos fue poca y más bien se fueron más por una parte de ensayo y error o buscaron otros recursos [vídeos cortos, sitios web] situación que al final también les salió bien” (E1, Entrevista).
  - “Desde un principio tenía claro que el modelo de solución, que se elaboró a partir del simulador, quizá no iba a funcionar de manera correcta. Era una preocupación que se confirmó en la práctica [fase 4], allí fue donde surgieron los problemas. Por ejemplo, cuando el equipo armó el circuito, de acuerdo con el modelo en *Tinkercad*, no prendieron algunos leds, después de analizar un poco la situación (¿Por qué no encienden?) nos percatamos que la batería tenía un uso considerable, es decir, no tenía el voltaje suficiente [9 volts] para encender todos los leds” (E10, Entrevista).
  - “Para el desarrollo del último ejercicio [fase 5], una estrategia que nos ayudó fue imaginarnos en la situación. Por ejemplo, ¿Cuánto tiempo se lleva una persona en la cocina? Cuando lo realice no me llevó mucho tiempo, situación que los demás integrantes confirmaron. Es decir, el equipo se sumergió (imaginó) en el problema para facilitar la estipulación de tiempos” (E2, Entrevista).
  - “Uno de los desafíos que presentó el grupo fue el tiempo: el equipo no tenía claro si, por ejemplo, se debía considerar el tiempo de tránsito entre cada una de las habitaciones y, por lo tanto, tampoco era claro el tiempo final del problema. Por ejemplo, al inicio de la descripción del problema dice que *la persona se demora 40 minutos dentro de la casa*, tiempo que podíamos manipular y distribuir en las tareas que los personajes debían desarrollar, allí fue donde surgió otro problema. Aún con todo esto, fue posible presentar una solución” (E7, Entrevista).

Uso de microcontroladores y la interpretación y análisis de datos físicos en las plataformas.

---

*Nota:* elaboración propia con base en el diario de campo.

En la **Tabla 6** se identifican seis episodios en los cuales es posible evidenciar dos habilidades clave con relación a la *alfabetización digital*: búsqueda eficiente de información para resolver el problema; y uso de microcontroladores e interpretación y análisis de datos físicos en las plataformas. La primera de ellas se da a través del uso de las tecnologías digitales para afianzar sus conocimientos en el uso de las simulaciones y en el proceso de programación de los algoritmos; mientras que la segunda se da a partir

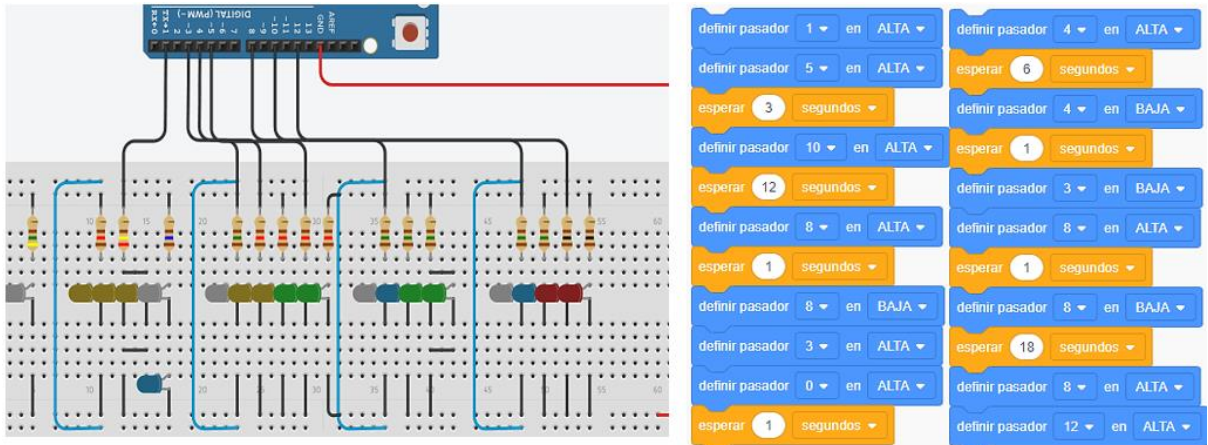
del proceso de llevar el modelo computacional a la realidad con los Arduino y las placas de prueba, para lo que fue necesario adquirir conocimientos no solo de programación sino también de electrónica básica.

Los planteamientos del párrafo anterior, al contrastarlos con las Habilidades propuestas por Salamanca y Badilla (2019), se corresponden en al menos tres aspectos. La alfabetización en tecnologías digitales, que refiere al dominio de conceptos y herramientas para *generar nuevo conocimiento* a través de las tecnologías de la información y la comunicación. Esto se evidenció en los procesos de creación de modelos eléctricos y computacionales a partir de las plataformas propuestas para ello. Por su parte, también se corresponde con relación a la alfabetización en medios e internet, que refiere al dominio de conceptos y herramientas para generar nuevo conocimiento a través de internet y los medios de comunicación, la cual se evidenció a partir de la capacidad de generar procesos autodidactas para aprender a programar y sacar el máximo provecho de las simulaciones. La última correspondencia entre los resultados de este proceso y los planteamientos teóricos de Salamanca y Badilla (2019) se da en las habilidades de programación, en las cuales los estudiantes deben usar los principios de lenguajes para computadoras y crear aplicaciones; esto último fue evidenciado en los procesos de automatización de los modelos eléctricos usando programación por bloques.

En particular, la habilidad digital que más destacó con relación a la *alfabetización digital* fue la programación. En este proceso, los estudiantes dieron cuenta de diferentes formas de aproximarse a un mismo problema y solucionarlo, lo cual generó discusiones grupales sobre aquellas soluciones que podrían implementarse de forma más fácil en un contexto real. Frente a esto, en la **Figura 9**, se presenta el proceso de simulación y programación de uno de los grupos. En esta figura, se evidencia un algoritmo simple, pero que a su vez es eficiente para prender cada LED en el momento indicado, dado que hicieron un trabajo previo para calcular los tiempos con la mayor precisión posible.

**Figura 9**

*Proceso de simulación y programación de uno de los grupos*



*Nota:* En esta imagen, a la izquierda se presenta el modelo computacional que simula el sistema eléctrico de una casa y es automatizado por el Arduino Uno. A la derecha se presenta el código usado para la automatización.

Para diferentes autores, las habilidades de programación se consolidan como uno de los componentes fundamentales para que los estudiantes se conviertan en ciudadanos competentes frente a lo digital en una actualidad totalmente permeada por los procesos tecnológicos (Weintrop et al., 2016; Voogt y Roblin, 2012; Brennan y Resnick, 2012). A su vez, las diferentes organizaciones incluyen en sus interpretaciones a la programación como una habilidad protagónica en las sociedades del siglo XXI, como es el caso de la OCDE, el AT21SC o el P21. En esa línea de ideas, los avances de esta implementación con relación al fomento de las habilidades de programación se consolidan como un logro importante que trasciende a los conocimientos de circuitos eléctricos, que eran el objetivo principal.

### **5.2.3 Alfabetización ambiental**

Luego del desarrollo de la implementación, las entrevistas con los estudiantes participantes permitieron evidenciar que el proceso llevado a cabo para solucionar los problemas propuestos en esta investigación fomenta la adquisición de habilidades relacionadas con la *alfabetización ambiental*. Al respecto, en la **Tabla 6** se presenta un contraste entre las perspectivas de los participantes frente a la importancia de optimizar los procesos de consumo energético en la actualidad. En esta comparación se

presentan las respuestas a una pregunta inicial, que fue propuesta en los recursos educativos iniciales y las respuestas a una pregunta final, luego de todo el proceso de implementación, propuesta en las entrevistas semiestructuradas. Ambas preguntas pretendían dar cuenta del nivel de reflexión de los participantes frente a las problemáticas energéticas de la actualidad. Los resultados de este ejercicio muestran que luego del proceso el nivel de reflexión subió notablemente y se construyeron argumentos con mayor nivel de profundidad para justificar la necesidad de hacer un uso eficiente de la energía eléctrica.

**Tabla 7**

*Comparación entre pregunta inicial y pregunta final*

<b>Pregunta inicial</b> Aparte de los beneficios económicos que esto podría tener ¿Existen otros argumentos por los cuáles valga la pena optimizar el consumo de energía?	<b>Pregunta final</b> ¿Considera importante retomar experiencias vinculadas con las problemáticas medioambientales en los procesos educativos?	<b>Interpretación</b>
“El primero es el aporte al medio ambiente: si las personas utilizamos menor energía eléctrica es posible lograr una disminución en el uso de energía no renovables. El segundo es un mejor rendimiento de los electrodomésticos en el hogar en tanto la energía suministrada sea por intervalos de tiempo. El último es contribuir a la innovación y creación de patentes que apoyen el progreso sostenible de la sociedad” (E10, Manuscrito).	“Por supuesto, actualmente la humanidad afronta un problema de grandes dimensiones: la contaminación no sólo de recursos sólidos, sino también la emisión de gases y otras sustancias nocivas. La contaminación se ha convertido en un problema que le cuesta al ambiente y a la salud del ser humano. Es por ello que es importante retomar desde otras asignaturas y no sólo desde el área de ciencias naturales, los asuntos medioambientales y las alternativas de solución” (E10, Entrevista).	Se reconoce la necesidad de proponer estrategias educativas que busquen incentivar el uso consciente y eficiente de la energía eléctrica y otros tipos de energía.  Los estudiantes reconocen la necesidad de discutir y tomar acción con relación a las problemáticas medioambientales tanto en los procesos educativos como en los dominios que van más allá de lo académico, como lo político o industrial.
“El primero es el aporte al problema del medio ambiente: ayudar a ser conscientes respecto	“Es algo que ignoraba en un principio. Sin embargo, después de observar los resultados cuantitativos	

al consumo de energía eléctrica y sus implicaciones no solo en el hogar, sino también en los ecosistemas. Por ejemplo, las centrales hidroeléctricas generan perjuicios ambientales y sociales. Otro ejemplo, es la emisión de gases o sustancias nocivas por centrales de carbón. Son varios los asuntos medioambientales que tienen relación con el consumo de energía eléctrica en el hogar, es por ello que un consumo regulado conlleva a una disminución en el deterioro del planeta” (E9, Manuscrito).

