



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**LA EXPERIMENTACIÓN CON ROBÓTICA: UNA PROPUESTA
PARA EL DESARROLLO DE HABILIDADES CIENTÍFICAS**

Meisy Saudith Berrio Canchila

Universidad de Antioquia

Facultad de Educación

Departamento de Educación Avanzada

Medellín, Colombia

2020



LA EXPERIMENTACIÓN CON ROBÓTICA EN LA ENSEÑANZA DE LAS
CIENCIAS: UNA PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE HABILIDADES
CIENTÍFICAS

Meisy Saudith Berrio Canchila

Tesis o trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magíster en Educación en Ciencias Naturales

Asesores:

Dr. Jaime Alberto Osorio Vélez

Mg. Mónica Eliana Cardona Zapata

Línea de Investigación:

Tecnologías de la Información y la Comunicación para la Enseñanza de las Ciencias
Naturales

Grupo de Investigación:

PiEnCias

Universidad de Antioquia

Facultad de Educación

Departamento de Educación Avanzada

Medellín, Colombia

2020

*A mi esposo **Samuel José** y a mis hijos **Misey Saith** y **Matthew**, quienes con su paciencia lograron sobrellevar junto a mí muchos momentos de angustia y zozobra, apoyándome para superar las dificultades.*

AGRADECIMIENTOS

A la **Gobernación de Antioquia**, porque sin su apoyo económico y acompañamiento constante no habría alcanzado esta meta.

Al doctor **Jaime Alberto Osorio Vélez** y la Magister **Mónica Eliana Cardona Zapata**, porque con sus consejos, su paciencia y constante apoyo facilitaron mi camino para alcanzar este logro.

A los **estudiantes del semillero** que compartieron conmigo sus aprendizajes, que estuvieron prestos a realizar actividades que en muchas ocasiones implicaban tiempo extra en sus labores diarias.

A mi esposo **Samuel José Torres Casarrubia**, por ser mi fortaleza, por su amor y apoyo incondicional pero sobre todo por creer en mí.

A mis hijos **Misey Saith** y **Matthew** por ser mi inspiración para seguir adelante cada día y a mi familia, que aunque somos pocos siempre están allí para ser esa voz de aliento en los momentos de dificultad.

Resumen

En los últimos años, el estudio de las ciencias naturales se ha enfocado en planificar actividades significativas, con preguntas o situaciones que guíen el pensamiento y la acción, que estimulen al estudiante para que indague, analice y proponga desde una perspectiva crítica, creativa y sistémica. Por lo que se ha centrado la mirada en fomentar el desarrollo de habilidades científicas que promuevan la resolución de situaciones problematizadoras en el aula; elaborando hipótesis, realizando consultas, debatiendo, sintetizando y organizando información, mediante la utilización de herramientas que apunten a los estándares de globalización y que sean actuales e innovadores. La Robótica Educativa (RE) es un instrumento que cada vez toma mayor valor a nivel mundial y que permite desarrollar un sin número de procesos de enseñanza – aprendizaje, en donde el estudiante más allá de adquirir conocimientos sobre robótica, desarrolla una serie de habilidades y competencias productivas, innovadoras y comunicativas, que les permitirán estar mejor preparados para los retos de la sociedad actual.

Bajo esta idea se establece la presente investigación, que desde una perspectiva cualitativa, busca analizar mediante el estudio de caso instrumental, la influencia que tiene la estrategia de experimentación con robótica, utilizando Arduino en el proceso de aprender sobre ciencia y el desarrollo de habilidades científicas de los estudiantes de educación media; encontrando en los resultados que mediante la implementación de la herramienta con RE se generan mejoras en las habilidades de pensamiento de orden superior de los estudiantes y en la construcción de conocimiento, motivando su pensamiento científico.

Palabras clave: Robótica Educativa, pensamiento de orden superior, habilidades científicas, enseñanza de las ciencias.

Abstract

In recent years, the study of natural sciences has focused on planning meaningful activities through questions or situations that guide thinking and action, to encourage the student to investigate, analyze and propose from a critical, creative and systemic perspective. That is why has been concentrated on the development of scientific skills in order to contribute to the resolution of problematic situations in the classroom; developing hypotheses, conducting consultations, debating, synthesizing and organizing information, using tools that point to globalization standards and that are current and innovative. Educational robotic is an instrument that is becoming increasingly valuable worldwide and that allows the development of countless teaching-learning processes, where the student, beyond acquiring knowledge about robotics, develops a series of productive, innovative and communicative skills and competencies that will allow him to be better prepared for the challenges of the present society.

Based on this idea, this research is established from a qualitative perspective and it seeks to analyze through the instrumental case study, the influence of the robotics experimentation strategy using Arduino in the process of learning about science and the development of scientific skills of high school students; finding in the results that implementing the RE tool, improvements are generated in students higher-order thinking skills and in the construction of knowledge, motivating their scientific thinking.

Keywords: Educational Robotics, higher order thinking, scientific skills, science education.

Tabla de contenido

Resumen	4
Introducción.....	11
1. Planteamiento del problema.....	13
2. Objetivos	21
2.1. General.....	21
2.2. Específicos.....	21
3. Aproximaciones teóricas.....	22
3.1. Construcción de la Revisión de literatura.....	22
3.2. Marco Teórico.....	29
3.2.1. Retos y desafíos actuales para la educación científica	29
3.2.2. La tecnología como medio de construcción.....	33
3.2.3. La robótica en los espacios formativos.....	34
3.2.4. Pensamiento de orden superior y habilidades científicas.....	36
4. Diseño Metodológico	40
4.1. Paradigma y enfoque.....	40
4.2. Tipo de investigación y método.....	40
4.3. El estudio de casos desde la perspectiva de Stake.....	42
4.4. Contexto y participantes.....	45
4.4.1. Modelo pedagógico de la institución educativa.....	47
4.5. Estrategias para el registro de la información.....	50
4.6. Técnicas e instrumentos para el análisis.....	53
4.6.1. Análisis de contenido.....	53
4.6.2. Categorización.....	53
4.6.3. Saturación.....	56
4.7. Negociación con los participantes.....	57

4.8. Triangulación.....	57
5. Análisis y discusión de resultados.....	59
5.1. Pensamiento de orden superior.....	62
5.2. La Robótica Educativa en el proceso de aprender a hacer ciencia.....	69
5.2.1. Aprender ciencia, sobre ciencia y a hacer ciencia.....	72
5.2.2. Trabajo cooperativo - colaborativo.....	78
5.3. Habilidades científicas desarrolladas con RE.....	80
6. Conclusiones.....	84
7. Limitaciones y recomendaciones.....	88
Referencias.....	90
8. Anexos.....	95

Lista de Tablas

Tabla 1: Revisión sistemática de revistas.....	24
Tabla 2. Etapas del MOPRE.....	51
Tabla 3: Categorías y subcategorías	54
Tabla 4: Criterios de clasificación para las categorías y/o subcategorías.....	55
Tabla 5: Subcategorías emergentes	60
Tabla 6. Pensamientos de orden superior	64
Tabla 7. Categoría: Habilidades científicas desarrolladas con RE.....	81

Lista de Figuras

Figura 1: Relación entre las revistas seleccionadas y los ejes temáticos planteados para la revisión de literatura.	29
Figura 2: Relaciones entre los referentes teóricos de la presente investigación. Elaboración propia.	39
Figura 3. Elaboración del esquema del proyecto seleccionado para el semillero. Una hormiga robótica.	53
Figura 4. Red de códigos de las categorías y subcategorías. Elaboración propia.	61
Figura 5. Elaboración del diseño de la hormiga en el Control Numérico Computarizado (CNC)	68
Figura 6. Elaboración del clasificador de pelotas de colores realizado por los estudiantes. 71	
Figura 7: Bitácora realizada por uno de los estudiantes de la investigación.	76
Figura 8: Tecnofacto final planteado por los estudiantes en la primera etapa del MOPRE. 80	
Figura 9: Presentación de los diferentes proyectos realizados por los estudiantes del semillero de Robótica en Expotécnica del SENA, como grupo invitado.	83
Figura 10: Referencia de los grados utilizados para programar los servomotores de la hormiga cuadrúpeda.	112
Figura 11: Diseño de piezas de la hormiga con ArtCAM.	114
Figura 12: Programa GrblControl para el corte de las piezas con el CNC.....	114

Lista de Anexos

Anexo A: Plan de Aula (MOPRE)	95
Anexo B: Primera entrevista semi – estructurada	103
Anexo C: Segunda entrevista semi – estructurada.	104
Anexo D: Consentimiento informado	105
Anexo E: Formato para el diario de campo.....	108
Anexo F: Formato para bitácora del estudiante.....	109
Anexo G: Programación con Arduino para los retos propuestos en el MOPRE.....	111
Anexo H: Proyecto final (Hormiga robótica).....	112

Introducción

El presente trabajo de investigación pretende realizar un análisis de la influencia de la experimentación con robótica en el proceso de aprendizaje de las ciencias, y observar si esta experimentación favorece el desarrollo de habilidades científicas en los estudiantes de educación media, tomando como contexto un Semillero de Robótica inscrito al proyecto de tiempo libre de la Institución Educativa Cardenal Aníbal Muñoz Duque de Santa Rosa de Osos, Antioquia. La investigación se ha estructurado en seis capítulos, a fin de obtener un panorama más amplio del tema a tratar.

Inicialmente se aborda el planteamiento del problema, en donde se deja ver cómo desde las necesidades propias de la enseñanza de las ciencias se hace imprescindible la implementación de estrategias que permitan a los estudiantes el aprestamiento del conocimiento; en donde la utilización de herramientas TIC entran a jugar un papel fundamental dentro de estos procesos de enseñanza – aprendizaje en las aulas de clase. En este sentido, la robótica se puede considerar una de las áreas tecnológicas con más auge en la actualidad y cómo el uso de robots, día a día se hace más popular y comienza a permear distintos ámbitos, teniendo tal impacto que actualmente sus aplicaciones se encuentran desde el entretenimiento, a través de concursos y campamentos, hasta grandes proyectos de investigación a nivel mundial.

Posteriormente, se analizan de manera general los antecedentes históricos y se plantea un marco teórico, partiendo desde cómo se ha despertado un especial interés por los aportes que la robótica, en especial la RE y de los nuevos campos de estudio que esta herramienta permite abordar; valiéndose de conceptos de áreas del conocimiento como la electrónica, la mecánica, la física, la matemáticas, la electricidad y la informática; es decir,

posee un carácter multidisciplinar, que es aprovechado en las diferentes metodologías de enseñanza y de aprendizaje. Lo anterior, llevando al estudiante a preguntarse por el qué aprender, el cómo aprenderlo y el para qué; promoviendo el desarrollo de habilidades científicas para la resolución de situaciones problematizadores en el aula, elaborando hipótesis, realizando consultas, debatiendo, sintetizando y organizando información con el fin de generar pensamiento científico, desde los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Luego se plantea una metodología, teniendo en cuenta que este trabajo se llevó a cabo desde el paradigma cualitativo y un enfoque de estudio de caso instrumental siguiendo la perspectiva de Stake (2007), analizando un grupo de cuatro estudiantes que pertenecen al Semillero de Robótica de la Institución Educativa Cardenal Aníbal Muñoz Duque (IECAMD). Durante la intervención se buscó realizar el montaje de un robot propuesto por los estudiantes con una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (*open – source*) basada en *hardware* y *software* que es flexible y fácil de usar (Arduino), por medio de la elaboración de unos prototipos iniciales, para favorecer el conocimiento de tópicos de electricidad, electrónica, mecánica y diseño de planos, utilizando como base el trabajo experimental.

Para finalizar, se muestra el análisis y discusión de los resultados a la luz de los objetivos y el marco teórico, así como las conclusiones y algunas propuestas de trabajos futuros, con el fin de continuar ampliando los horizontes de este campo de acción.

1. Planteamiento del problema

Desde los años 60 se han realizado significativos cambios en el currículo colombiano que buscan promover una concepción de la ciencia como una actividad humana, con un énfasis en generar conciencia hacia lo que hacen los científicos. Tal reorientación del contenido implica una comprensión de lo que es 'ser un científico' y 'pensar científicamente' y en realidad conlleva a la confianza de que los niños pueden iniciarse en este entendimiento, aunque con cada cambio curricular se buscan diferentes énfasis que se hacen evidentes con el tiempo (Hodson, 1985). Para este mismo autor, la enseñanza de las ciencias en la actualidad se enfoca desde una perspectiva de la ciencia aplicada a la tecnología, pero con una proyección social; sin embargo, lo preocupante desde el punto de vista del estudiante es que los movimientos de reforma tienden a perder de vista los otros énfasis en la búsqueda de su orientación particular, por lo que se debe establecer un currículo que incluya los diferentes procesos de un pensamiento científico, que le permitan al estudiante tomar los hechos tal y como suceden en la realidad, siendo lo más objetivos posibles, sin dejar de lado la transcendencia del ir más allá del hecho mismo, analizando, precisando, observando y sistematizando el conocimiento que se va develando en lo observado.

Pero es cierto que hay una preocupación por parte de los docentes acerca de que los estudiantes desarrollen un conocimiento conceptual, dejando en segundo plano el razonamiento por los procesos y métodos de la ciencia y la relación entre esta y su impacto en la sociedad. De esta misma manera, la globalización de la educación provocó una necesidad de formar científicamente a los ciudadanos del mundo como un modo de garantizar el desarrollo de un país (Arias y Navarro, 2017). También se plantea la necesidad

de que la enseñanza de las ciencias contribuya a la formación de futuros ciudadanos, para permitirles que puedan opinar, participar y votar sobre temas científicos; por lo que la globalización de la educación, el aumento de las investigaciones sobre la mejora de la enseñanza – aprendizaje de las ciencias deberían de haber ido acompañadas de una mayor alfabetización científica y tecnológica de la sociedad (Solbes, Rosa, & Furió, 2007). El área de ciencias naturales no solo debe considerar los cambios conceptuales propios de las disciplinas, sino que debe analizar la problemática socio cultural y ambiental en situaciones particulares.

Entonces ¿cuál es el rol del docente en el proceso formativo de los estudiantes en ciencias naturales? Es aquí donde la educación científica se ve como un proceso que no es espontáneo y que requiere de la participación activa del docente en el rol de “investigador experto” que guía la indagación desde la focalización, la exploración, la reflexión y la aplicación. En un comienzo se deben planificar actividades con preguntas o situaciones que guíen el pensamiento y la acción, para llegar a propuestas de indagación más abiertas; es decir, se debe estimular al estudiante para que indague, analice y proponga desde una perspectiva crítica, y teniendo claridad acerca de cuál es el objetivo de los procesos de enseñanza, si son los conocimientos científicos como único fin o que además de aprender estos conocimientos los aplique en la resolución de situaciones problematizadoras (Arias y Navarro, 2017). Sin embargo, algunos autores como Schibeci (1981) afirman que muchos de los profesores solo ponen un valor explícito en los objetivos cognitivos y dejan de lado el hecho de que los niños y jóvenes aprendan los métodos de la ciencia y su aplicabilidad (citado en Hodson, 1985).

Según el Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2012), el estudiante en su proceso de formación científica debe construir y manejar conocimientos, tener capacidad investigativa, curiosidad científica y deseo de saber. Debe ser capaz de describir y explicar fenómenos relacionados con la ciencia, utilizando conceptos claros y argumentaciones lógicas; se debe plantear preguntas y transformarlas en problemas recurriendo a varios métodos, teniendo en cuenta sus consecuencias e impactos sobre la naturaleza y los demás seres humanos.

En la Institución Educativa Cardenal Aníbal Muñoz Duque (IECAMD) del municipio de Santa Rosa de Osos, en el área de ciencias naturales, la realidad contextual es diferente a las orientaciones del Ministerio, ya que los estudiantes presentan dificultad en la aplicación del conocimiento de las ciencias naturales en los entornos biológicos, químicos y físicos; evidenciado esto en las bajas habilidades comunicativas a nivel de escucha, oralidad, lectura y escritura científica, que son motivo de reflexión en las comisiones de evaluación y promoción que se llevan a cabo al finalizar cada periodo y que se ven reflejadas también en las pruebas externas (Pruebas saber 3°, 5° y 9°, Olimpiadas de la Universidad de Antioquia y la Universidad Nacional para estudiantes de 10° y 11°, Prueba PISA, Prueba Saber PRO) de la Institución Educativa. Estos bajos resultados se manifiestan en las siguientes situaciones: falta de comprensión de conceptos (aprender sobre ciencias), poca relación de los conceptos aprendidos en el aula con las situaciones o fenómenos que se presentan en la cotidianidad (aprender sobre la naturaleza de las ciencias) y falta de apropiación de estrategias pedagógicas propias de las ciencias y su aplicación para la resolución de problemas (practicar la ciencia) (Plan Integral de Área, 2018). Estas dificultades en los procesos de enseñanza y aprendizaje que se presentan en los estudiantes

de la IECAMD no discrepa con la postura de Hodson (2003) acerca de los tres criterios principales de la enseñanza de la ciencia y desde su aprendizaje, que se refiere a la adquisición y desarrollo de los estudiantes frente al conocimiento teóricos y conceptuales del área; el aprendizaje sobre su naturaleza, que hace referencia a la conciencia de las interacciones complejas entre ciencia y sociedad y lo refleja en el entendimiento de su naturaleza y los métodos que se utilizan, y el último aspecto que se refiere a la práctica de dicha ciencia enfocados en la resolución de problemas y la investigación científica.

Desde una perspectiva particular, la falta de contextualización y significancia de las competencias trabajadas, plantea en los estudiantes una poca apropiación de los temas movilizados en el área de ciencias naturales; esto sumado a la falta de posiciones críticas y a una aceptación inmediata de la veracidad de la información recibida, sin someterla a procesos de indagación que den cuenta de esta veracidad. La falta de interés por parte de los estudiantes para dar a conocer de forma argumentativa y propositiva sus puntos de vista y la desmotivación dentro de los procesos formativos, pueden ser algunos factores que influyen en el aprestamiento del conocimiento; ya que pierden significancia para el estudiante o simplemente se memoriza un conocimiento a corto plazo, que requieren solo para una nota necesaria de promoción, sin existir una verdadera apropiación de dicho conocimiento y una adquisición de las competencias que se quieren enseñar. Estas problemáticas requieren ser investigadas desde diferentes planteamientos de estrategias que permitan observar cómo el estudiante aprende a saber ser, saber conocer, saber hacer y saber convivir en contexto.

En esta búsqueda de procesos que sean significantes para el estudiante se admite, desde hace varias décadas, la necesidad de utilizar herramientas didácticas, para generar en

ellos interés y motivación en el aprendizaje de las ciencias, por las indudables ventajas pedagógicas que se han ido poniendo de manifiesto en múltiples trabajos de divulgación e investigación realizados en los países más avanzados y, sobre todo, en el mundo anglosajón (Hartley, 1988; Lelouche, 1998, Citado en Pontes, 2005), donde las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) toman fuerza, convirtiéndose en una herramienta indispensable para la adquisición de conocimientos y para su aplicabilidad. Pero a pesar del largo camino recorrido en las tres últimas décadas y de los evidentes avances de la informática educativa, todavía siguen existiendo cuestiones relevantes en el dominio de la educación científica en los que merece la pena reflexionar, como son el análisis de las funciones educativas que pueden desempeñarse por medio de las TIC en la enseñanza de las ciencias y la búsqueda de soluciones para los problemas educativos planteados en el campo de la didáctica específica mediante el uso de estas herramientas tecnológicas.

Para la Fundación Omar Dengo (2006) y Papert (s.f.) (Citados en Pittí, Curto y Moreno, 2010) el uso masivo de la denominación “Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)” promueve un efecto nocivo sobre la cultura popular y por ende sobre el sistema educativo, al otorgársele mayor importancia a la información y su disponibilidad (Internet), dejando de lado tecnologías de tanta potencialidad educativa como la robótica, la simulación, los hipertextos, por citar algunos ejemplos. Haciendo especial énfasis en la robótica, Wozniak, Graña y Corchado (2014) establecen que la robótica ya no es sólo construir androides, sino que ahora también es muy importante que se observe la capacidad que deben poseer las máquinas para recoger información del medio en el que se desenvuelven y que sean cada vez más cercanos a los humanos en un contexto llamado inteligencia emocional; ahora bien, esto implica un gran carácter ético en el desarrollo de

estos androides, al buscar el rendimiento de competencias que superen los sistemas biológicos.

La construcción de androides (o tecnofactos) involucra aplicar conocimientos y capacidades de física, matemáticas, lógica, programación, diseño, planeación, entre otras destrezas, como el trabajo en equipo, trabajar sobre proyectos y resolución de problemas; por lo que la robótica aplicada a los procesos educativos se convierte en una posible estrategia para el aprendizaje, en donde los estudiantes están comprometidos en la construcción de un producto que puede ser significativo para ellos. Los anteriores planteamientos son coherentes con la teoría del construccionismo propuesta por Seymour Papert (Papert y Harel, 1991) del Instituto Tecnológico de Massachussets, que sienta las bases de la Robótica Educativa (RE).

La RE se ha convertido en la actualidad, en una estrategia de aprendizaje según Pittí, Curto, Moreno y Rodríguez (2014)

...innovadora y estimulante, para los estudiantes, ya que por medio de la solución de problemas, el diseño y la construcción de tecnofactos, se les permite realizar interpretaciones de su realidad a través de sus propias construcciones, la adquisición de un aprendizaje significativo e incentivando el desarrollo de tecnología y la creación de un pensamiento tecnológico. (p.46)

Por lo que, cuando un docente desea diseñar un ambiente de aprendizaje en robótica, realiza un proceso de reflexión sobre cuáles deben ser los componentes idóneos de dicho ambiente, con el fin de que sus estudiantes puedan tener un aprendizaje exitoso. En este sentido, la selección de estas variables está sujeta a los intereses particulares y el desarrollo de la libre cátedra de los docentes; pues en la actualidad, en Colombia no existen

lineamientos o una propuesta curricular definida, que pueda servir como guía para el desarrollo de ambientes de aprendizaje en RE (Corchuelo, 2015). También se debe ampliar la oferta de cursos de formación en RE, tanto a nivel presencial como virtual y dar una mayor disponibilidad de guías didácticas que faciliten la labor docente (Pittí et al., 2014).

Por esta razón, este trabajo de investigación está centrado en el área de la experimentación con robótica, teniendo en cuenta que esta línea es una de las expresiones de la tecnología cuya aplicación se ha extendido a diversos contextos de la vida del hombre; además de sus diversas aplicaciones en la industria, en el ámbito del entretenimiento y en muchos otros campos (López y Andrade, 2013; Gómez et al., 2008; Avila et al., 2017). Por otra parte, como ha sido común en la historia del conocimiento, y en particular de la tecnología, los robots pueden presentar algunos aspectos negativos de acuerdo al uso de los mismos por el ser humano, como por ejemplo “los vuelos no tripulados para interferir en la privacidad de las personas, los exploradores espaciales para espiar países y los humanoides para llevar la guerra a nivel de robots armados y manipulados a distancia como se puede observar en los videojuegos” (Bearden, 2009 citado en López y Andrade, 2013, p. 45). La anterior apreciación de algunas de las aplicaciones de la robótica, deja ver la urgente necesidad de la educación de los jóvenes en el conocimiento, uso, análisis, adaptación, diseño y construcción de robots; la alfabetización para el buen uso de cada uno de estos tecnofactos; y la ineludible reflexión acerca de las ventajas y desventajas de su uso y adaptación a cada contexto social (López & Andrade, 2013); por lo que se hace indispensable la valoración del pensamiento científico desde la enseñanza de las ciencias, que para este trabajo tendrá un enfoque desde la

perspectiva de Hodson sobre la educación en ciencia, compuesta por tres criterios: aprender ciencia, aprender sobre ciencia y aprender a hacer ciencia.

Existen estudios que muestran cómo la robótica promueve el interés por las carreras de matemáticas y ciencias; así como el aprendizaje de los principios científicos y matemáticos a través de la experimentación, invita a la resolución de problemas, promueve el aprendizaje cooperativo y el desarrollo del pensamiento de orden superior (Reyes y García, 2014). Sin embargo, a pesar de estas ventajas, también es visible que existen escasos reportes sobre aplicaciones de la robótica en ciencias en la educación media y de su potencial para el desarrollo y fortalecimiento de habilidades científicas, discusión que se planteará en la revisión de literatura. En síntesis, este es el núcleo central del problema que se pretende abordar a partir de este estudio.

Por lo que se expone la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es la contribución de una estrategia de experimentación con robótica para el desarrollo de habilidades científicas de los estudiantes de educación media, en el proceso de aprendizaje de la ciencia?

2. Objetivos

2.1.General.

Analizar la contribución de una estrategia de experimentación con robótica para el desarrollo de habilidades científicas de los estudiantes de educación media, en el proceso de aprendizaje de la ciencia.

2.2.Específicos.

- Identificar el pensamiento de orden superior que evidencian los estudiantes cuando relacionan sus intereses con las necesidades de su entorno.
- Describir el papel de la RE en el proceso de aprender a hacer ciencia.
- Identificar las habilidades científicas que desarrollan los estudiantes al enfrentarse a procesos de experimentación con robótica como estrategia educativa.

3. Aproximaciones teóricas

En este capítulo se plantea en primera instancia una revisión de literatura, teniendo en cuenta el aprendizaje de las ciencias desde la perspectiva de Hodson, la RE y las habilidades científicas que se potencian mediante la enseñanza de las ciencias. Luego, se construye el marco teórico sobre el cual se desarrolló este trabajo, desde cuatro ejes principales; comenzando por presentar el referente teórico en el cuál se fundamenta el desarrollo de este trabajo: los retos de la educación científica propuestos por Derek Hodson (1985, 2015), posteriormente se intenta establecer un vínculo entre este planteamiento y la relevancia de la tecnología en el contexto educativo, haciendo un paralelo entre la tecnología como medio de información y de construcción, dando especial énfasis en cómo las TIC pueden implementarse como herramientas que apoyan los procesos relacionados con la enseñanza y aprendizaje que se llevarán a cabo en la investigación.