“Disminuir el consumo de energía permite que las empresas prestadoras de estos servicios no exploten la misma cantidad de recursos naturales. Por ejemplo, la emisión de gases hacia la atmósfera disminuye de forma considerable en tanto no requiere de recursos no renovables (p. ej. Combustibles fósiles) para satisfacer la demanda estándar. De manera similar, al disminuir el consumo de energía eléctrica en nuestros hogares no sería necesario la construcción de nuevas centrales hidroeléctricas, pues no es necesario en tanto el consumo de energía siga en baja. Todas estas iniciativas evitan daños medioambientales no solo en los ecosistemas, sino también en los territorios en donde se pueden llevar a cabo estos proyectos” (E5, Manuscrito).

respecto al consumo de energía y su respectivo impacto medioambiental, caí en cuenta de lo importante que es el consumo eficiente de energía en el hogar. Hoy en día se habla mucho sobre el cuidado del medio ambiente y otros asuntos medioambientales, aún con ello sigue siendo un tema ignorado no solo por las personas, sino también por la educación” (E9, Entrevista).

“Para nadie es un secreto que la situación medioambiental es compleja. El cambio climático es un ejemplo de la situación. Por ello, los planes de clase de otras asignaturas y no sólo el área de ciencias naturales, deberían integrar los asuntos medioambientales en los contenidos del curso. Es triste que, por ejemplo, en áreas como ciencias naturales no se preste atención al manejo adecuado de los residuos sólidos. Es desde ahí que surge la oportunidad de enseñar a partir de problemas reales y con sentido; como lo es, por ejemplo, el caso de los circuitos eléctricos” (E5, Entrevista).

---

*Nota:* elaboración propia con base en los manuscritos de los participantes y sus respectivas entrevistas.

En los tres episodios presentados en la **Tabla 6** se muestra una evolución en los argumentos construidos por los participantes en el estudio. En el primero, el entrevistado codificado como E10 evoluciona en sus argumentos al mostrar un claro interés por la necesidad de generar procesos educativos que concienticen a las personas frente a su uso de la energía en diferentes dimensiones (p. ej. salud, economía), además que retoman la necesidad de trascender una sola disciplina en la cual se discutan las temáticas relacionadas con el medio ambiente y, por lo tanto, generar discusiones y procesos interdisciplinarios para aportar a la solución de este problema. Por su parte, los dos episodios restantes presentados en la tabla muestran que los estudiantes construyeron argumentaciones que reconocen que los meros procesos educativos no son suficientes para abordar el problema, por lo cual tuvieron en cuenta asuntos como lo político y los intereses industriales en el análisis de su complejidad.

Para Garay y Quintana (2019) la *alfabetización ambiental* se refiere al dominio de conceptos y herramientas para generar nuevos conocimientos a través del cuidado del medio ambiente. Por su parte, el trabajo de campo permitió evidenciar que, en la solución del problema propuesto, los estudiantes desarrollaron reflexiones y construyeron dispositivos con el cuidado del medio ambiente entre sus objetivos todo el tiempo. En este sentido, una problemática compleja, unida con el uso de estrategias basadas en el pensamiento computacional para su solución, fomentaron la alfabetización ambiental. Esto permite que los estudiantes usen sus aprendizajes en conocimientos disciplinares para aportar al desarrollo de la sociedad, al tiempo que desarrollan las habilidades necesarias para adaptarse a una sociedad cambiante en el contexto de la 4RI.



## 6. Consideraciones finales

Este trabajo de investigación tuvo por objetivo analizar el desarrollo de habilidades del siglo XXI a partir del Pensamiento Computacional (PC) en la enseñanza de los circuitos eléctricos. Para lograrlo, se desarrolló un proceso de implementación de actividades basadas en el PC para la enseñanza de los circuitos eléctricos. Esta experiencia fue sistematizada y, en su fase de reconstrucción analítica, se analizó la información recolectada a partir de la triangulación entre diferentes fuentes de información y entre los investigadores (Flick, 2014). Los resultados fueron organizados en función de los dos objetivos específicos propuestos: i) *determinar las características necesarias para la construcción de recursos educativos que integren el PC en la enseñanza de los circuitos eléctricos* y ii) *categorizar los aportes del PC al desarrollo de habilidades del siglo XXI en las clases de circuitos eléctricos*.

En coherencia con lo planteado en el párrafo anterior, se determinaron en este estudio dos características necesarias para la construcción de recursos educativos que integren el PC en la enseñanza de los circuitos eléctricos: i) *plantear problemas complejos, vigentes y con diversas soluciones* y ii) *el uso de estrategias digitales para su solución*. Asimismo, se categorizaron los aportes de las estrategias usadas, basadas en el PC, para desarrollar habilidades del siglo XXI en las clases de circuitos eléctricos, en tres dimensiones: *habilidades cognitivas, alfabetización digital y alfabetización ambiental*.

Los análisis de los resultados permiten concluir que el PC se consolida como una estrategia con alto potencial para ser integrada en los procesos educativos en física, más particularmente en la enseñanza de los circuitos eléctricos. El PC como un recurso metodológico permitió que los estudiantes explorarán de forma libre diferentes soluciones para un problema complejo y vigente de forma sistemática y haciendo uso de diversas herramientas digitales para hacer el proceso más eficiente. En particular, se destaca la importancia de combinar el PC con la solución de problemáticas actuales y con niveles de complejidad altos con relación al nivel educativo en el que se integren. Más aún, en esta implementación, las prácticas de pensamiento sistémico privilegiadas desde la integración del PC, posibilitaron directamente desarrollar diferentes habilidades del siglo XXI, como el pensamiento crítico, la creatividad y el trabajo colaborativo; mientras que las prácticas más operativas del PC (p. ej. la descomposición de problemas; la abstracción y la programación) se consolidaron como una fuente clave para el fomento de las habilidades del siglo XXI basadas en la alfabetización digital.

Si bien en este trabajo el uso de herramientas digitales fue fundamental para el desarrollo de propuestas basadas en el PC, dado que la finalidad ulterior era la automatización a través de la programación, existen en la literatura diferentes autores que presentan perspectivas teóricas y didácticas para integrar actividades basadas en el PC y sin el uso de aparatos electrónicos (p. ej. Zapata-Ros, 2019; Caeli y Yadav, 2020). En este sentido, este trabajo deja abierta la pregunta para futuras investigaciones, sobre el potencial de integrar actividades desenchufadas de PC a fenómenos la enseñanza de fenómenos físicos como los circuitos; este tema puede ser de alto interés para ser abordado en posteriores investigaciones, considerando que, en nuestra región, una gran parte de la población aún no tiene acceso a una computadora con conexión estable a internet.

Adicional a lo mencionado, el desarrollo de este trabajo permitió que los estudiantes, de forma transversal al proceso de construcción de conocimientos disciplinares, desarrollaran habilidades clave para desenvolverse en contextos rápidamente cambiantes como el de la Cuarta Revolución Industrial. En este proceso fue clave presentar el conocimiento disciplinar a partir de situaciones reales y con las cuales los estudiantes tenían la oportunidad de interactuar e intervenir. Así, hicieron consciencia de la importancia de optimizar el uso de energía eléctrica y de la importancia de considerar el rol de las tecnologías en muchos de los ámbitos de sus vidas, tanto en la actualidad como en futuros cercanos.

Este trabajo puede consolidarse como un primer paso para continuar con la exploración de las Habilidades del Siglo XXI a partir del PC en las clases de física en nuestra región. Esto porque presenta resultados positivos al integrar el conocimiento disciplinar en física con estrategias basadas en el PC, con lo cual, en el futuro se pueden desarrollar investigaciones con un mayor alcance y que puedan aportar más características necesarias de los recursos educativos basados en el PC para integrarlos en la enseñanza de diferentes temáticas de ciencias. Al mismo tiempo, futuros trabajos podrán explorar más dimensiones de las habilidades del siglo XXI de las que se tuvieron en cuenta en esta investigación.