Seguido a este planteamiento y teniendo en cuenta la tecnología como medio de construcción se plantea la experimentación con robótica desde el contexto educativo, es decir, en el campo de la RE desde tres perspectivas: el aprendizaje de la robótica, el aprendizaje con robótica y la experimentación con robótica. Finalmente se hace referencia al pensamiento de orden superior y a las habilidades científicas que se desarrollan en el aprendizaje de las ciencias, intentando establecer un vínculo entre estos planteamientos a partir de la RE como articulador de todos estos ejes.

3.1. Construcción de la Revisión de literatura.

Para el análisis de los antecedentes se presenta una revisión de literatura enmarcada en tres ejes temáticos, *las habilidades científicas que se potencian mediante la enseñanza de la ciencia; el aprendizaje de la ciencia desde tres aspectos principales: aprender*

ciencia, aprender sobre ciencia y aprender a hacer ciencia de acuerdo a la perspectiva de Hodson y la RE como estrategia de enseñanza – aprendizaje en la educación básica y media, en busca de observar el estado actual de la investigación sobre la problemáticas que se describe en este proyecto.

La búsqueda se llevó a cabo en bases de datos como: Red de Revistas (México) RedALyC, SCIELO - Scientific Electronic biblioteca en línea (Brasil), DIALNET - Fundación Dialnet - Universidad de la Rioja (España) y Google Académico, en donde fueron seleccionadas 32 revistas cuyas categorías se ven enmarcadas en la educación en general, la enseñanza de las ciencias, la educación en ciencia y tecnología y la enseñanza de la física. Para la selección de los artículos o documentos se tuvo en cuenta un periodo de tiempo comprendido entre 2008 y 2018 y se seleccionaron propuestas de enseñanza y de investigación, tanto en educación media como superior, para no dejar por fuera de la búsqueda trabajos de nivel superior que pudieran dar aportes significativos a este trabajo; así mismo, se incluyeron los artículos de revisiones de literatura y los que utilizan la RE como herramienta para la adquisición de conocimientos científicos. Esta primera revisión arrojó aproximadamente 18.432 artículos; luego, para realizar un primer filtro se tuvo en cuenta cuáles de ellos poseían las siguientes palabras claves en título y/o resumen: “habilidades científicas”, “enseñanza ciencia”, “Robótica Educativa”, “Educación básica y media” (también las correspondientes palabras clave en inglés y portugués fueron usadas en la búsqueda) de los cuales se preseleccionaron 210 artículos por su relación con la temática a estudiar en el trabajo de investigación; sin embargo, al hacer una lectura de los resúmenes y/o la introducción de los 210 artículos, sólo en 22 de ellos se encontró una relación directa con los ejes temáticos seleccionados para esta investigación.

En la Tabla 1 se presentan la cantidad de artículos seleccionados para la descripción de los ejes temáticos y las revistas a las que pertenecen.

Tabla 1: Revisión sistemática de revistas.

Nombre de revista	País al que pertenece la revista	Artículos seleccionados finalmente
Magis: Revista internacional de investigación en Educación	Colombia	2
Revista Brasileira de Educación	Brasil	1
Educación e Investigación	Colombia	3
Revista electrónica sobre tecnología, educación y sociedad	México	1
Revista Virtual Universidad Católica del Norte ¹	Colombia	1
Enseñanza de las Ciencias	España	2
Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias	España	1
Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias	Argentina	2
Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología	Argentina	1
Journal of Science Education and Technology	Holanda	1
Revista Brasileira de Ensino de Física	Brasil	3
Física na Escola	Brasil	1
Physics Education	Reino Unido	1
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	Brasil	1
The Physics Teacher	Estados Unidos	1

¹ En esta revista se realizó la revisión desde el año 2014 hasta el 2018.

En el análisis de los documentos seleccionados se muestra que el tema de las habilidades científicas ha sido trabajado desde diferentes niveles de la educación; siendo la educación superior, especialmente en formación docente donde existe el mayor número de trabajos que abordan este tema, seguido del estudio de estas habilidades en la formación básica y con menos profundidad en la educación media. Destacando para la investigación objeto de este trabajo los estudios realizados por Fallows y Steven (2000) que se han preocupado por las habilidades cognoscitivas, la capacidad de comprender y manipular ideas y pensamientos.

Reyes (2010) que ha estudiado las habilidades científicas y su importancia para la calidad de la formación asegura que si se acepta que el estudiar ciencias naturales implica un proceso de razonamiento, que puede incluir un conjunto de habilidades como la formulación de hipótesis, inferir y obtener conclusiones, entre otras, entonces es posible que a través de la robótica se puedan potenciar y fortalecer aquellas habilidades relacionadas con el proceso de hacer ciencia. Por su parte, Monsalves (2011) busca determinar la utilidad de la RE por medio de la implementación de un Modelo Pedagógico de la Robótica Educativa que se desarrolla a través del trabajo con RE contextualizada, planteando que este modelo le permite al estudiante generar su autoaprendizaje y que además le permite a los docentes que lo utilizan, desarrollar en los estudiantes espacios de aprendizaje basados en el constructivismo, desarrollando capacidades que a través de la experiencia se transmutarán en habilidades.

Yriarte (2012) que trata de determinar el efecto del programa basado en la experimentación (PBE) en estudiantes de segundo grado para incrementar las habilidades científicas, en las dimensiones de observación y experimentación, descubrir sus

potencialidades y conocer las dinámicas que se generan al interior del aula cuando se trabaja en esta disciplina, encontrando que existen diferencias significativas a favor del grupo experimental en relación al grupo control, donde el grupo experimental incrementó la capacidad de experimentación. Por su parte López y Andrade (2013) presentan un análisis de experiencias, revisadas en diversos artículos, acerca de la implementación de la robótica en la educación, con el fin de obtener referentes pertinentes para la construcción de una propuesta para el aprendizaje de la robótica en la educación básica secundaria y media, encontrando que el desarrollo de metodologías y propuestas pedagógicas para el aprendizaje de la robótica contempla tanto lo tecnológico, como lo pedagógico en la aplicación de enfoques y estrategias pedagógicas que permitan logros coherentes con los requerimientos y exigencias del sistema educativo.

Barrera (2014) propone actividades lúdicas con robots educativos como pilar de la educación tecnológica; Bonilla, Azcona, Ulloa y Ocampo (2018) analiza el impacto en las capacidades STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) y el progreso académico en un grupo de jóvenes estudiantes que han desarrollado un proyecto basado en Arduino, donde los resultados mostraron un crecimiento significativo en la creatividad, el pensamiento sistemático y la resolución de problemas en los estudiantes; y Mancilla *et al.* (2017) que tienen como principal aportación la de lograr en los estudiantes el fortalecimiento en la comprensión de las ciencias, utilizando la RE como herramienta pedagógica y principal motor para su motivación.

Por otra parte, se identifican en la literatura algunos estudios de caso sobre las habilidades de investigación de estudiantes en distintos contextos (Koppi, Nolan y Field, 2010; Valter - Akerlind, 2010; Henderson, Nunez y Casari, 2011; Kiley, Moyes y Clayton,

2009), que plantean la necesidad de potenciar en la educación científica, habilidades de pensamiento que le permitan a los estudiantes generar procesos de investigación, reconociendo las necesidad del contexto y proponiendo el acercamiento a diferentes métodos de enseñanza como apoyo para generar aprendizajes significativos. Se destacan también dentro de esta misma línea, los trabajos sobre estrategias para el desarrollo de habilidades de investigación en casos concretos y en campos del saber específicos (Helm, McBride, La Bianca, 2011; Kiley, Moyes y Clayton, 2009; Murdoch, et al., 2010).

En el caso de la RE, son muchos los trabajos que se centran en la elaboración de tecnofactos, desde la parte operativa, pero se limitan a construir los robots y al conocimiento del área específica de la ciencia en la que se están enfocando, haciendo poco énfasis en la parte relacionada a las habilidades científicas que se pueden adquirir con la aplicación de esta herramienta (Mancilla, Aguilar, Aguilera, Subías y Ramírez, 2017; Miglino, Hautop y Cardaci, 2014; Pittí, Curto y Moreno, 2010; Monsalves, 2011). Por lo que se hace necesario la implementación de estrategias que permitan ahondar en este tema buscando la apropiación de esta herramienta pero enfocada a la enseñanza de la ciencia desde una perspectiva experimental que sirva como motivadora, que promueva el aprendizaje de la ciencia, pero que también incentive al estudiante a aprender sobre ciencia y a adquirir competencias científicas que se desarrollan desde el trabajo práctico, y que pueden estar relacionadas con la adquisición de una serie de habilidades generalizables y libres de contenido, que se cree que son transferibles a otras áreas de estudio y válidas para todos los alumnos como un medio para enfrentarse a los problemas cotidianos que se dan fuera del laboratorio; o que corresponden a aquellos argumentos que afirman desarrollar la

destreza y las técnicas de investigación básicas consideradas como esenciales para futuros científicos y técnicos (Hodson, 1994).

Acosta, Forigua y Navas (2015) afirman que desde que se ha venido implementando el uso de las TIC en la educación, se han obtenido resultados positivos en los procesos de enseñanza y aprendizaje, dando mayor prelación al uso de la computadora y solo hasta hace algunos años se comenzó a implementar la aplicación de la robótica en el ámbito pedagógico, evaluando cómo esta influye ampliamente en el contexto colectivo escolar, la realidad de interacción social y la dimensión de sociedad del conocimiento. También se muestra que en muchas ocasiones prevalecen estrategias de enseñanzas tradicionales, pero con diferentes materiales y mayor inversión, dando más énfasis a la aplicabilidad de herramientas tecnológicas y manejo de ellas por parte de los estudiantes, que a la adquisición de conocimientos y la aplicación de estos en la ciencia específica que se está trabajando. Debido a esto, se hace necesario trabajar con estrategias que involucren al estudiante con sus compañeros, el contexto y la cotidianidad, generen proyectos viables, desarrollen competencias y habilidades en las diferentes áreas, fortalezcan el pensamiento lógico, científico y tecnológico, integren redes de conocimiento y comunidades de aprendizaje y finalmente genere un desarrollo humano integral con responsabilidad social (Gutiérrez, 2010).

En la Figura 1 se esquematiza la relación entre los artículos seleccionados y los ejes temáticos planteados para la construcción de la revisión, al igual que se incluyen los textos base utilizados para la construcción del referentes teórico que se tuvo en cuenta en la elaboración del trabajo.

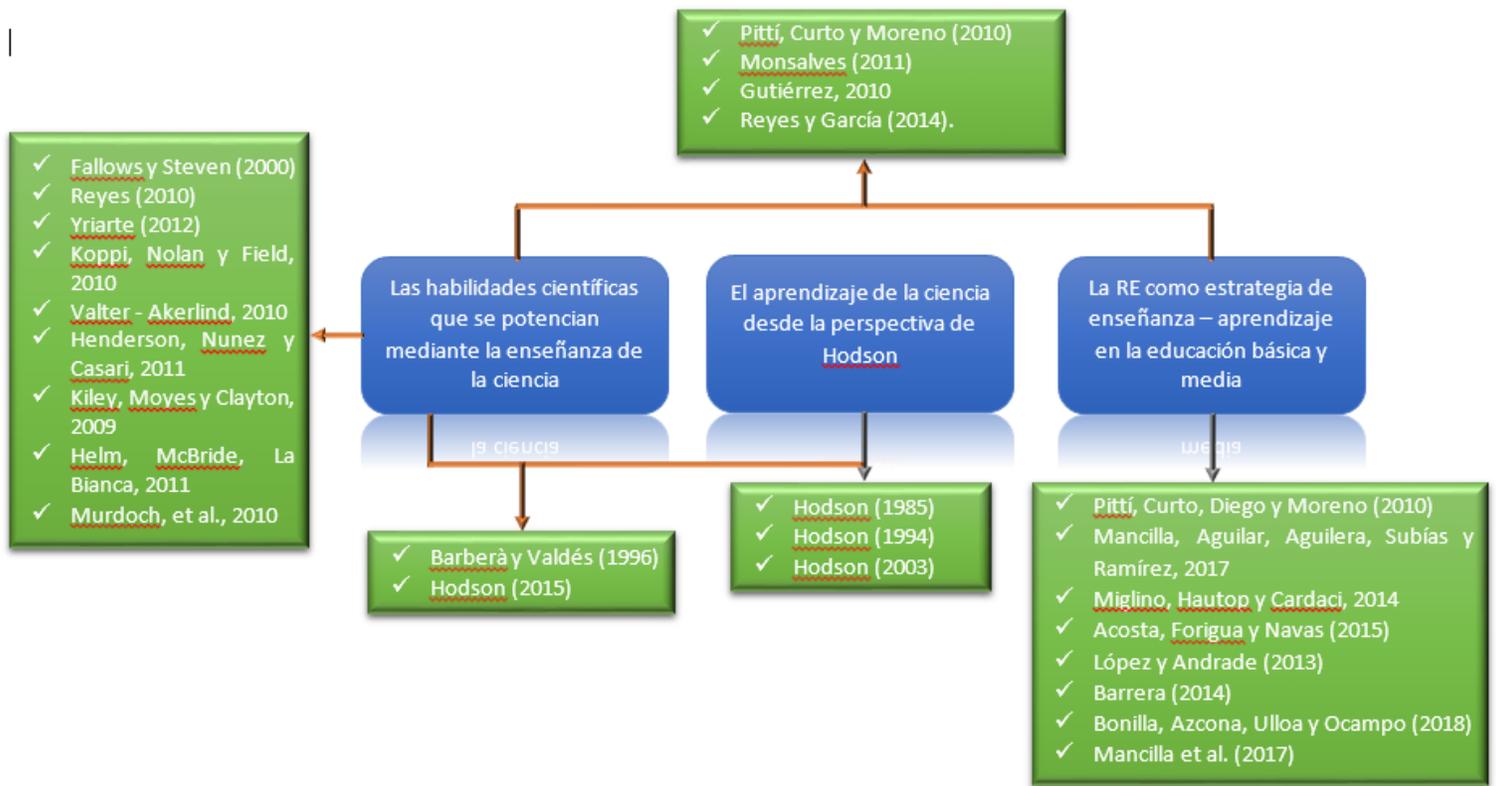


Figura 1: Relación entre las revistas seleccionadas y los ejes temáticos planteados para la revisión de literatura.