Finalmente, se reconocen en este trabajo potenciales elementos para ampliar en futuras investigaciones. Entre ellas, se destaca la necesidad de implementar estrategias que, aparte de aportar en la comprensión de los fenómenos físicos involucrados en el problema, también ayuden a desarrollar los elementos operativos relacionados con las matemáticas (p. ej. El álgebra y los diferentes cálculos que se necesitó realizar). Lo anterior es importante dado que fue uno de los desafíos que se presentó con mayor frecuencia en esta implementación. Para ello, la conexión entre la modelación matemática y el

Pensamiento Computacional (p. ej. Villa-Ochoa et al., 2022) pueden consolidarse como un factor clave para este tipo de proyectos.

### Referencias

- Ananiadou, K. and M. Claro (2009), "21st Century Skills and Competences for New Millennium Learners in OECD Countries", OECD Education Working Papers, No. 41, OECD Publishing. <http://doi.org/10.1787/218525261154>
- Arce Guerrero, S. (2019). *Integración de los desafíos creativos colaborativos al semillero de solución de problemas: una experiencia para propiciar el desarrollo de habilidades del siglo XXI en estudiantes de primer semestre*. Conferencia.
- Barr, D., Harrison, J., & Conery, L. (2011). Computational thinking: A digital age skill for everyone. *Learning & Leading with Technology*, 38(6), 20-23.
- Basogain, X., Olabe, M. A., Olabe, J. C., Rico, M. J., Rodríguez, L., & Amórtegui, M. (2017). Pensamiento computacional en las escuelas de Colombia: colaboración internacional de innovación en la educación.
- BBC News Mundo. (2019). Cambridge Analytica: la multa récord que deberá pagar Facebook por la forma en que manejó los datos de 87 millones de usuarios. *NOTICIAS DE LA BBC*. 5 de mayo de 2022, de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-49093124>
- Beers, S. (2011). 21st century skills: Preparing students for their future.
- Bucci, S., Schwannauer, M., & Berry, N. (2019). The digital revolution and its impact on mental health care. *Psychology and Psychotherapy: Theory, Research and Practice*, 92(2), 277-297. <https://doi.org/10.1111/papt.12222>
- Brennan, K., & Resnick, M. (2012, April). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. In Proceedings of the 2012 annual meeting of the American educational research association, Vancouver, Canada (Vol. 1, p. 25).
- Bundy, A. (2007). Computational thinking is pervasive. *Journal of Scientific and Practical Computing*, 1(2), 67-69.
- Butler-Adam, John. (2018). The Fourth Industrial Revolution and education. *South African Journal of Science*, 114(5-6), 1-1. <https://doi.org/10.17159/sajs.2018/a0271>
- Carvajal Burbano, A. (2007). *Teoría y práctica de la sistematización de experiencias*. Programa Editorial Universidad del Valle.
- Caeli, E. N., & Yadav, A. (2020). Unplugged approaches to computational thinking: A historical perspective. *TechTrends*, 64(1), 29-36. <https://doi.org/10.1007/s11528-019-00410-5>

- 
- Cano Vásquez, L. M., & Ángel Uribe, I. C. (2020). *Medellín Territorio STEM+ H: un diagnóstico de la Secretaría de Educación de Medellín sobre el desarrollo del enfoque en las instituciones educativas de la ciudad*. Universidad Pontificia Bolivariana. <http://doi.org/10.18566/978-958-764-837-9>
- Care, E., Scoular, C., & Griffin, P. (2016). Assessment of collaborative problem solving in education environments. *Applied Measurement in Education*, 29(4), 250-264. <https://doi.org/10.1080/08957347.2016.1209204>
- Care, E., Griffin, P., & Wilson, M. (2018). *Assessment and Teaching of 21st Century Skills. Research and Applications*. Springer.
- Carmona-Mesa, J. A., Krugel, J., & Villa-Ochoa, J. A. (2020b). La formación de futuros profesores en tecnología. Aportes al debate actual sobre los Programas de Licenciatura en Colombia. En A. Richit & H. Oliveira (Eds.), *Formação de professores em contextos permeados pelas tecnologias digitais. Brazil: Livraria da Física*.
- Carmona-Mesa, J. A., Cardona, M. E., y Castrillón-Yepes, A. (2020a). Estudio de fenómenos físicos en la formación inicial de profesores de Matemáticas. Una experiencia con enfoque STEM. *Uni-Pluriversidad*, 20(1). doi:10.17533/udea.unipluri.20.1.02
- Carmona-Mesa, J. A., Castrillón-Yepes, A., Quiroz-Vallejo, D. A., y Villa-Ochoa, J. A., (2021). *Integración del Pensamiento Computacional en educación primaria y secundaria: documento de posición*. Medellín: Siemens Stiftung, Siemens Caring Hands y Universidad de Antioquia.
- Carmona-Mesa, J. A, Quiroz-Vallejo, D. A, Villa-Ochoa, J. A (2022). Conocimiento Disciplinario de Profesores de Matemáticas y Ciencias sobre el Diseño y Comprensión de Algoritmos de Programación de Robots. En: Merdan, M., Lepuschitz, W., Koppensteiner, G., Balogh, R., Obdržálek, D. (eds) Robotics in Education. RiE 2021. *Avances en Sistemas Inteligentes y Computación*, vol 1359. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-82544-7\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-030-82544-7_16)
- Castaño, A., Saenz, J. D., Ávila, C., Bianchá, H., Segura, J., & López-García, J. (2019). Sistematización de Prácticas educativas: Guía conceptual para educadores. *EduTEKA*, No. 7–2019, (7), 1-38. <http://doi.org/10.18046/edukafe.2019.7>
- Chalkiadaki, A. (2018). A Systematic Literature Review of 21st Century Skills and Competencies in Primary Education. *International Journal of Instruction*, 11(3), 1-16. <https://doi.org/10.12973/iji.2018.1131a>
- Corzo, German D., & Alvarez-Aros, Erick L.. (2020). Estrategias de competitividad tecnológica en la conectividad móvil y las comunicaciones de la industria 4.0 en Latinoamérica. *Información tecnológica*, 31(6), 183-192. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000600183>

- Costa, E. J. F., Campos, L. M. R. S., & Guerrero, D. D. S. (2017, October). Computational thinking in mathematics education: A joint approach to encourage problem-solving ability. In *2017 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1-8). IEEE. <https://doi.org/10.1109/FIE.2017.8190655>
- Cuny, J., Snyder, L., & Wing, J. M. (2010). Demystifying computational thinking for non-computer scientists. *Unpublished manuscript in progress, referenced in <http://www.cs.cmu.edu/~CompThink/resources/TheLinkWing.pdf>.*
- Davis, N. (2016, January). What is the fourth industrial revolution. In *World Economic Forum* (Vol. 19).
- Dede, C. (2010). Comparing frameworks for 21st century skills. En J. Bellanca, & R. Brandt, *21st century skills: rethinking how students learn* (pp. 51-76). Bloomington: Solution Tree Press.
- Denning, P. J. (2017). Computational thinking in science. *American Scientist*, *105*(1), 13-17.
- Echeverría Samanes, Benito, & Martínez Clares, Pilar. (2018). Revolución 4.0, Competencias, Educación y Orientación. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, *12*(2), 4-34. <https://doi.org/10.19083/ridu.2018.831>
- Ekmekci, A., & Gulacar, O. (2015). A case study for comparing the effectiveness of a computer simulation and a hands-on activity on learning electric circuits. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *11*(4), 765-775. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1438a>
- Espinal, A., Vieira, C., & Magana, A. J. (2021, October). Professional Development in Computational Thinking for teachers in Colombia. In *2021 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1-4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/FIE49875.2021.9637310>
- Basogain, X., Olabe, M., Olabe, J., Rico, M., Rodríguez, L., & Amórtegui, M. (2017). Pensamiento computacional en las escuelas de Colombia: colaboración internacional de innovación en la educación.
- Fandiño Parra, Y. (2013). 21st century skills and the English foreign language classroom: A call for more awareness in Colombia. *Gist Education and Learning Research Journal*, *7*, 190-208.
- Flick, U. (2014). *La gestión de la calidad en Investigación Cualitativa* (1ª ed.). Ediciones Morata.
- Garay, I. S., & Quintana, M. G. B. (2019, April). 21st Century Skills. An Analysis of Theoretical Frameworks to Guide Educational Innovation Processes in Chilean Context. In *The International Research & Innovation Forum* (pp. 37-46). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-30809-4\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-30809-4_4)