Es por esto que en este trabajo se plantea la implementación de la RE como posible estrategia de aprendizaje en el fortalecimiento del trabajo colaborativo en la educación media, mediante el cuestionamiento de ¿cuáles son las habilidades científicas que se desarrollan por medio de la RE para la experimentación con robótica en la educación media?

3.2. Marco Teórico.

3.2.1. Retos y desafíos actuales para la educación científica

En Colombia vivimos en una época en la cual la ciencia y la tecnología ocupan un lugar fundamental en el desarrollo de los pueblos y en la vida cotidiana de las personas;

desde el transporte, el entretenimiento, la medicina, la educación, entre muchos más, están demarcados por los avances que se den tanto en la ciencia como en la tecnología; lo que implica que las personas deben contar con conocimientos y herramientas necesarias para comprender su entorno. Es por esto que según el Ministerio de Educación Nacional (MEN) (2004) formar ciudadanos y ciudadanas en ciencias naturales en la educación básica y media significa:

Contribuir a la consolidación de personas capaces de asombrarse, observar y analizar lo que acontece a su alrededor y en su propio ser; formularse preguntas, buscar explicaciones y recoger información; detenerse en sus hallazgos, analizarlos, establecer relaciones, hacerse nuevas preguntas y aventurar nuevas comprensiones; compartir y debatir con otros sus inquietudes, sus maneras de proceder, sus nuevas visiones del mundo; buscar soluciones a problemas determinados y hacer uso ético de los conocimientos científicos (p. 2)

En la actualidad, las disciplinas científicas (consideradas como cuerpos de conocimiento integrados en el desarrollo de una investigación) intentan no sólo hacer descripciones o predicciones de acontecimientos bajo ciertas condiciones, sino más bien comprender la naturaleza de las cosas y sus complejas relaciones, las razones que se ocultan tras los eventos (MEN, 2004). Por lo que las explicaciones que provienen del quehacer científico no son verdades absolutas e irrefutables, como dijera Kuhn (1971) (Citado por Niedo y Macedo, 1997), podemos entender la llamada “verdad científica” como un conjunto de paradigmas provisionales, susceptibles de ser reevaluados y reemplazados por nuevos paradigmas.

Llevar a cabo la perspectiva de educación científica propuesta por el MEN (2004), trae consigo algunos retos y desafíos en el ámbito educativo. Uno de ellos consiste en la importancia de que los docentes formen a los estudiantes no sólo en lo cognitivo e intelectual, sino también en la dimensión afectiva, expresiva, ética y moral; es decir, que se tenga en cuenta la integralidad del sujeto (Arana, 2005; Posada, 2007; Henao y Palacio, 2013 citados en Mira y Pérez, 2018). Para Márquez, Roca y Sanmartí (2009) (citado en Arias, 2016), los problemas que se abordan para la educación en ciencias no son estables, y la visión que se les imprime depende de quien esté orientando el aprendizaje y de su propia visión sobre la ciencia, la ciencia a enseñar y el contexto social en el que se está desarrollando los procesos de enseñanza y aprendizaje; por lo que las autoras establecen tres asuntos para investigar en la Didáctica de las Ciencias: la brecha entre el avance de la ciencia y lo que se enseña en la escuela, la enseñanza de las ciencias en clases con alto grado de movilidad de estudiantes entre escuelas y la valoración de algunos contenidos sobre otros en diferentes niveles escolares.

Otro desafío a tener en cuenta es que tanto en el campo disciplinar como en el curricular, la ciencia en su sentido formal y la ciencia escolar muestran un desfase, donde la ciencia avanza constantemente mientras la ciencia escolar permanece al margen. Esta situación debería ser motivo de constante reflexión por parte de los docentes, pues “si las ciencias son el resultado de una actividad humana compleja, su enseñanza no puede serlo menos” (Rodríguez, Izquierdo y López, 2011, p. 25). La paradójica disonancia entre los conceptos, teorías, personajes, métodos, entre otros, que hay al realizar un comparativo entre la ciencia y la ciencia escolar ponen de manifiesto la pertinencia de los currículos en el área, ya que parecen estar lejos de los avances de la ciencia, de como ésta se lleva a cabo

y el sentido mismo de ese saber, donde los conocimientos científicos que se trabajan en la educación en ciencias en ocasiones son tan lejanos a las experiencias cotidianas de los estudiantes que pierden significancia para ellos (Arias, 2016).

Se hace importante mencionar, que los procesos educativos en ciencias van ligados intrínsecamente a las realidades de los estudiantes; de hecho, la ciencia surgió para dar explicación al mundo, por lo cual su esencia parte de esos fenómenos naturales y sociales que no deben olvidarse a la hora de enseñarla, y de ahí la importancia de la formación en la cultura científica que posibilite la resolución de problemas de la vida cotidiana (Hodson, 2003). No obstante, como plantea Hodson (2015)

Debido a que el procedimiento para conducir investigaciones científicas no está fijado, e implica un componente que es dependiente de la experiencia en un sentido muy personal, este no es enseñable en forma directa. O sea que no se puede aprender ciencia aprendiendo una prescripción o un algoritmo a aplicarse en todas las situaciones. La única forma efectiva de aprender a hacer ciencia es haciendo ciencia, acompañados de docentes bien entrenados y experimentados que puedan brindar apoyo, crítica y consejo durante la experimentación, y quien sea capaz de modelar los procesos implicados y facilitar la crítica del estudiante (p. 11).

Teniendo en cuenta los retos y desafíos aquí expuestos con respecto a los procesos de aprendizaje en ciencias, algunas veces es conveniente pensar la educación en ciencias como compuesta por tres tipos de criterios (aprender ciencia, aprender sobre ciencia y aprender a hacer ciencia), que constituyen el referente conceptual de este trabajo de investigación y que fue propuesto por Derek Hodson (1985, 2015). De tal manera que los conocimientos disciplinares al ser presentados a los estudiantes desde perspectivas y formas

más cercanas a sus necesidades e intereses posean estrategias que promuevan la adquisición y desarrollo de conocimientos conceptuales y teóricos (*aprender ciencias*); generen comprensión de la naturaleza y métodos de la ciencia, desde la toma de conciencia de las complejas relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y el entorno, teniendo en cuenta la metacognición que posibilita la comprensión de obstáculos, rupturas, delimitaciones y errores por los que pasa el conocimiento científico (*aprender sobre ciencia*) y desarrollen la comprensión de sus procesos teóricos y prácticos en el marco de una visión clara y fundamentada de la ciencia (*aprender a hacer ciencia*).

Con el fin de llenar de significancia los procesos llevados a cabo en el campo de la educación en ciencias, y teniendo en cuenta los avances y desarrollos tecnológicos, se ha buscado incorporar al sistema educativo las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) para apoyar los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, ya que se ha venido reconociendo que la integración de las TIC en estos procesos tiene un alto potencial de desarrollo (Sanmartí & Izquierdo, 2001; Blancas, 2010; Blancas y Rodríguez, 2013; Arias, 2016). Por ende, sería pertinente valorar la contribución de la implementación de TIC en el proceso de enseñanza al cumplimiento de los retos y desafíos planteados en este apartado.

3.2.2. La tecnología como medio de construcción

Por su carácter interactivo y dinámico, las TIC –por su naturaleza y características– brindan una amplia variedad de herramientas para el diseño y ejecución de actividades didácticas, que pueden clasificarse según Pontes (2005), entre herramientas de carácter general que son aquellas que pueden ser útiles para todo tipo de actividades y las específicas de enseñanza y de aprendizaje que consisten en la utilización de estas

tecnologías generales pero articuladas en un diseño didáctico o instruccional sobre aspectos concretos de las diversas áreas.

Profundizando un poco, Papert (1995) (Citado por Pittí *et al.*, 2010) resume en dos los aspectos de la tecnología digital, que son: la tecnología como un medio de información, que es el aspecto dominante y la tecnología como medio de construcción que es a dónde cree él debería evolucionar. Por lo que se espera que la tecnología digital se utilice como un medio expresivo para la creación; es decir, que se trascienda entre obtener información y construir cosas, que sería uno de los principales retos del sistema actual de enseñanza, en donde debe predominar la creación y la innovación, interactuando el aprendizaje de los estudiantes con el hacer y saber hacer en contexto.

Para Papert (1995) (Citado por Pittí *et al.*, 2010) no fue suficiente con formular la teoría construccionista, sino que junto a un equipo de investigadores del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), desarrollaron un lenguaje de programación (LOGO) que fue de interés para la compañía LEGO y diseñaron una interface que permite conectar la construcción con la programación. Surge así la línea LEGO Mindstorms en 1998, que no requerían conocimientos eléctricos ni electrónicos, que ha adquirido gran acogida en el campo de la educación para aprender robótica y construir robots, sentando las bases de la robótica para fines educativos.

3.2.3. La robótica en los espacios formativos

La RE realiza una sinergia entre la implementación de la robótica y la elaboración de tecnofactos y el logro de aprendizajes en los procesos formativos (Reyes y García, 2014). El uso de la robótica como estrategia de aprendizaje, puede describirse como un

proceso sistemático y organizado, en el que intervienen elementos tecnológicos interrelacionados (plataforma robótica y *software* de programación) como herramientas mediadoras, cuyo objetivo final es lograr aprendizajes (Pittí, Curto, Moreno y Rodríguez, 2014). La RE es la generación de entornos de aprendizaje basados principalmente en la iniciativa y la actividad de los estudiantes (Nonnon, 1984, citado en Márquez y Ruiz, 2014); debido a la multidisciplinariedad de la robótica, se constituye en un área de gran aplicabilidad, ya que un robot está compuesto de muchas partes, y el estudio de cada una de estas implica desarrollar un conocimiento en áreas tales como la ingeniería, la informática, la electrónica y la matemática; lo que involucra que el estudiante vea el todo como el conjunto de sus partes y que pueda desarrollar habilidades que le permitan comprender sistemas complejos, en cualquiera de las disciplinas que estén involucradas en la elaboración del robot.

De acuerdo con Zohar (2006), son varias las razones de peso que apoyan la visión de que el desarrollo del pensamiento de los estudiantes es un componente importante de la educación científica y constituye en sí mismo un reto de la escolarización en el siglo XXI. Pensar bien, según la autora, es un prerrequisito para ser un ciudadano crítico en una sociedad auténticamente democrática y para hacer frente competente a la gran cantidad de información y al manejo de las nuevas tecnologías de la información. Dada la naturaleza especial de las asignaturas científicas, el aprendizaje de las ciencias provee un contexto maravilloso para desarrollar pensamiento crítico, creativo, sistémico y habilidades científicas en los estudiantes, construyendo conocimientos significativos porque alienta a los estudiantes a procesar los temas de ciencias aprendiendo a ser pensadores activos (Torres, 2004; Zohar, 2006; López, 2012; Peñaloza, 2013).

3.2.4. Pensamiento de orden superior y habilidades científicas.

Para Cañedo (2008) (citado en Reyes y García, 2014) se habla de una habilidad desde el punto de vista pedagógico, como la capacidad de dirigir el proceso de asimilación de las acciones y operaciones que lleve a cabo un individuo. Cada habilidad posee operaciones cuya integración permite el dominio de un modo de actuación por los estudiantes.

Según Sendag y Odabasi (2009), las habilidades de orden superior como la resolución de problemas, el pensamiento creativo y el pensamiento crítico son parte importante de las habilidades que pueden movilizarse siempre que se genere un contexto adecuado mediante la RE. Así mismo, según Sullivan (2008) (Citado por Pittí *et al.*, 2010), la resolución de problemas en robótica, como recurso didáctico, involucra cuatro de seis habilidades características de la alfabetización científica: computación, estimación, manipulación y observación.

Ahora bien, de acuerdo al MEN (2015), las habilidades científicas que debe tener un estudiante son: explorar hechos y fenómenos, analizar problemas, observar, recoger y organizar información relevante, utilizar diferentes métodos de análisis, evaluar los métodos y compartir los resultados, medir, experimentar, evaluar, formular preguntas, investigar, usar instrumentos. Las actitudes científicas son igualmente importantes y, por ello, se busca fomentar y desarrollar en el estudiante: la curiosidad, la honestidad en la recolección de datos y su validación, la flexibilidad, la persistencia, la crítica y la apertura mental, la disponibilidad para hacer juicios, la disponibilidad para tolerar la incertidumbre y

aceptar la naturaleza provisional propia de la exploración científica, la reflexión sobre el pasado, el presente y el futuro, el deseo y la voluntad de valorar críticamente las consecuencias de los descubrimientos científicos y la disposición para el trabajo en equipo.

En el plano local, un profesor de ciencias debe desarrollar con sus estudiantes un conjunto de habilidades definidas en las bases curriculares vigentes (MEN, 2012). De acuerdo con estas, el estudio de sus disciplinas implica un proceso de razonamiento lógico que incluye un conjunto de habilidades; sin embargo, teniendo en cuenta que en los procesos científicos se identifica un problema de investigación, se plantean formas de abordarlo, analizarlo, sometiendo los resultados a verificación y socialización; hacer ciencia se puede considerar como un proceso que reúne un conjunto de habilidades denominadas habilidades del proceso científico, que se clasifican en cinco categorías: tres permanentes (observar, estudiar y comunicar) y dos de transición (problematización y codificación) (Reyes & García, 2014), que serán para este estudio, como el conjunto de habilidades a tener en cuenta en el análisis.

Para tener mayor claridad sobre estas clasificaciones a continuación se hace una descripción de cada una de estas habilidades científicas.

La observación es aquella que me permite estudiar un fenómeno, hecho o caso; poder recopilar información por medio de los sentidos, utilizando los instrumentos que tenga a mi alcance para registrar dicha información para realizar luego un posterior análisis de ella. Según Reyes y García (2014) comprende “la utilización de la totalidad de los sentidos en la distinción de patrones mediante el examen, la identificación, el reconocimiento, la comparación y la contrastación” (p.273).

La problematización es la habilidad que permite encontrar obstáculos o vacíos de información que genere un desconocimiento o falta de datos con respecto de un asunto o fenómeno y que le sirva al observador para estructurar con estos datos una situación que puede ser estudiada, realizando para esto delimitaciones e identificando claramente el problema central que se va a estudiar.

La habilidad de *estudiar* se refiere a la capacidad que tiene el observador de realizar inferencias, de predecir comportamientos, de clasificar, explorar y usar modelos, para luego por medio del análisis construir resultados y poder sacar conclusiones. Es aquella habilidad que le permite al observador construir conocimiento mediante el manejo y análisis de los datos adquiridos.

La codificación es la manera como el observador logra registrar la información, almacenarla de manera lógica y coherente de tal manera que se facilite su lectura y posterior análisis. Se centra en el uso de herramientas como gráficos, tablas, programas de codificación computarizados (*software*), entre otros; que le permitan al observador realizar códigos lingüísticos adecuados al contexto para una posterior comunicación de resultados y conclusiones.

La habilidad de la *comunicación*, es la capacidad de brindar una opinión (explicar los resultados obtenidos de manera verbal o escrita), teniendo en cuenta el contexto y la comunidad a la que se le quieren mostrar los resultados, demostrando una alfabetización científica.

La Figura 2 plantea la relación que se hace entre la perspectiva de Hodson (1985, 2015) desde los tres retos de la enseñanza en ciencias y la RE, teniendo en cuenta cómo

esta última nos permite la creación y la innovación desde la alfabetización científica, el pensamiento de orden superior y las habilidades científicas que se pueden desarrollar con esta estrategia.

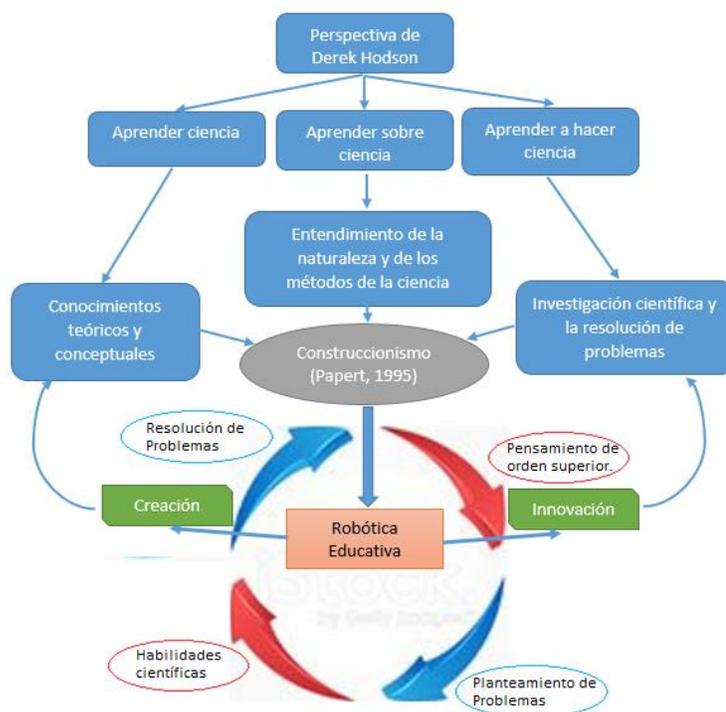


Figura 2: Relaciones entre los referentes teóricos de la presente investigación. Elaboración propia.

4. Diseño Metodológico

4.1. Paradigma y enfoque.

Se implementa un estudio desde el paradigma histórico – hermenéutico, con un interés práctico enfocado en la comprensión de una realidad social, ya que se busca indagar en situaciones naturales, cómo los estudiantes por medio de la experimentación con robótica con Arduino intentan dar sentido a los fenómenos que ocurren a su alrededor y por medio de ello observar si logran desarrollar habilidades científicas desde la enseñanza de las ciencias utilizando problemáticas habituales, y si le encuentran mediante ese proceso relevancia para la vida. “La Hermenéutica debe ser vista como una forma de comprensión crítica que permite analizar las relaciones humanas dentro del ejercicio de la razón de vida plena para toda la humanidad, ampliando el campo de la significación teórica” (Bautista, 2011, p.50). Por lo que se hace necesario que la investigación se lleve a cabo por medio de una imagen compleja y holística, un análisis del lenguaje verbal y no verbal utilizado por los sujetos a investigar y de la trascendencia de las actividades a desarrollar durante los procesos de intervención en el aula de clase; por lo que no se limite a saber datos estadísticos del aprendizaje, sino también a la repercusión de esos aprendizajes, mediante la interpretación y comprensión de los mismos, analizando no solo el ¿cómo?, sino también el ¿por qué? Por esta razón la investigación es cualitativa, sostenida por métodos de análisis y explicación que abarcan la comprensión de la complejidad, el detalle y el contexto (Mason, 2006; citada en Vasilachis, 2006).

4.2. Tipo de investigación y método.

Como lo que se requiere es un conocimiento profundo de la implementación de la estrategia experimental, exige un análisis que permita el conocimiento de lo

idiosincrásico, lo particular y lo único. Por lo que se debe prestar atención a lo que específicamente puede ser aprendido de un caso simple, de un ejemplo de acción (Stake, 2007). Debido a esto, la investigación se basará en un estudio de casos de tipo instrumental desde la perspectiva de Stake (2010).

En esta investigación se desea conocer cómo la RE como herramienta pedagógica sirve como propuesta para el desarrollo de habilidades científicas; para lo cual se seleccionó un grupo de 4 participantes de un semillero de robótica que se lleva a cabo en la Institución Educativa Cardenal Aníbal Muñoz Duque como actividad extracurricular, formado por estudiantes de los grados 10° y 11°, donde cada uno de los estudiantes escogidos es el instrumento para aprender del problema que en conjunto representan.

Aunque la investigación se hizo desde un análisis único, se identificaron tanto lo común como lo particular, por lo que se debió tener en cuenta la naturaleza de la experimentación con robótica con Arduino como generadora de habilidades científicas; además de otros contextos relacionados o implicados, como el económico, el político, el legal y el estético y los estudiantes a través de los cuales puede ser conocida e indagada la estrategia de aprendizaje implementada en la investigación. No se puede dejar de lado la complejidad del estudio de casos, ya que este también es un examen holista de lo único, lo que significa tener en cuenta las complejidades que lo determinan y definen (Stake, 2007).

Es por esto que el estudio de caso que se llevó a cabo en este trabajo está delimitado temáticamente por la experimentación con robótica en el proceso de aprendizaje de las ciencias, teniendo en cuenta cómo influye esta experimentación en el

desarrollo de habilidades científicas en los estudiantes de educación media de la IECAMD, que se encuentran adscritos al semillero de robótica, a la luz de los propósitos de la Educación en Ciencias: aprender ciencias, aprender sobre ciencias y aprender a hacer ciencias (Hodson, 2015).

4.3. El estudio de casos desde la perspectiva de Stake.

Cada vez son más frecuentes los estudios de casos en la investigación educativa, pero no siempre su elección aparece suficientemente justificada. El estudio de caso destaca entre los diseños de tipo cualitativo, junto con los de investigación-acción y los estudios etnográficos, con los que se confunde con frecuencia. Dado el incremento que ha experimentado la realización de estudios de caso en investigación parece conveniente plantear su delimitación, pues no siempre se discrimina bien lo que es (Álvarez & San Fabián, 2012).

El estudio de caso -o estudio/s de casos, dependiendo de los autores- es un concepto que abarca numerosas concepciones sobre la investigación. De hecho, es un término que sirve de "paraguas" para toda una amplia familia de métodos de investigación cuya característica básica es la indagación en torno a un ejemplo. Stake (2007) plantea esta cuestión cuando asevera que "existen muchísimas formas de hacer estudios de casos".

Para algunos autores su potencialidad está en su capacidad para generar premisas hipotéticas y orientar la toma de decisiones. Así, para Arnal, Del Rincón y Latorre (1994) el estudio de casos "debe considerarse como una estrategia encaminada a la toma de decisiones. Su verdadero poder radica en su capacidad para generar hipótesis y descubrimientos, en centrar su interés en un individuo, evento o institución, y en su

flexibilidad y aplicabilidad a situaciones naturales” (p. 206). Louis Smith (Citado en Stake, 2007), uno de los primeros etnógrafos educativos, definía el caso como un "sistema acotado", con lo que insistía en su condición de objeto más que de proceso, por lo que se debe tener especial cuidado al definir cuál será el caso a estudiar.

Según Stake (2007), lo que distingue al estudio de casos es comprender cuál es esa realidad objeto de estudio: "el estudio de casos es el estudio de la particularidad y de la complejidad de un caso singular, para llegar a comprender su actividad en circunstancias importantes" (p. 11). La potencia y justificación investigadora de un estudio de caso se basa en el supuesto de que lo global se refleja en lo local; es decir, en la naturaleza holográfica de la realidad, describiendo cualquier proceso de una unidad de vida en sus diversas interrelaciones con su escenario cultural.

Según Rodríguez, Gil y García (1996), la elección de un estudio de casos puede apoyarse en tres razones: su carácter crítico; es decir, en la medida en que el caso permite confirmar, cambiar, modificar o ampliar el conocimiento sobre el objeto de estudio; su carácter extremo o unicidad, pues parte de una situación que tiene un carácter específico y peculiar, como señala Stake (2005) "estudiamos un caso cuando tiene un interés muy especial en sí mismo" (p. 11); y por último, el carácter revelador del caso permite observar y analizar un fenómeno o hecho particular relativamente desconocido en la investigación educativa y sobre el cual pueden realizarse aportaciones de enorme relevancia.

Stake (1995) plantea que un estudio de caso permite descubrir hechos o procesos que si se utilizasen otros métodos probablemente se pasarían por alto, arrojando luz sobre cuestiones sutiles. Además, permite y requiere la triangulación de la información recogida

para evitar el sesgo del investigador, siendo estas algunas de sus potencialidades; sin embargo, es cierto que el estudio de caso ha sido objeto de críticas, especialmente desde la investigación cuantitativa por su carácter subjetivo, pero Stake (1995) plantea que “se sabe que la pretensión de los investigadores cualitativos es realizar una investigación subjetiva. No se considera que la subjetividad sea un fallo que hay que eliminar, sino un elemento esencial de comprensión” (p. 48).

De acuerdo con cuál sea la finalidad del estudio de caso, a las técnicas de recogida de información y al informe, se puede concluir que no existe un único modo de hacer estudios de caso, por lo que Stake (2007) plantea tres tipos de estudios de caso atendiendo a la finalidad última del mismo: el intrínseco en donde no es posible una “elección”, sino que el caso nos viene dado, viéndonos obligados a tomarlo como objeto de estudio por su valor en sí mismos; es decir, es en sí de interés. El instrumental, es un tipo de estudio que pretende “generalizar” a partir de un conjunto de situaciones específicas. El caso se examina para profundizar en un tema o afinar una teoría, de tal modo que el caso juega un papel secundario, de apoyo, para llegar a la formulación de afirmaciones sobre el objeto de estudio. El colectivo, que se realiza cuando el interés de la investigación se centra en un fenómeno, población o condición general seleccionando para ello varios casos que se han de estudiar intensivamente.