- Gretter, S., Yadav, A. (2016). Computational Thinking and Media & Information Literacy: An Integrated Approach to Teaching Twenty-First Century Skills. *TechTrends*, 60(5), 510–516. <https://doi.org/10.1007/s11528-016-0098-4>
- Griffin, P., & Care, E. (Eds.). (2014). *Assessment and teaching of 21st century skills: Methods and approach*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9395-7>
- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational thinking in K–12: A review of the state of the field. *Educational researcher*, 42(1), 38-43. <https://doi.org/10.3102/0013189X12463051>
- Grover, S., Pea, R. (2018). Computational Thinking: A competency Whose Time Has Come. En Sentence, S., Barendsen, E., & Schulte, C. (Eds.), *Computer Science Education: Perspectives on Teaching and learning in school*. Bloomsbury Publishing.
- Han, B. (2021, October). On the Use of Technology in Education. A Case Study on the Application of Interdisciplinarity in Technical Education: The ECORE Tool. In *International Conference Interdisciplinarity in Engineering* (pp. 440-452). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-93817-8\\_41](https://doi.org/10.1007/978-3-030-93817-8_41)
- Harari, Y. N. (2016). *Homo Deus: Breve historia del mañana*. Debate.
- Hsu, T. C., Chang, S. C., & Hung, Y. T. (2018). How to learn and how to teach computational thinking: Suggestions based on a review of the literature. *Computers and Education*, 126, 296–310. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.07.004>
- Rodríguez-Alegre, L. R., Trujillo-Valdiviezo, G., & Egusquiza-Rodríguez, M. J. (2021). Revolución industrial 4.0: La brecha digital en Latinoamérica. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria KOINONIA*, 6(11), 147-162. <https://doi.org/10.35381/r.k.v6i11.1219>
- Ismail, A. A., & Hassan, R. (2019). Technical Competencies in Digital Technology Towards Industrial Revolution 4.0. *Journal of Technical Education and Training*, 11(3). <https://doi.org/10.30880/jtet.2019.11.03.008>
- Iversen, O. S., Smith, R. C., & Dindler, C. (2018, August). From computational thinking to computational empowerment: a 21st century PD agenda. In *Proceedings of the 15th Participatory Design Conference: Full Papers-Volume 1* (pp. 1-11). <https://doi.org/10.1145/3210586.3210592>
- Jiménez-Quintero, A. M. (2020). Sistematización de prácticas pedagógicas significativas en la carrera de licenciatura en educación infantil. *Formación universitaria*, 13(4), 69-80. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062020000400069>
- Jimenez-Gómez, J. (2021). *Diario de campo 1*. Información recolectada en la investigación.

- Jimenez-Gómez, J. (2021). *Diario de campo 2*. Información recolectada en la investigación.
- Jimenez-Gómez, J. (2021). *Diario de campo 3*. Información recolectada en la investigación.
- Jimenez-Gómez, J. (2021). *Diario de campo 4*. Información recolectada en la investigación.
- Jimenez-Gómez, J. (2021). *Diario de campo 7*. Información recolectada en la investigación.
- Jimenez-Gómez, J. (2021). *Diario de campo 8*. Información recolectada en la investigación.
- Jimenez-Gómez, J. (2021). *Diario de campo 9*. Información recolectada en la investigación.
- Jung, M. (2019). Digital health care and the fourth Industrial Revolution. *The health care manager*, 38(3), 253-257.  
<https://doi.org/10.1097/HCM.0000000000000273>
- Kayembe, C., & Nel, D. (2019). Challenges and opportunities for education in the Fourth Industrial Revolution. *African Journal of Public Affairs*, 11(3), 79-94.
- Koenig, J.A. *Assessing 21st Century Skills: Summary of a Workshop*. <https://www.learntechlib.org/p/159080/>
- Larson, L. C., & Miller, T. N. (2011). 21st century skills: Prepare students for the future. *Kappa Delta Pi Record*, 47(3), 121-123. <https://doi.org/10.1080/00228958.2011.10516575>
- Lodi, M. (2020). Informatical thinking. *Olympiads in Informatics: An International Journal*, 14, 113-132.  
<https://doi.org/10.15388/ioi.2020.9>
- Lu, J. J., & Fletcher, G. H. (2009, March). Thinking about computational thinking. In *Proceedings of the 40th ACM technical symposium on Computer science education* (pp. 260-264). <https://doi.org/10.1145/1508865.1508959>
- McComas, W. F. (2014). 21st century skills. In *The language of science education* (pp. 1-110). Brill Sense.
- Ministerio de Educación Nacional. (2008). *Ser competente en tecnología ¡Una necesidad para el desarrollo!* (1ª ed.). Espantapájaros Taller.
- Ministerio de Educación Nacional (2016). "Derechos básicos de aprendizaje en ciencias naturales", V.1.
- Moavenzadeh, J. (2015, October). The 4th industrial revolution: Reshaping the future of production. In *World Economic Forum*.
- Mohaghegh, M., & McCauley, M. (2016). Computational Thinking: The Skill Set of the 21st Century. *International Journal of Computer Science and Information Technologies (IJCSIT)*, 7(3), 1524-1530.
- Mpungose, C. B. (2020). Student Teachers' Knowledge in the Era of the Fourth Industrial Revolution. *Educ Inf Technol* 25, 5149–5165. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10212-5>



- 
- Mühleisen, M. (2018). The long and short of the digital revolution. *Finance & Development*, 55(002). <https://www.elibrary.imf.org/view/journals/022/0055/002/article-A002-en.xml>
- Nordin, N., & Norman, H. (2018). Mapping the Fourth Industrial Revolution global transformations on 21st century education on the context of sustainable development. *Journal of Sustainable Development Education and Research*, 2(1), 1-7. <https://doi.org/10.17509/jsder.v2i1.12265>
- Nouri, J., Zhang, L., Mannila, L., & Norén, E. (2020). Development of computational thinking, digital competence and 21st century skills when learning programming in K-9. *Education Inquiry*, 11(1), 1-17. <https://doi.org/10.1080/20004508.2019.1627844>
- Ortega, P. (2019). Los gestos de la práctica pedagógica. Una reflexión desde la pedagogía crítica. In A. Ghiso, *Sistematización de prácticas y experiencias educativas* (1st ed., pp. 23-36). Municipio de Medellín.
- Partnership for 21st Century Skills. (2006). A State Leaders Action Guide to 21st Century Skills: A New Vision for Education. Partnership for 21st Century Skills.
- Pedagogía 350 . *Cambio metodológico*. Incidentes críticos. (2019). Recuperado el 30 de abril de 2022, de <https://pedagogia350.blogspot.com/2019/03/incidentes-criticos.html>.
- Papert, S. (1980). *Teaching children to be mathematicians us. teaching about mathematics* (No. 249). Memo
- Penprase, B. E. (2018). The fourth industrial revolution and higher education. *Higher education in the era of the fourth industrial revolution*, 10, 978-981. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-0194-0\\_9](https://doi.org/10.1007/978-981-13-0194-0_9)
- Pérez, A. (2018). A framework for computational thinking dispositions in mathematics education. *Journal for Research in Mathematics Education*, 49(4), 424-461. <https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.49.4.0424>
- Quiroz-Vallejo D. A. (2020). Pensamiento Computacional, Currículo e Interdisciplinariedad. Una entrevista a Johannes Krugel. *Uni-Pluriversidad*, 20(1), 197-204. <https://doi.org/10.17533/udea.unipluri.20.1.11>
- Quiroz-Vallejo, D. A., Carmona-Mesa J. A., Castrillón-Yepes, A., & Villa-Ochoa, J. A. (2021). Integración del Pensamiento Computacional en la educación básica y media en Latinoamérica: una revisión sistemática de literatura. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 67 (Número especial).
- Rico, M. J., & Basogain Olabe, X. (2018). Pensamiento computacional: rompiendo brechas digitales y educativas. *Edmetec*, 7(1), 26-42. <https://doi.org/10.21071/edmetec.v7i1.10039>
- Ridwan, A., Rahmawati, Y., & Hadinugrahaningsih, T. (2017). STEAM integration in chemistry learning for developing 21st century skills. *MIER Journal of Educational Studies Trends & Practices*, 7(2), 184-194.

- Rode, J. A., Weibert, A., Marshall, A., Aal, K., von Rekowski, T., El Mimouni, H., & Booker, J. (2015, September). From computational thinking to computational making. In *Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing* (pp. 239-250).
- Romero, M., Lepage, A. & Lille, B. (2017). Computational thinking development through creative programming in higher education. *Int J Educ Technol High Educ* 14, 42. <https://doi.org/10.1186/s41239-017-0080-z>
- Rotherham, A. J., & Willingham, D. T. (2010). 21st-century" skills. *American Educator*, 17(1), 17-20.
- Ruta N. (2021). *Cuarta Revolución Industrial*. Ruta N Medellín. Retrieved 7 May 2021, <https://www.rutanmedellin.org/es/cuarta-revolucion-industrial>.
- Saavedra, A. R., & Opfer, V. D. (2012). Learning 21st-century skills requires 21st-century teaching. *Phi Delta Kappan*, 94(2), 8-13. <https://doi.org/10.1177/003172171209400203>
- Scepanovič, S. (2019, June). The fourth industrial revolution and education. In *2019 8th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO)* (pp. 1-4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/MECO.2019.8760114>
- Schlick, J. (2012, May). Cyber-physical systems in factory automation-Towards the 4th industrial revolution. In *2012 9th IEEE International Workshop on Factory Communication Systems* (pp. 55-55). IEEE. <https://doi.org/10.1109/WFCS.2012.6242540>
- Schwab, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. Currency.
- Shute, V. J., Sun, C., & Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 22, 142-158. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>
- Soskil, M. (2018). Education in a time of unprecedented change. In *Teaching in the Fourth Industrial Revolution* (pp. 8-24). Routledge.
- Spires, H., & Bartlett, M. (2012). Digital literacies and learning: Designing a path forward. *Friday Institute White Paper Series*, 5.
- Taalbi, J. (2019). Origins and pathways of innovation in the third industrial revolution. *Industrial and corporate change*, 28(5), 1125-1148. <https://doi.org/10.1093/icc/dty053>
- Tabesh, Y. (2017). Computational thinking: A 21st century skill. *Olympiads in Informatics*, 11(2), 65-70. <https://doi.org/10.15388/ioi.2017.special.10>
- Torres, A. (2019). Sabemos más de lo que sabemos. La sistematización de experiencias educativas. En A. Ghiso, *Sistematización de prácticas y experiencias educativas* (1ª ed., Págs. 53-73). Municipio de Medellín.