Para efectos de la presente investigación, se eligió un estudio de caso de tipo instrumental, ya que según Stake (2007) es de este tipo cuando nos encontramos con una cuestión que se debe investigar, que es paradójica, que necesita de una comprensión general, y que podemos entender mediante el estudio de un caso particular o elegir a varios estudiantes como objeto de estudio (como es el caso de esta investigación), pero cada caso

aporta para aprender sobre el tema en cuestión, encontrando una buena coordinación entre lo aportado por cada estudiante y el objeto de estudio que se desea analizar en general.

4.4. Contexto y participantes.

La Institución Educativa en la que se desarrolló la presente investigación, se encuentra ubicada dentro de la cabecera municipal de Santa Rosa de Osos, Antioquia; geográficamente en la parte noroccidental cerca de la unidad deportiva del municipio. Cuenta con 2000 estudiantes aproximadamente, distribuidos en una sede de secundaria ubicada en la cabecera municipal y tres sedes de primaria urbanas y cuatro rurales. De esta población el 60% corresponde al sector urbano y el 40% restante se desplaza diariamente desde el sector rural.

Los 2000 estudiantes son provenientes de 800 familias aproximadamente. Dichas familias en su gran mayoría (89.9%, según el registro de la secretaría) están ubicadas en los estratos 1 y 2, y dependen económicamente de la lechería, la confección, la producción agrícola de la papa y el tomate de árbol y otros oficios.

La población anteriormente descrita se ve enfrentada a diversas situaciones y problemáticas familiares, sociales, económicas y ambientales que de manera particular afectan a los estudiantes. Aunque Santa Rosa es un municipio sano se ve afectado por lo que acontece en su entorno regional y no es ajeno a los problemas comunes de la nación, como el desempleo, la corrupción, el maltrato, la violencia familiar y social, la adicción a sustancias psicoactivas, el desplazamiento, entre otros. Es por esto que en la Institución Educativa Cardenal Aníbal Muñoz Duque (IECAMD) se realizan actividades que buscan favorecer a sus estudiantes en el buen

uso del tiempo libre, y que se logran con el apoyo de alianzas con entidades públicas y privadas para favorecer la lúdica, el sano esparcimiento, la cultura, el deporte, la recreación y el aprendizaje.

En la búsqueda por fortalecer el proyecto de tiempo libre, se brindan semilleros en contra jornada en diferentes áreas del conocimiento, siendo uno de estos semilleros el de robótica. En este proyecto se trabajó con el semillero de robótica que está adscrito al Proyecto de uso del tiempo libre de la IECAMD, en donde se buscó realizar el montaje de un robot con una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (*open-source*) basada en *hardware* y *software* que es flexible y fácil de usar (Arduino), por medio de la elaboración de unos prototipos, el conocimiento de tópicos en electricidad, electrónica, mecánica y diseño de planos, mediante el trabajo experimental.

En el proyecto estuvieron suscritos cuatro estudiantes, dos hombres y dos mujeres, con edades entre los 14 y 17 años de edad que se inscribieron al semillero de robótica de la Institución Educativa desde el mes de mayo del año 2019. Dos de estos estudiantes presentaron un interés reflejado en su proyecto de vida para su participación en el curso, por lo que su ingreso fue totalmente voluntario, una ingresó por la oferta de uso adecuado del tiempo libre de la Institución Educativa y aunque su ingreso también fue voluntario no tenía proyectos a largo plazo con los conocimientos que se pudieran alcanzar en el semillero y un estudiante se le asignó este semillero como posibilidad para potenciar su rendimiento académico y

comportamental, debido a su bajo desempeño durante las actividades curriculares, por lo que no escogió estar en el semillero de manera voluntaria.

4.4.1. Modelo pedagógico de la institución educativa.

El modelo pedagógico que se utiliza en la Institución Educativa (IE) es el holístico transformador para la vida, y la misión que se plantea la IE con este modelo de acuerdo a su Proyecto Educativa Institucional (2019) es “formar al ser humano, en la madurez integral de sus procesos, para que construya el conocimiento y transforme la realidad socio – cultural desde el liderazgo, resolviendo problemas desde la innovación educativa” (p.16), en donde se tienen en cuenta 21 dimensiones, entre las cuales se tiene la antropológica, la axiológica, la ético – moral, la formativa para el desarrollo humano, la cognitiva, la científica, la metodológica, la tecnológica frente a la construcción del conocimiento y la formación de nuevos saberes, entre otras.

La integración y desarrollo de esas 21 dimensiones permiten que los estudiantes alcancen diez tipos de aprendizajes necesarios para la vida como son: aprender a ser, aprender a saber, aprender a saber hacer, aprender a sentir, aprender a pensar, aprender a actuar, aprender a vivir, aprender a convivir, aprender a aprender y aprender a emprender, como pilares de la tarea actual de la educación, necesarios para generar las transformaciones que demanda el país (Jaramillo, 2011).

Este modelo Holístico transformador para la vida se lleva a cabo en el aula de clase apoyado en un taller pedagógico que es una estrategia didáctica que busca la construcción del conocimiento desde una perspectiva horizontal, ya que permite que las personas aporten una cantidad de información de gran valor como insumos para la

interpretación y el análisis y que puede definirse como un centro de reunión donde convergen variedad de concepciones educativas, estrategias didácticas y se nutre por la diversidad de criterios que producen un intercambio de ideas entre los participantes. Además, el taller pedagógico es un proceso integrador de actividades de enseñanza y aprendizaje conducentes a formar en los participantes una actitud científica, crítica y reflexiva (Alfaro & Badilla, 2015). Este taller pedagógico en la IECAMD tiene cinco momentos:

- El encuentro: son todas aquellas actividades que están dirigidas a lograr un acercamiento entre los organizadores del taller y los participantes, entre ellas están el saludo y la bienvenida, la presentación de los asistentes al taller, la entrega de material y el programa para explicar qué se hará y de qué manera se trabajará.
- El ver: hace referencia al planteamiento de actividades que permitan observar los conceptos previos que tienen los participantes del taller pedagógico y que serán necesarios para la movilización de los conceptos que se desean desarrollar en el taller.
- El comprender: corresponden a procesos y a la secuencia de actividades que conforman el cuerpo del taller, como por ejemplo: la información, la interpretación, la comprensión, el análisis, la síntesis, la aplicación, el juicio crítico, el juzgar y valorar para dar soluciones a las problemáticas planteadas, los valores y principios, entre otras.
- El actuar: Son actividades que ponen manos a la obra al participante, en busca de observar si hay o no aprestamiento del conocimiento. Un taller debe incorporar el desarrollo de habilidades y destrezas sin perder de vista lo cognoscitivo y afectivo

pero muy apegado a lo psicomotriz. En estas cabe lo relativo a las nuevas tecnologías de la información, los avances en la ciencia, lo artístico, la creatividad, entre otras.

- El evaluar y/o concertar: Al final de un taller pedagógico, la evaluación es fundamental como un ejercicio que facilita el diálogo y la comunicación estrecha que lleva al desarrollo de procesos de autoevaluación y coevaluación, así como a un sistema de evaluación más autogestionaria. El trabajo individual y grupal posibilita que entre compañeros se establezcan parámetros para evaluar de manera diagnóstica, formativa y sumativa lo desarrollado.

El taller pedagógico se utiliza en la IECAMD en todos los procesos, talleres, capacitaciones de la comunidad estudiantil, reuniones, proyectos, semilleros y cualquier actividad curricular, por lo que las planeaciones de estas actividades deben contener de manera explícita estos momentos.

También es necesario estipular que en la IECAMD se implementó el concepto de educación basada en competencias (EBC) que es un modelo de aprendizaje que prioriza las competencias que adquieren los estudiantes por sobre el tiempo que pasan en clase. Es un modelo que ofrece varias ventajas, como por ejemplo que los docentes pueden actuar como consejeros, orientadores y mentores, y contribuyen activamente a la persistencia de los estudiantes a demostrarse a sí mismos el dominio de las competencias y sobre todo porque este modelo entra como un complemento y apoyo del modelo utilizado por la Institución Educativa, lo que se busca es hacer del trabajo en el aula de clase mucho más dinámico, agradable y donde los estudiantes sean conscientes de su proceso académico. Por esta razón en el Plan de Aula se deben

observar tanto el aprendizaje esperado, como las evidencias de aprendizaje que dan cuenta del mismo, desde el saber, el hacer y el ser, por lo que al ser el Semillero de Robótica parte de un proyecto de la institución Educativa se requiere que su planeación contenga la estructura aquí planteada (Anexo A).

4.5. Estrategias para el registro de la información.

De la considerable variedad de estrategias y técnicas que pueden ser empleadas en una investigación cualitativa, se escogió la observación participante, para lo cual se realizaron las grabaciones en video de cada una de las clases, entrevista semi-estructurada al inicio (Anexo B) y a la tercera clase de la implementación (Anexo C), en donde la primera fue de manera individual y la última se realizó como grupo focal; se llevó un diario de campo y se analizaron los documentos aportados por los estudiantes. Asimismo, atendiendo a las consideraciones éticas de la investigación, se realizó un consentimiento informado (Anexo D) que fue firmado por cada uno de ellos y de sus tutores legales (por tratarse de menores de edad).

Para la intervención en la aplicación de la herramienta pedagógica se utilizó el Modelo Pedagógico de Robótica Educativa (Monsalve, 2011). El MOPRE (por sus siglas) fue propuesto como un arquetipo sistémico circular que considera cuatro etapas para desarrollar el aprendizaje, y se sintetizan en la Tabla 2.

Tabla 2. *Etapas del MOPRE*

<i>Etapa</i>	<i>Propósito</i>	<i>Duración</i>	<i>Instrumentos de recolección de información</i>
Formulación del problema de la realidad	El estudiante vincula la realidad con el problema al que debe dar respuesta. En esta etapa se hace la formulación del proyecto (la proyección y los procesos a ejecutar).	Una sesión ²	Grabaciones en video
Planificación y organización del proyecto	El estudiante desarrolla su pensamiento abstracto, planifica las estrategias a utilizar en el proyecto y de ser necesario replantea una nueva forma de comportamiento. Esta etapa se caracteriza por estimular las “capacidades sociales”, mediante el trabajo grupal. Se inicia la concreción del proyecto (proyectar y construir).	Tres sesiones	Entrevista semi-estructurada, diario de campo, grabación en video, realización del proyecto en papel por parte de los estudiantes, el bosquejo, el plano, los materiales, las herramientas y el comienzo de la construcción del modelo.
Construcción del robot	El estudiante desarrolla su pensamiento concreto, investiga y busca la forma de construir la solución. En esta fase el sujeto debe realizar una serie de acciones, por lo que se estimulan las habilidades psicomotoras al manipular objetos, y psicológicas al estar en constante motivación e inmerso en un ambiente de trabajo colectivo.	Seis sesiones ³	Diario de campo, grabación en video, talleres realizados por los estudiantes, elaboración del tecnofacto.
Programación	Lenguaje y uso del <i>software</i> para Arduino. Esta etapa implica el proceso de aprendizaje del <i>software</i> , el profesor adopta un rol más protagónico al momento de iniciar a sus estudiantes en el lenguaje de programación. Cuando estos adoptan cierta experticia, su aprendizaje es más autodidacta y el profesor pasa a ser un apoyo en su proceso de aprender.		Diario de campo, grabación en video, talleres realizados por los estudiantes, mapa conceptual.

Durante la primera etapa del MOPRE, los estudiantes expusieron diferentes propuestas de proyectos, entre los que se mencionan:

- Un perro Robot que obedezca a comandos de voz para realizar diferentes tareas.
- Una colonia de hormigas que sigan a un líder y realicen diversas tareas.

² Las sesiones se llevan a cabo en el semillero de robótica, con una duración de 3 horas una vez por semana.

³ Las sesiones para la tercera y cuarta etapa se hicieron conjuntamente implementando el *hardware* y el *software* con el sensor de Arduino.

- Un teléfono inteligente que sea de pantalla transparente.
- Un brazo robótico que seleccione y clasifique objetos, como en una cadena de ensamblaje.

Después de una exposición por parte de los estudiantes de las propuestas realizadas y de un análisis de la proyección y los procesos a realizar, se optó por escoger la realización de una hormiga o de ser posible dos o tres, pero sólo elaborarla para que haga un desplazamiento sencillo, y luego se pasó a la segunda etapa del MOPRE, en donde los estudiantes comenzaron a elaborar de manera conjunta las estrategias que llevarían a cabo para la elaboración de la hormiga, para lo cual se realizaron dos dibujos en el tablero que buscaba representar la estructura general de la hormiga que se iba a armar (ver figura 3), al igual de los componentes electrónicos, mecánicos y de elaboración del soporte (madera, MDF, cartón o icopor, fueron los planteados por los estudiantes) que se requerirían para su elaboración. Los estudiantes escogieron el MDF como material de soporte por ser “rígido pero no tan pesado”.