- 
- Tsekeris, C. (2019). Surviving and thriving in the Fourth Industrial Revolution: Digital skills for education and society. *Homo Virtualis*, 2(1),34-42. <https://doi.org/10.12681/homvir.20192>
- Turiman, P., Omar, J., Daud, A. M., & Osman, K. (2012). Fostering the 21st century skills through scientific literacy and science process skills. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 59, 110-116. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.253>
- Universidad de Antioquia. (s. f.). *Código de ética en investigación de la Universidad de Antioquia*. Universidad de Antioquia.
- Vásquez Rojas, L. I. (2018). Rediseño de pauta observación de clases para apoyar desarrollo profesional de profesores y formación en habilidades del siglo XXI de estudiantes: proyecto de intervención en colegio particular pagado de Ñuñoa, Santiago de Chile.
- Villa-Ochoa, J.A., Carmona-Mesa, J.A., Quiroz-Vallejo, D.A., Castrillon-Yepes, A., Farsani, D. (2022). Computational Thinking in Mathematical Modeling Projects. A Case Study with Future Mathematics Teachers. In: Rocha, Á., Ferrás, C., Méndez Porras, A., Jimenez Delgado, E. (eds) *Information Technology and Systems*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-96293-7\\_38](https://doi.org/10.1007/978-3-030-96293-7_38)
- Voogt, J., & Roblin, N. P. (2012). A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences: Implications for national curriculum policies. *Journal of curriculum studies*, 44(3), 299-321. <https://doi.org/10.1080/00220272.2012.668938>
- Wagner, T. (2008). Rigor redefined. *Educational leadership*, 66(2), 20-24.
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., & Wilensky, U. (2016). Defining computational thinking for mathematics and science classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(1), 127-147. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5>
- Wing, J. (2011). Computational thinking—What and why? *The Link Magazine*, June 23, 2015. Retrieved from [http://www.cs.cmu.edu/link/research-notebook-computational-thinking-what-and-why\\_](http://www.cs.cmu.edu/link/research-notebook-computational-thinking-what-and-why_)
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 366(1881), 3717–3725. <https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0118>

- Xu, M., David, J. M., & Kim, S. H. (2018). The fourth industrial revolution: Opportunities and challenges. *International journal of financial research*, 9(2), 90-95.
- Zacharia, Z. C. (2007). Comparing and combining real and virtual experimentation: an effort to enhance students' conceptual understanding of electric circuits. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23(2), 120-132. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2006.00215.x>
- Zajda, J. (Ed.). (2010). *Global pedagogies: Schooling for the future* (Vol. 12). Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-3617-9>
- Zhang, L. C., & Nouri, J. (2019). A systematic review of learning computational thinking through Scratch in K-9. *Computers and Education*, 141, 103607. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103607>
- Zapata-Ros, M. (2019). Pensamiento computacional desconectado. *Educación en la Sociedad del Conocimiento*, 20, 1-29. [https://doi.org/10.14201/eks2019\\_20\\_a18](https://doi.org/10.14201/eks2019_20_a18)

## Anexos

Los anexos de este documento contienen las guías de los cuatro recursos educativos construidos en el proceso de implementación.

### Anexo 1

#### Guía electrostática

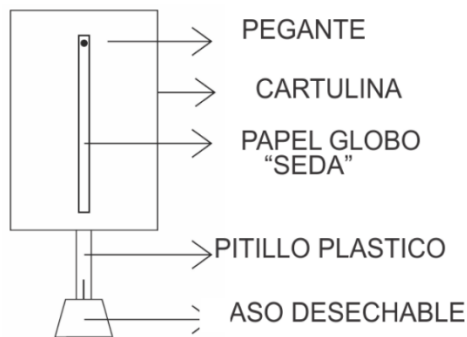
##### Electrostática

Entender un fenómeno físico resulta ser el producto de un esfuerzo de aprendizaje, el mismo que se logra no solo cuando se visualiza, sino cuando se puede explicar desde el principio, en términos técnicos y coherentes, sus causas y consecuencias.

Sobre esta premisa se fundamenta la sesión práctica de hoy, entre tanto cada una de las actividades incluidas, reafirma la importancia de reconstruir los fenómenos eléctricos desde una perspectiva altamente dinámica, crítica y sobre todo propia.

**Materiales:** Vaso de plástico, cartulina, pitillo plástico, tira de papel globo.

Se debe elaborar un dispositivo similar al de la figura 1. **Procure** que la tira de papel globo quede sujeta **de un extremo** en la parte superior central del rectángulo de cartulina.



**Fig. 1.** Indicador electrostático

Antes de llenar la tabla y responder a las preguntas, es preciso preguntar **¿Por qué es necesario elaborar este tipo de dispositivos? (No es evaluable)**

Para llenar la siguiente tabla, deben frotar diferentes objetos entre sí (p. ej. Globo con su cabello o uniforme) y después acercarlos al electroscopio. **Aclaración:** los objetos que están en tabla son de ejemplo, no se deben confirmar.

<b>Tabla de datos</b>			
Material que se va acercar al electroscopio	¿Con qué material lo froto?	¿Notó alguna interacción entre el indicador del electroscopio y el objeto? (Sí/No)	¿Qué tipo de interacción? (atracción o repulsión)
Lápiz	Paño de microfibra	Sí	Atracción
Goma de borrador	Aluminio	No	N/A

1. Según la tabla anterior, ¿Es posible afirmar que hay materiales más difíciles de electrificar por frotación que otros?
2. Usualmente se cree que al frotar dos cuerpos solo uno de ellos es el que se carga (o electrifica), mientras el otro permanece neutro ¿comparte esta afirmación? Justifique.
3. ¿Qué variables físicas pueden intervenir en la interacción del electroscopio y los cuerpos que se acercan? (p. ej. Fuerza de rozamiento por el aire).
4. Según la respuesta anterior, ¿Qué elementos modificaría del electroscopio para que sea más eficiente? (p. ej. Modificar el pitillo por un material más sólido para dar mayor estabilidad al dispositivo)

Por último, vamos a evidenciar unas de las propiedades más asombrosas de los cuerpos que se electrifican fácilmente (conductores). Para lograrlo necesitamos:

- Elegir al menos dos celulares de las participantes del grupo.
- Subir al máximo el sonido de las notificaciones y llamadas.
- Cubrirlo totalmente de papel aluminio.

Después de lo anterior, intenten llamar desde otro dispositivo móvil al número del celular cubierto de aluminio, también envíen mensajes de texto o audio.

Preguntas: **¿El celular emite algún sonido? (Pregunta evaluable)** De no ser así, describa una hipótesis de lo que cree que está ocurriendo según los contenidos estudiados. Además, observe que pasa con la **señal Wifi y telefónica** del dispositivo después de quitarle la envoltura, **¿Tiene relación con el evento del sonido? (Pregunta evaluable)**

## Anexo 2

### EXPLORACIÓN Y CONCEPTUALIZACIÓN DE LOS CONCEPTOS INVOLUCRADOS EN LA LEY DE OHM

En esta sesión aprenderemos cómo la **ley de Ohm** relaciona el voltaje y la corriente que pasan a través de un resistor con su resistencia eléctrica.

#### **¿Por qué se dañan los equipos y/o electrodomésticos cuando hay una tormenta eléctrica?**

Son varios los factores que pueden interrumpir, degradar o dañar los equipos eléctricos; sin embargo, usualmente se consideran solo dos bajo esta condición climática:

1. **Descarga eléctrica (rayo).** Los rayos pueden dañar los equipos electrónicos, no porque caiga un rayo directo al sitio donde se encuentran ubicados, lo cual es un suceso poco probable, sino por la *sobretensión* (incremento abrupto en el voltaje de un circuito) que ocasiona la descarga eléctrica (p. ej. Cuando el rayo cae directamente sobre el poste de energía eléctrica y llega a través de la red al panel de control de la edificación).

Las sobrecargas eléctricas pueden entrar a una vivienda de varias formas. En el caso de los **rayos**, pueden entrar por el cable de la televisión o del satélite, por la línea del teléfono o por los cables de la electricidad.

2. **Exceso de carga (aumento de cargas).** Las sobrecargas eléctricas pueden originarse dentro de una vivienda cuando los aparatos grandes, como los acondicionadores de aire y los motores de los refrigeradores, se encienden y apagan (p. ej. Cuando ocurre un daño en el poste de energía y la energía eléctrica se va por unas horas).

#### **¿Cómo proteger los equipos eléctricos ante tormentas?**

La mayor parte de los sistemas eléctricos están dotados de medidas de seguridad para evitar cortocircuitos y descargas eléctricas a las personas. Los cuadros eléctricos suelen disponer de protecciones, como los interruptores automáticos, que protegen la instalación contra deficiencias en la línea. Sin embargo, los elementos de *protección convencionales* no son capaces de evitar las consecuencias de las sobretensiones transitorias, ya que su activación es mucho más lenta que el pico de tensión que se produce.

1. **Resistencias (regula la cantidad de carga).** Para agregar un LED a un circuito.

---

El *voltaje* y la *corriente* son los conceptos fundamentales de la **electricidad**. En esta sesión, vamos a crear nuestros primeros modelos mentales para estas cantidades eléctricas fundamentales.

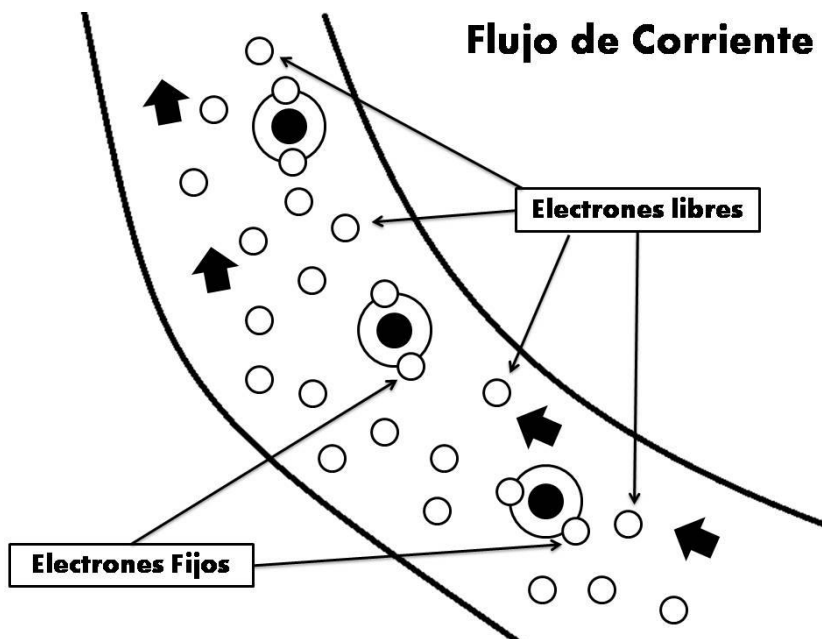


Fig. 1 Flujo de corriente



### **Voltaje**

Es una magnitud física con la cual se mide la cantidad de trabajo por unidad de carga entre dos puntos de un circuito cerrado. El dispositivo por el cual se puede medir se llama voltímetro.

<b>Voltaje</b>	
Magnitud física: Escalar (número)	Unidad de medida: voltios (V)

### **Corriente**

Describimos la corriente como el número de cargas por unidad de tiempo que pasan a través de una frontera (área).

<b>Corriente</b>	
Magnitud física: Escalar (número)	Unidad de medida: Amperios (A)

### **Resistencia**

Son elementos del circuito que se oponen al paso de la corriente eléctrica.

<b>Resistencia</b>
--------------------

Magnitud física: Escalar (número)	Unidad de medida: Ohmio ( $\Omega$ )
---	--

¿Cómo se relacionan estas magnitudes?

**LEY DE OHM**

La ley de Ohm es la relación existente entre conductores eléctricos y su resistencia que afirma que la *corriente* que pasa por un material conductor es directamente proporcional al *voltaje* aplicado en ellos.

$$V \propto R$$

La ley de Ohm expresada en forma matemática es la ecuación

$$V = RI$$

Donde  $V$  es el voltaje o potencial eléctrico,  $I$  es la corriente y  $R$  es la resistencia.

**Preguntas**

1. ¿Qué pasa cuando conectamos un dispositivo a una fuente de voltaje a nivel? **Nota:** observe la figura 1.
2. Qué es más peligroso ¿El voltaje o la corriente?

**Anexo 3**

**Guía asincrónica: circuitos en serie y en paralelo**

En la primera sesión de la temática de circuitos eléctricos, se desarrollaron diferentes actividades de forma sincrónica con la finalidad de comprender los fundamentos principales de la ley de Ohm, que relaciona el voltaje y la corriente que pasan a través de un resistor con su resistencia eléctrica.

Una vez comprendida esta temática inicial, estamos en capacidad de comenzar a diseñar circuitos eléctricos de diversas naturalezas. Para ello, es importante que tengas en cuenta que tu rol en esta parte del proceso es el de creadora o científica; primero con un simulador y luego en la vida real (en los encuentros sincrónicos).

**Luego de desarrollar esta actividad, estarás en capacidad de:**

- Usar simuladores para construir diferentes tipos de circuitos a partir de la comprensión de la ley de Ohm.
- Identificar las diferentes convenciones usadas para los componentes de circuitos eléctricos.

Para lograr los objetivos declarados previamente, esta actividad se divide en tres partes: la primera de ellas es una contextualización sobre qué es un circuito eléctrico y la identificación de sus componentes; la segunda parte se enfocará en el reconocimiento de un simulador que permite explorar diferentes aproximaciones a los circuitos eléctricos y la tercera parte consistirá en la construcción de dichos circuitos en el simulador.

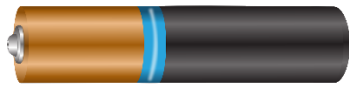
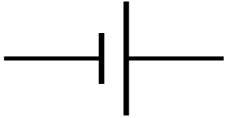
**Parte 1. Introducción**




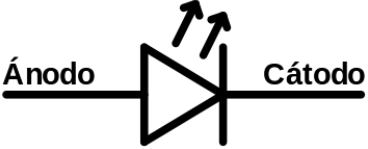



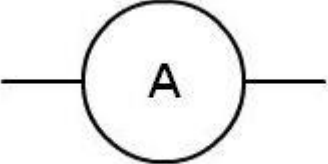
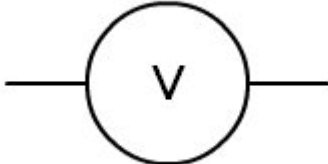
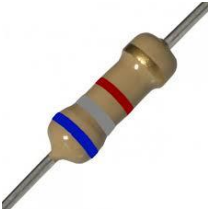
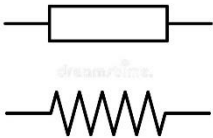
**¿Qué es un circuito eléctrico?**

Es el conjunto de elementos eléctricos que se **conectan entre sí y permiten transportar y usar energía eléctrica con la finalidad de transformarla en otro tipo de energía** como, por ejemplo, energía calorífica, como es el caso de las estufas y otro tipo de electrodomésticos; energía lumínica, como en el caso de la iluminación de los hogares y barrios o energía mecánica, como es el caso de algunos motores.

**¿Cuáles son los componentes de un circuito?**

En la siguiente tabla se presentan algunos de los elementos con los que se podría componer un circuito eléctrico, su magnitud física correspondiente y su representación simbólica convencional.

Componente	Imagen	Símbolo
Baterías o generadores (Voltio)		

<p>Conductor</p>		
<p>Led</p>		
<p>Bombilla</p>		
<p>Amperímetro (Amperio)</p>		
<p>Voltímetro (Voltios)</p>		
<p>Resistencia eléctrica (Ohmio)</p>		

¿Qué tipos de circuitos eléctricos existen?

En síntesis, un circuito puede ser simple, en serie, en paralelo y mixto. Para esta sesión, nos centramos en los tres primeros, describiremos sus características, representaciones y las ecuaciones correspondientes.

**Circuito simple:** *Un circuito es una interconexión de componentes eléctricos (como baterías, resistores, inductores, condensadores, interruptores, transistores, entre otros) que transporta la corriente eléctrica a través de una trayectoria cerrada.*

**Circuito en serie:** Es un tipo de circuito eléctrico provisto de un único camino para la corriente, que debe cubrir todas las terminales conectadas a la red de manera sucesiva, o sea uno detrás de otro, conectando su punto de salida con el de entrada del siguiente.

Características circuito en serie	
Una resistencia está al lado de otra.	
La intensidad de la corriente es igual en todo el circuito.	$I_T = I_1 = I_2 = I_3 \dots = I_n$
La resistencia equivalente o total es igual a la suma de las resistencias.	$R_T = R_1 + R_2 + R_3 \dots R_n$
El voltaje es diferente en cada resistencia, luego el voltaje total es la suma de los voltajes.	$V_T = V_1 + V_2 + V_3 \dots V_n$

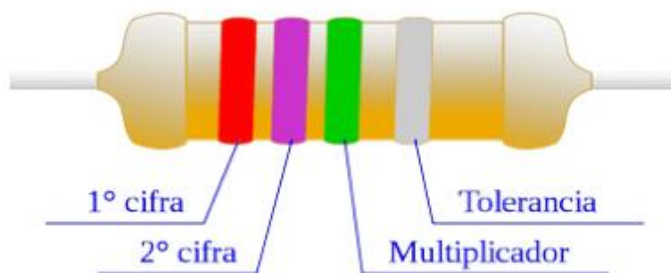
**Circuito en paralelo:** Se refiere a una conexión de dispositivos eléctricos (como bobinas, generadores, resistencias, condensadores, etc.) colocados de manera tal que tanto los terminales de entrada o bornes de cada uno, como sus terminales de salida, coincidan entre sí.

Características circuito en paralelo	
Una resistencia está al frente de la otra.	