Las etapas tres y cuatro del MOPRE se llevaron a cabo teniendo en cuenta los conceptos a movilizar, las actividades programadas y los diferentes retos que se plantearon en la planeación del Semillero de Robótica (Anexo A).

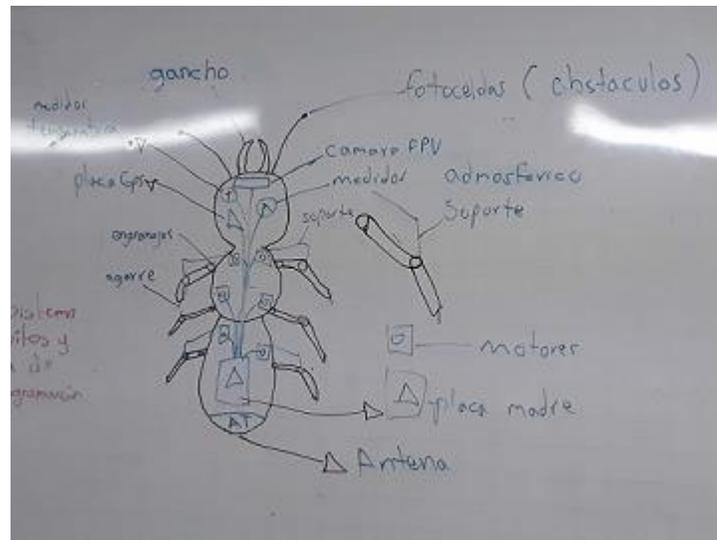


Figura 3. Elaboración del esquema del proyecto seleccionado para el semillero. Una hormiga robótica.

4.6. Técnicas e instrumentos para el análisis.

4.6.1. Análisis de contenido.

Se llevó a cabo una revisión e interpretación de los datos recolectados en el transcurso de la investigación, donde se revisaron las diferentes grabaciones de cada sesión, las anotaciones hechas por el investigador, los talleres realizados por los estudiantes y los procesos llevados a cabo para la elaboración del tecnofacto elegido por ellos, con el fin de develar los significados ocultos o guardados detrás de los hechos, para que la interpretación que se hiciera de estos datos, permitiera ese nuevo conocimiento que se estaba buscando (Bautista, 2011).

4.6.2. Categorización.

En búsqueda de darle a los resultados obtenidos en la investigación un significado de acuerdo a la orientación metodológica y teórica que describe el problema que se desea investigar y que es justamente el investigador quien otorga significado a dichos resultados, se hace necesario la elaboración y distinción de tópicos o categorías tanto apriorísticas, que

proviene de los rastreos de información teórica; como emergentes, que surgen de la propia indagación del investigador y de los resultados obtenidos en la implementación de los instrumentos de recolección de datos. Estos tópicos apriorísticos y emergentes surgen a partir de los objetivos planteados en la investigación, tanto generales como específicos y se constituyen en herramientas para la construcción de los instrumentos de recopilación de información. Al igual también se hace necesario, en algunos casos, la elaboración de subcategorías, que buscan detallar los tópicos en aspectos mucho más específicos (Cisterna, 2005).

Para el desarrollo de esta investigación se han establecido tres categorías de análisis apriorísticas (Tabla 3), con sus respectivas subcategorías, las cuales convergen en función de dar respuesta a los interrogantes y objetivos aquí planteados.

Tabla 3: *Categorías y subcategorías*

Objetivo Específico	Categorías	Subcategorías
Identificar el pensamiento de orden superior que evidencian los estudiantes cuando relacionan sus intereses con las necesidades de su entorno.	Pensamiento de orden superior.	<ul style="list-style-type: none"> • Pensamiento crítico. • Pensamiento creativo. • Pensamiento sistemático. • Resolución de problemas.
Describir el papel de la RE en el proceso de aprender a hacer ciencia.	La RE en el proceso de aprender a hacer ciencia.	<ul style="list-style-type: none"> • Aprender ciencia. • Aprender sobre ciencia. • Aprender a hacer ciencia. • Trabajo cooperativo – colaborativo.
Identificar las habilidades científicas que desarrollan los estudiantes al enfrentarse a procesos de experimentación con robótica como estrategia educativa.	Habilidad científica desarrolladas con RE.	<ul style="list-style-type: none"> • Habilidades permanentes (observar, estudiar y comunicar) • Habilidades de transición (problematización y codificación)

En la tabla 4 se muestran los criterios que se establecen (de acuerdo al marco teórico de la investigación) para evidenciar cuando un estudiante da cuenta de alguna de estas categorías o subcategorías.

Tabla 4: *Criterios de clasificación para las categorías y/o subcategorías.*

Categorías	Subcategorías	Criterios
Pensamiento de orden superior	Pensamiento Crítico	<ul style="list-style-type: none"> Describe el mundo o la realidad lo más precisa posible, pero argumentando desde diferentes fuentes esa descripción y planteando un punto de vista propio, construido desde una carga conceptual contextualizada, coherente, organizada y persistentemente exploratoria (López G. , 2012) Identifica argumentos y supuestos, estableciendo relaciones importantes entre ellos. Realiza inferencias correctas, evaluando la evidencia y deduciendo conclusiones a partir de ellas. Analiza lo bien fundado de los resultados de su propia reflexión como los de la reflexión ajena.
	Pensamiento Creativo	<ul style="list-style-type: none"> Identifica nuevos proyectos de investigación de acuerdo a los resultados encontrados. Aborda y responde a situaciones de forma nueva y original en un contexto dado (Poblete y Villa, 2007)
	Pensamiento Sistemático	<ul style="list-style-type: none"> Genera formas de abordar y analizar un problema de investigación y plantea preguntas que le permitan delimitarlos.
	Resolución de problemas	<ul style="list-style-type: none"> Identifica un problema de investigación o un fenómeno a investigar. Vincula el funcionamiento de la realidad con el problema al que debe dar respuesta.
La RE en el proceso de aprender a hacer ciencia	Trabajo cooperativo – colaborativo	<ul style="list-style-type: none"> Valora los aportes creativos surgidos en el grupo de trabajo, por medio de la socialización de soluciones nuevas.
	Aprender ciencia	<ul style="list-style-type: none"> Adquiere conocimientos conceptuales y teóricos (Hodson, 2015). Evalúa el conocimiento adquirido y lo analiza para saber si es cierto y creíble o inválido e ineficaz. Interioriza conocimientos nuevos o mejorados respecto a un fenómeno natural o técnico específico.
	Aprender sobre ciencia	<ul style="list-style-type: none"> Comprende por medio de reflexiones la naturaleza de las ciencias, tomando conciencia de las complejas relaciones que existen entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el entorno, desde una metacognición de su propia praxis (Hodson, 2015).
	Aprender a hacer ciencia	<ul style="list-style-type: none"> Realiza procesos que evidencien una estructura inicial investigativa, desde una alfabetización científica (Hodson, 2015).
Habilidades científicas desarrolladas con RE	Habilidad de observar	<ul style="list-style-type: none"> Comprende la utilización de la totalidad de los sentidos y los utiliza para distinguir patrones mediante la identificación de situaciones

	problematizadoras y la comparación entre fenómenos observados.
Habilidad de estudiar	<ul style="list-style-type: none">• Aplica los instrumentos de laboratorio como una extensión y optimización de los sentidos.• Genera conocimientos nuevos o enriquece los que posee, respecto de un fenómeno natural o técnico específico.• Utiliza los sentidos en la distinción de patrones mediante el examen, la identificación, el reconocimiento, la comparación y la contrastación, en el dominio intelectual, psicomotriz y afectivo (Reyes & García, 2014).
Habilidad de comunicar	<ul style="list-style-type: none">• Maneja conceptos desde un lenguaje técnico científico y los expresa de forma clara y asertiva, generando un mensaje contextualizado, de forma tal que se genere un diálogo de acuerdo con el contenido del mensaje transmitido.
Habilidad de problematizar	<ul style="list-style-type: none">• Delimita e identifica claramente el problema que se va a estudiar.
Habilidad de codificar	<ul style="list-style-type: none">• Maneja códigos lingüísticos adecuados al contexto en que se sustenta la comunicación.• Utiliza tablas y gráficos, relaciona variables, así como herramientas tecnológicas que le permitan el registro y posterior análisis de los datos encontrados (Reyes & García, 2014).

4.6.3. Saturación.

La saturación guarda relación con la justificación de una afirmación apoyándose en múltiples pruebas. Si sobre un tópico se desea indagar especialmente puede que sea preciso observarlo, preguntar a los informantes más adecuados sobre él, analizar los documentos que se han generado sobre el mismo, incluso puede que sea necesario repetir estas estrategias, con el objeto de agotar las estrategias de búsqueda, tratando de ver si los resultados obtenidos se mantienen en el tiempo.

Durante la investigación se realizaron en varias ocasiones las preguntas de las entrevistas semi – estructuradas con el fin de observar cómo iban evolucionando en el tiempo, o si estas respuestas se modificaban, se mantenían o enriquecían durante la aplicación del MOPRE. También se realizaba la revisión constante de la bitácora del estudiante que permitía (por ser un formato preestablecido, con las mismas preguntas

durante todo el proceso) realizar en cada sesión un registro de lo aprendido por los estudiantes y la evolución de su conocimiento en el tiempo. El análisis que los estudiantes realizaban en los diferentes retos expuestos en el MOPRE durante cada sesión de clase eran visibilizados en las grabaciones de las diferentes sesiones realizadas, en donde se podían observar aquellas habilidades que se hacían visibles tanto en los procesos de desaprender como de aprender, por lo que se observaron estos videos en varias ocasiones durante la aplicación del instrumento de recolección de datos, con el fin de poder extraer de ellos la mayor información posible y de repetir preguntas o retos a los diferentes estudiantes que participaron en la investigación.

4.7. Negociación con los participantes.

La negociación con las personas implicadas guarda relación con el encuentro entre los fines, los métodos y los resultados del investigador y la opinión de los participantes, con el objeto de saber si hay acuerdo entre ellos, especialmente en lo que se refiere a la elaboración final del informe. Para tal cuestión pueden organizarse foros, reuniones, etc., en los que se discutan cuestiones vinculadas a las diferentes fases del estudio o en las que se revisen escritos previos a la difusión del informe. González (1994) (citado en Álvarez (2011)) expresa que, "cuando las personas que intervienen en el control de la información la aceptan como justa, relevante y precisa, de algún modo están asegurando la validez o credibilidad de la misma" (p. 276).

4.8. Triangulación.

Después de concluido el trabajo de recopilación, se procedió a reunir toda la información surgida en la investigación y se realizó la triangulación de esta, teniendo en

cuenta *la selección de la información*, es decir, su pertinencia y su relevancia con la temática de la investigación.

Se procedió a hacer *la triangulación de la información con cada participante*, para lo cual se agruparon las respuestas relevantes por tendencias (convergencias y divergencias) en cada uno de los instrumentos aplicados, estableciendo conclusiones ascendentes, partiendo desde las subcategorías, categorías y llegando a las preguntas centrales que guían la investigación, elaborando así las conclusiones de primer nivel, segundo nivel y de tercer nivel respectivamente. Posterior a esto, se realiza una *triangulación de la información entre participantes*, estableciendo relaciones de comparación entre los sujetos indagados y realizando una triangulación de carácter general de las opiniones a las interrogantes centrales de la investigación por parte de los participantes.

Por último, se realizó *la triangulación con el marco teórico*, realizando una interrogación reflexiva entre lo que la literatura nos indica sobre los diversos tópicos y lo que sobre ello se encontró en el trabajo de campo (Cisterna, 2005).

5. Análisis y discusión de resultados

Con el objetivo de analizar la contribución de una estrategia de experimentación con robótica para el desarrollo de habilidades científicas de los estudiantes de educación media, en el proceso de aprendizaje de la ciencia, se definieron unas categorías de análisis a priori. Posteriormente, se procesó la información por medio del *software* para análisis cualitativo Atlas.ti 8.3⁴. Es importante mencionar que estas categorías son analizadas e interpretadas por la investigadora a partir de un ambiente de aprendizaje con RE, considerando que las unidades de análisis (como son llamadas las categorías y subcategorías en el *software*) pueden ayudar a resolver la pregunta de investigación. Luego se creó en Atlas.ti 8.3 (versión de prueba) 6 proyectos que se relacionaron entre sí (por la restricción que tiene esta versión de prueba de solo 10 documentos) de los cuales se realizó su respectiva segmentación y codificación; produciéndose así, de manera inductiva, el análisis de contenido que se presentará a continuación.

A partir del procesamiento de los datos, se pudo comprobar que las categorías a priori eran pertinentes, ya que a medida que se realizaba el análisis emergieron segmentos relacionados con cada una de ellas; sin embargo, se presentaron dos subcategorías emergentes (ver Tabla 5), que ayudaron a comprender, con mayor profundidad, la experimentación con RE para la enseñanza de las ciencias y que aportaban a la consecución de los objetivos específicos.