La intensidad de corriente es diferente en cada resistencia, tiene varios caminos.	$I_T = I_1 + I_2 + I_3 \dots I_n$
La resistencia equivalente es la suma de los inversos de las resistencias.	$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots \frac{1}{R_n}$
El voltaje es el mismo en cada resistencia.	$V_T = V_1 = V_2 = V_3 \dots = V_n$

### Interpretación del código de colores de una resistencia

Las resistencias tienen cuatro anillos de diferentes colores que sirven para determinar su valor.



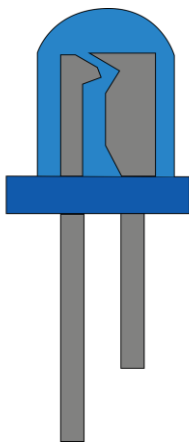
Color	1ra banda	2da banda	3ra banda Multiplicador	Tolerancia
Negro	0	0	x1	
Café	1	1	x10	1%
Rojo	2	2	x100	2%
Naranja	3	3	x1000	
Amarillo	4	4	x10000	
Verde	5	5	x100000	0,5%
Azul	6	6	x1000000	0,25%
Violeta	7	7	x10000000	0,1%
Gris	8	8	x100000000	0,05%

Blanco	9	9	x1000000000	
--------	---	---	-------------	--

**¿Qué voltaje y corriente soporta un led?**

En la siguiente tabla se presentan el voltaje y corriente que soporta un led según su color.

Tipo de LED	Voltaje	Corriente
Rojo estándar	1,5V	0,015A
Verde estándar	1,8V	0,015A
Amarillo estándar	1,8V	0,015A
Blanco	2,8V	0,02A
Amarillo brillante	2V	0,02A
Verde brillante	3V	0,02A
Azul brillante	3V	0,02A
Rojo brillante	2V	0,02A



<b>Ánodo</b>	<b>Cátodo</b>
Terminal larga	Terminal corta

**Parte 2.****¿Cómo los simuladores nos pueden ayudar a comprender mejor esta temática?**

Los simuladores son aparatos que posibilitan reproducir distintos sistemas con la finalidad de obtener sensaciones y experiencias lo más cercanas posibles a la realidad. La mayoría de los simuladores son programas informáticos. En este caso, usaremos un simulador llamado [Tinkercad](#).

Tinkercad es un recurso online que, solo creando un usuario y de forma gratuita, permite construir diseños en 3D, simular circuitos eléctricos y electrónicos y escribir bloques de código.

1. [En este vídeo](#) se brinda una introducción frente al uso del simulador tinkercad. Míralo y construye, **a tu propia manera**, el circuito que se muestra en la explicación. Formula las preguntas que consideres necesarias y describe qué es lo más complejo del proceso para la construcción de los circuitos en este simulador.

---

---

---

---

---

---

---

2. Existe un dispositivo que nos puede facilitar el trabajo a la hora de diseñar circuitos: las placas de prueba o *protoboard*. [En este segundo vídeo](#) se muestran los elementos básicos para aprender a manejar una protoboard en Tinkercad. Formula las preguntas que consideres necesarias y describe qué es lo más complejo del proceso para la construcción de los circuitos en este simulador.

---

---

---



**Parte 3.**

En esta parte de la actividad, es momento de que experimentes con el Tinkercad.

Considera las siguientes situaciones, ensámblalas en el simulador [usando una placa de pruebas], experimenta que sucede, analízalo y descríbelo.

1. Usa una fuente de voltaje de 3V y conéctalo a un Led ¿Qué sucede?
2. Usa una fuente de voltaje de 9V y conéctalo a un Led ¿Qué sucede?
3. Explora la situación anterior agregando resistencias de diferentes valores (el simulador posibilita cambiar de forma inmediata el valor de cada resistencia con solo dar click en ellas) ¿Qué valor (o conjunto de valores) de la resistencia añadida hace que el led se prenda sin inconvenientes?

Con base en las experiencias anteriores, usa una fuente de voltaje de 9V, resistencias, la placa de pruebas y haz que se enciendan 2 leds. Una vez que lo logres, haz que se enciendan 3 leds ¿Es posible generalizar el procedimiento para lograr que se enciendan una cantidad indefinida de leds?

**Anexo 4****¿Se puede automatizar la energía eléctrica de mi hogar? La optimización del consumo y su impacto en nuestra huella ambiental**

En las sesiones anteriores se han desarrollado diferentes actividades tanto sincrónicas como asincrónicas con la finalidad de comprender los fundamentos principales de la ley de Ohm y de los circuitos que pueden construirse a partir de ella. Además, el proceso se ha desarrollado con una complejidad incremental en la cual tu rol como estudiante ha tomado más protagonismo en la medida en que avanzan las clases de estas temáticas.

En esta fase, ya sabes construir circuitos, por lo cual llevaremos la experiencia a un nuevo nivel: pondrás en práctica (junto a tu equipo) tu conocimiento de circuitos para **optimizar el consumo de energía eléctrica de tu hogar** y, además de ello, te verás envuelta en una competencia con tus compañeras del otro salón y los dos grupos con mejores diseños se llevarán un premio.

**Luego de desarrollar este reto, estarás en capacidad de:**

- Comprender cómo funcionan los circuitos que transportan la energía eléctrica hasta tu hogar.
- Optimizar el consumo de energía en un circuito.
- Comprender a qué se refieren los kilovatios hora.
- Automatizar algunos de los procesos en un circuito.

**Parte 1: contextualización****¿De qué forma se cobra la energía eléctrica que consumimos en nuestros hogares?**

En nuestros hogares, cada mes llega una factura en la cual se nos informa la cantidad de dinero que debemos pagar por el consumo de energía que hicimos en ese mes ¿Cómo las empresas públicas saben cuánto cobrarnos? ¿Es de forma aleatoria? ¿Podemos hacer algo para pagar menos dinero por nuestro consumo de energía eléctrica?

Estas empresas miden dos elementos importantes en lo que denominamos en nuestros hogares como *contadores*, uno de ellos son los kilovatios (kW) y el otro los kilovatios hora (kWh). El kW determina la *potencia* que tiene la electricidad en tu hogar y tiene un *precio fijo*. El kWh es el indicador de la energía consumida cada hora y determinará el precio que se paga de energía en tu casa.

Estos dos conceptos se pueden comprender de la siguiente manera:

- El kW se usa para cuantificar la potencia eléctrica de luz que soporta la instalación de tu casa. La unidad de medida que se usa es el vatio (W), de modo que un kilovatio es igual a 1000 W (1000 W = 1 kW).
- El kWh es una unidad de medida que se usa para contabilizar el consumo eléctrico que se ha realizado durante un período de tiempo, en este caso, una hora.

Con la información previa, considera el siguiente ejemplo:

En la casa del profesor Jhonatan, su factura de servicios públicos tiene la siguiente información con respecto a su consumo de energía: en el mes de agosto consumió 180 kWh de energía en su casa, por los cuáles debe pagar \$95335. De esta manera, el profesor puede calcular el precio de un kWh, el cual es de \$529 ¿Cómo?

Ahora bien, para saber de forma más precisa de dónde viene ese cobro, el profesor necesita saber cuántos kWh consumen los dispositivos eléctricos que utiliza. Por ejemplo, se dio cuenta de que su ventilador consume 90 kWh al día y su computadora consume 2,2 kWh al día. De forma similar, continuará

midiendo cuál es el consumo de todos sus dispositivos y tendrá claro cuales puede priorizar y cuáles podría usar menos para ahorrar energía eléctrica.

### Actividad 1.

¿Crees que desarrollar un ejercicio similar podría ayudar a que en tu casa se consuma menos energía?

Aparte de los beneficios económicos que esto podría tener ¿Existen otros argumentos por los cuáles valga la pena optimizar el consumo de energía?

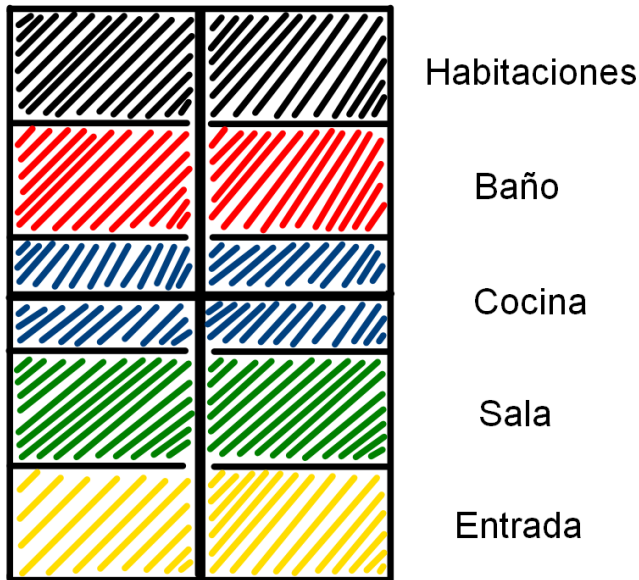
Haz una búsqueda en la web sobre la relación entre el consumo de energía y el impacto climático. Describe de forma breve lo que encuentres y genera una reflexión junto a tu equipo frente a las necesidades actuales de generar acciones que minimicen la huella ambiental que dejamos en nuestro planeta.

### Desafío

Ahora bien, con todo lo que has aprendido hasta aquí, llega el momento de elaborar un sistema de distribución eléctrica para una vivienda. Para lograrlo, considere la siguiente relación de objetos y leds.

Color del Led	Objeto
Verde	Secador de cabello, plancha para la ropa, nevera, horno eléctrico, aire acondicionado.
Azul	Microondas, televisor, lavadora.
Blanco	Bombilla (energía lumínica)
Amarillo	Licuada, Modem de internet, cafetera, teléfono, decodificador.
Rojo	Lámpara, computadora, cargador de celular.

*¿En qué parte de la protoboard se deben ubicar?* Según el lugar donde regularmente se encuentra cada objeto. Por ejemplo, la nevera se ubica en la cocina.



Algunos elementos importantes en consideración son:

**Características de los circuitos en serie y en paralelo**

Características circuito en serie	
Una resistencia está al lado de otra.	
La intensidad de la corriente es igual en todo el circuito.	$I_T = I_1 = I_2 = I_3 \dots = I_n$
La resistencia equivalente o total es igual a la suma de las resistencias.	$R_T = R_1 + R_2 + R_3 \dots R_n$
El voltaje es diferente en cada resistencia, luego el voltaje total es la suma de los voltajes.	$V_T = V_1 + V_2 + V_3 \dots V_n$

Características circuito en paralelo	
Una resistencia está al frente de la otra.	
La intensidad de corriente es diferente en cada resistencia, tiene varios caminos.	$I_T = I_1 + I_2 + I_3 \dots I_n$
La resistencia equivalente es la suma de los inversos de las resistencias.	$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots \frac{1}{R_n}$

El voltaje es el mismo en cada resistencia.	$V_T = V_1 = V_2 = V_3 \dots = V_n$
---	-------------------------------------

### Interpretación del código de colores de una resistencia

Las resistencias tienen cuatro anillos de diferentes colores que sirven para determinar su valor.

Color	1ra banda	2da banda	3ra banda Multiplicador	Tolerancia
Negro	0	0	x1	
Café	1	1	x10	1%
Rojo	2	2	x100	2%
Naranja	3	3	x1000	
Amarillo	4	4	x10000	
Verde	5	5	x100000	0,5%
Azul	6	6	x1000000	0,25%
Violeta	7	7	x10000000	0,1%
Gris	8	8	x100000000	0,05%
Blanco	9	9	x1000000000	

### ¿Qué voltaje y corriente soporta un led?

En la siguiente tabla se presentan el voltaje y corriente que soporta un led según su color.

Tipo de LED	Voltaje	Corriente
Verde	3V	0,02A
Azul	3V	0,02A
Blanco	2,8V	0,02A
Amarillo	1,8V	0,015A
Rojo	1,5V	0,02A

## Anexo 5

### Integrando la automatización en algunas situaciones hipotéticas

A lo largo de las últimas semanas, junto a tu equipo, has aprendido algunos elementos fundamentales de los circuitos y su aplicación en los hogares. Ahora, es momento de llevar un paso adelante el circuito de hogar que construiste junto a tu equipo. En esta actividad, a partir de situaciones cotidianas crearás algoritmos que puedan automatizar todos los utensilios que sea necesario usar en cada caso.

**Deberás conectar tu circuito construido a un microcontrolador Arduino** usando el simulador Tinkercad y diseñar un algoritmo que se ajuste a la situación que se asigne a tu equipo. Debes tener en cuenta los siguientes elementos:

- En la simulación que construirás, el tiempo tendrá una escala de 1:50, es decir, 1 segundo equivaldrá a 50 en la situación que recreas, por lo que una hora se desarrollará en 72 segundos.
- Debes estimar los tiempos que se demoran los personajes de tu simulación en desarrollar cada una de las tareas de forma realista y luego ajustarlos a la escala propuesta.
- Construye un esquema paso a paso de cómo resolverás la situación antes de diseñar el algoritmo en el simulador Tinkercad
- Considera las siguientes preguntas y respóndelas para mejorar el esquema construido **¿Qué es necesario que siempre esté conectado a la electricidad? ¿Qué es susceptible de encenderse solo de forma puntual al usarse? ¿Qué cosas no deberían automatizarse?**

Considere las siguientes situaciones:

1. Una persona se levanta en medio de la noche, adormilada y un poco desorientada. Decidió ir al baño y luego entrar a la cocina a prepararse un sándwich, dado que el hambre estaba impidiendo su sueño. Una vez se preparó el sándwich fue al comedor a disfrutarlo. Luego de ello, volvió a la cocina a lavar los utensilios usados, fue al baño a lavar sus dientes y se dirigió de nuevo a su dormitorio a continuar su noche de sueño.
2. Dos personas que duermen en la misma habitación se despiertan en la mañana, sus nombres son Claudia y Valentín. Claudia se levanta hacia la cocina a hacer un café, mientras que Valentín se queda en el cuarto durante un tiempo. Luego de ello, Claudia se dirige al cuarto a tomarse el café junto a Valentín, mientras conversan sobre sus pendientes del día. Posteriormente, Valentín se

levanta y va al baño a ducharse, mientras que Claudia permanece en el cuarto trabajando en su computadora.

3. Una persona se levanta a las 5 de la mañana para prepararse para ir a su trabajo. Su rutina consiste en lo siguiente: una vez se levanta y tiende su cama, va a la cocina a tomar un poco de agua y preparar café. Luego de ello, toma una ducha y se viste en su cuarto. Finalmente, vuelve al baño, se cepilla los dientes y sale a trabajar a las 5:40 am. Llega a su casa a las 7 de la noche y se queda en la sala hasta las 9 viendo televisión.

## **Anexo 6.**

### **Consentimiento informado**

#### **Participación en el proyecto de investigación “Fomento de las habilidades del siglo XXI en la clase de física a partir del pensamiento computacional”**

La Universidad de Antioquia y la Secretaría de Educación de Medellín han celebrado un convenio que permite el desarrollo de Prácticas Pedagógicas de la Facultad de Educación en la institución educativa Centro Formativo de Antioquia. En el marco de este convenio, se adelanta una investigación en la Licenciatura en Matemáticas y Física que busca analizar el desarrollo de habilidades del siglo XXI en las clases de física a partir del pensamiento computacional. Para su desarrollo, se invita a las estudiantes de los grados 11CQ2 y 11I1 del 2021 para que participen a través de las interacciones que se dan entre estudiantes, profesores y conocimiento disciplinar. En ese sentido, los datos que serán importante para el análisis en la investigación son:

- Videos que registran en algunas de las sesiones de clase importantes para la investigación.
- Diálogos, documentos y demás recursos que se utilicen en clase y sean producidos por los participantes.
- Audios y videgrabaciones de entrevistas.
- Encuestas y formularios electrónicos.
- Fotografías.

Por lo anterior, solicitamos comedidamente su colaboración y respaldo autorizando el registro de esta investigación a través de los medios mencionados, con el fin de que posteriormente sea analizada en función de los objetivos del proyecto. Sobre la participación en el proyecto informamos que:

1. La participación en el proyecto es voluntaria.
2. Las estudiantes se pueden retirar de la investigación en cualquier momento sin que eso represente un perjuicio para ellas.
3. La participación en la investigación no tendrá efectos sobre la calificación (notas) de los desempeños de las estudiantes.
4. Las estudiantes no tendrán incentivos económicos por su participación en el proyecto.
5. Toda la información obtenida será archivada en papel y medio electrónico. El archivo se guardará en la Universidad de Antioquia bajo la responsabilidad del equipo de trabajo.
6. La información recolectada solo se utilizará para fines académicos. En caso de requerir usar alguna imagen o transcripción para algún informe de investigación se hará guardando la identidad de los participantes.

Agradecemos su aporte a la comunidad científica y educativa del país, con certeza permitirá ampliar los desarrollos y comprensiones que se tienen sobre el desarrollo de las habilidades del siglo XXI a partir de la integración del pensamiento computacional en las clases de física.

Manifiesto que no he recibido presiones verbales, escritas y/o mímicas para participar en el estudio; que dicha decisión la tomo en pleno uso de mis facultades mentales, sin encontrarme bajo efectos de medicamentos, drogas o bebidas alcohólicas, consciente y libremente.

He leído y escuchado satisfactoriamente las explicaciones sobre la participación en esta investigación. Así mismo, se me brindó copia del consentimiento informado y he tenido la oportunidad de hacer preguntas a las cuales se me ha respondido satisfactoriamente, por lo que estoy de acuerdo en participar en ella y autorizo el uso de la información obtenida para los propósitos planteados en el apartado introductorio del presente consentimiento.



---

Firma de acudiente

Nombre:

Número de identificación

Tel:

Fecha:

---

Daniel Andrés Quiroz Vallejo

Practicante

Correo: [daniel.quirozv@udea.edu.co](mailto:daniel.quirozv@udea.edu.co)

Facultad de Educación–Universidad de Antioquia

---

Firma de estudiante

Nombre:

Número de identificación

Tel:

Fecha:

---

Jhonatan Jiménez Gómez

Practicante

Correo: [jhonatan.jimenez@udea.edu.co](mailto:jhonatan.jimenez@udea.edu.co)

Facultad de Educación–Universidad de Antioquia

---

Jaime Andrés Carmona Mesa

Asesor

Correo: [jandres.carmona@udea.edu.co](mailto:jandres.carmona@udea.edu.co)

Facultad de Educación – Universidad de Antioquia