⁴ Se puede descargar desde la página de <https://atlasti.com> como versión de prueba o también para comprarlo.

Tabla 5: *Subcategorías emergentes*

Objetivo específico	Categoría	Subcategoría	Definición
Identificar las habilidades de orden superior que evidencian los estudiantes cuando relacionan sus intereses con las necesidades de su entorno.	Pensamiento de orden superior	Pensamiento abstracto	Hace referencia a “la manera como el cerebro extrapola y absorbe ideas nuevas a través de la imaginación, es el medio para la construcción del conocimiento teórico a través del proceso de formación del concepto” (Guétmanova, 1989, p.15). Delval (2001) en su texto Aprender a aprender manifiesta que la abstracción es "la capacidad de deducir, sintetizar, interpretar, analizar los fenómenos que nos afectan" (p. 21)
Describir el papel de la RE en el proceso de aprender a hacer ciencia.	La RE en el proceso de aprender a hacer ciencia.	Aprendizaje basado en el error	Dewey (1965) argumenta que un proceso de reflexión no es sólo una cadena o secuencia de ideas, sino también una consecuencia que luego determina un resultado, éste se inicia con un enfrentamiento de dificultades de difícil superación para algunos, o que simplemente propician una situación que lleva al individuo a analizar y confrontar un pensamiento o acción con experiencias anteriores, por lo que se le debe permitir al estudiante cometer errores o incurrir en una serie de equivocaciones, ya que el aprendiz es un sujeto cognitivo, pero no un sujeto lleno de conocimientos (Briceño, 2009).

De esta manera, los datos cualitativos analizados y su procesamiento en Atlas.ti 8.3, permitieron realizar una nueva clasificación de las categorías, teniendo en cuenta aquellas que tuvieron más recurrencia dentro de la categorización y dando como resultado tres categorías principales, cada una con sus subcategorías como se presenta en la Figura 4.

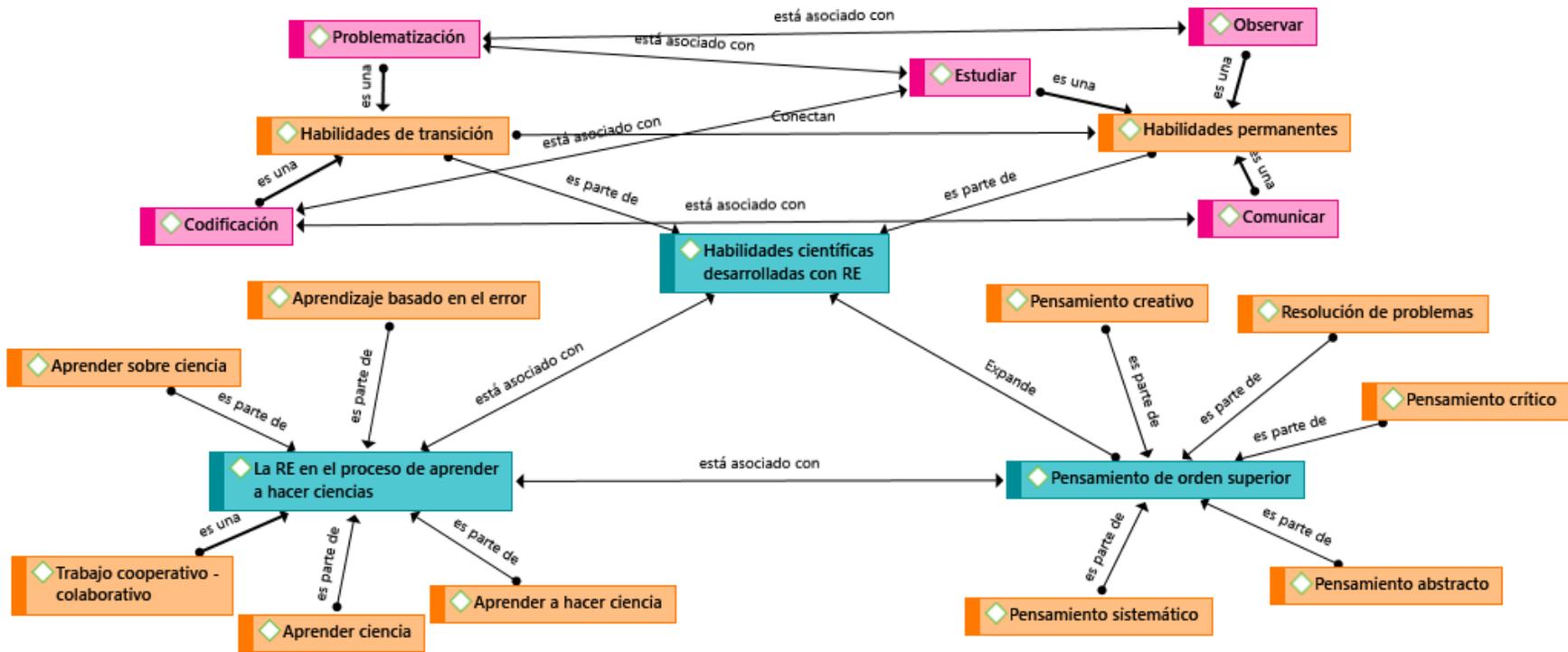


Figura 4. Red de códigos de las categorías y subcategorías. Elaboración propia⁵.

⁵ En la Figura 4 el color azul corresponde a las categorías, el color naranja corresponde a las subcategorías y el color rosado hace alusión a las habilidades específicas para cada subcategoría.

A continuación, se presentan los hallazgos derivados del procesamiento de datos y análisis de los instrumentos, a partir de los cuales se ha hecho una categorización y sistematización de estos datos utilizados para la obtención de la información pertinente.

Para determinar el grado de cumplimiento de los objetivos propuestos en esta investigación, se han analizado los resultados obtenidos de los documentos aportados por los estudiantes (bitácoras) (I1), el diario de campo realizado por la investigadora (I2), las grabaciones (I3) y las entrevistas semiestructuradas, tanto la individual (I4), como la grupal (I5), teniendo en cuenta las actividades planteadas en la intervención para cada una de las 10 sesiones realizadas, que permitieron obtener información acerca de las categorías apriorísticas planteadas de acuerdo al marco teórico, como de las categorías emergentes que resultaron de este análisis y que iban en relación con los objetivos propuestos. Los códigos E1 a E4 corresponden a los participantes de la investigación.

5.1. Pensamiento de orden superior

Varias razones de peso apoyan la visión de que el desarrollo del pensamiento de los estudiantes debe llegar a ser un componente importante de la educación científica. En primer lugar, el desarrollo del pensamiento de orden superior de los estudiantes es una de las metas centrales de la escolarización en el siglo XXI. Pensar “bien” es un prerrequisito para ser un ciudadano crítico en una sociedad auténticamente democrática; también es una condición necesaria para ser capaces de hacer frente competentemente a las vastas cantidades de información que son uno de los sellos distintivos de esta generación y de manejar las tecnologías emergentes. Dada la naturaleza especial de las asignaturas científicas, el aprendizaje de las ciencias provee un entorno excelente para el desarrollo del pensamiento (Zohar, 2006). En esta medida, la participación activa de los estudiantes en los diferentes retos planteados en cada sesión deja ver cómo para ellos el pensar en los avances

tecnológicos y su papel en el desarrollo de la ciencia y en la solución de las necesidades observadas en su contexto, contribuye en el acercamiento a la construcción de conocimiento con mayor significado, en vez de enfocarse en el aprendizaje repetitivo y en la memorización de hechos; como plantean Rioseco y Romero (1997): “La idea es que si se enseñara en el contexto del mundo real, el aprendizaje sería significativo” (p. 253). Esto se ve reflejado en algunas afirmaciones de los estudiantes, como se muestra a continuación:

¿Qué avances tecnológicos crees que le hacen falta a tu hogar, escuela o comunidad? *“Yo pienso que a todos inclusivamente a todo, incluyendo escuelas, mi casa, el mundo en sí siempre he pensado que nos hacen falta aparatos que nos ayuden a mejorar el medio ambiente, como juntar todo lo que hemos avanzado pero con un buen fin, porque la mayoría de aparatos siempre destruyen lo que es el ámbito, pues el medio ambiente; pero entonces pienso que sería algo súper brutal, sería una nueva generación totalmente en donde juntáramos las dos cosas y eso funcionará”* (E1, I4)

¿Por qué te inscribiste al curso de robótica? ¿Qué te llevó a inscribirte? ¿Por qué pues yo a todos les dí la información, sin embargo hay solo unos cuantos? *“A mí personalmente me llevó a inscribirme las ganas, porque yo tengo como proyecto de vida estudiar ingeniería de sistemas y tengo presente que tanto la técnica como el curso de robótica me van a servir para poder ejercer mi carrera, sino ingreso por decirlo así en una universidad, me puede servir para la vida diaria”* (E2, I4)

¿De dónde nace la idea de este proyecto que planteas? *“..., durante el curso siento que cuento con distintos avances en el ámbito de la robótica, como lo son:”*

ensamble y programación en general, provocando mejores resultados a futuro y un mayor nivel de profesionalidad y comprensión a la hora de realizar los distintos proyectos y objetivos” (E4, I5)

Resnick (1987) (citado en Zohar, 2006) escribió que en el pensamiento resisten formas precisas de definición y aunque algunas características no se pueden definir de manera exacta, si pueden reconocerse los pensamientos de orden superior cuando se presentan, por ejemplo, en las expresiones o actuaciones de autorregulación, la aplicación de criterios múltiples, produciendo soluciones múltiples, analizando, sintetizando y evaluando. Por lo que en la Tabla 6 se pretende sintetizar los hallazgos más significativos de esta investigación, enfocados a estos pensamientos de orden superior.

Tabla 6. *Pensamientos de orden superior*

Subcategorías	Afirmaciones de los estudiantes o acciones significativas
Pensamiento crítico	<p>En la quinta sesión de clases se realizó una pregunta cerrada, cuya respuesta pudo ser sí o no; sin embargo, esta fue la conversación que se suscitó alrededor de dicha pregunta (I3; sesión 5; 8'57''):</p> <p>Docente: ¿Consideran que los robot son inteligentes?</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Sí, porque existe inteligencia artificial, ¿no?</i> (E2) - <i>No, aparte hay otros componentes, sean chip o sean tarjetas, en la que se puede almacenar información que nosotros le mandemos, es decir, que... ¿qué órdenes seguiría?</i> (E1) - <i>Si pero son conocimientos, pues...que ellos tengan, pero son conocimientos que le inculcan a uno y que uno aprenden en el colegio pero sería lo mismo en un robot, solo que uno no le dice: ¡Hey esto se hace así! Con palabras normales si no que le mete una programación para que él diga eso.</i> (E2) - <i>Yo creo que un robot puede obtener la capacidad de adquirir su propio conocimiento, porque... pues la Web es un espacio demasiado de abierto y si uno tiene la capacidad de sincronizar un robot con la Web para que analice todo, adquiere su propio conocimiento. Sin aprender de uno mismo. Solamente le di una orden y ya aprendió de todo básicamente.</i> (E3) - <i>¡Por eso!, tú le diste esa orden y ese conocimiento</i> (E1) <p>...</p> <p>Docente: (Le pide al otro estudiante que participe) ¿Tú que piensas?</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Profe, yo estoy entre sí y no, porque es dependiendo, o sea... como las formas en las que uno les dé como la orden, o sea... como los programe, o sea si uno no los programa para que</i>

puedan ingresar en la Web y puedan descargar su propia información cómo van a hacer, o sea... no van ser inteligentes y no van a poder desarrollar dichas cosas o a poder hablar de eso, entonces... entonces es como sí, dependiendo la programación. (E4)

Al finalizar esta sesión, se recogieron las bitácoras de los estudiantes y se sintetizaron algunos planteamientos de E3 en lo siguiente:

“Antes pensaba que podía hacer las cosas solo, pero ahora me siento mejor al trabajar en grupo, porque si no sé algo o no lo entiendo, entre todos podemos ayudarnos y hacemos el trabajo más fácil. Esto ha generado varios cambios, como siempre disfrutar lo que hago, buscarle el lado bueno a las cosas, que aunque sepa algo siempre puedo aprender más, que la curiosidad es buena y que si me lo propongo puedo lograrlo “todo”” (E3, I1).

Si bien esta expresión se refiere a la percepción del estudiante sobre el trabajo colaborativo, da cuenta de que él analiza de manera crítica lo bien fundado de los resultados de su propia reflexión.

Posteriormente, E3 amplía su percepción complementando que este tipo de trabajo le permitió tener una visión más amplia sobre la programación:

- *“La programación es demasiada de amplia entonces si es posible que los robots amplíen su conocimiento sin la necesidad de los humanos solo haríamos una función básica para que ejecute, que sería: que amplíe su conocimiento a través de la internet desde que no afecte la integridad humana. A veces nos cerramos que uno no tiene la capacidad de mirar desde todos los puntos de vista, la curiosidad es el arma para llevar al desarrollo mental y con esfuerzo y dedicación uno puede lograr cosas increíbles”.*

Pensamiento creativo

(I5): El estudiante E4 lee las conclusiones que sacaron de la reunión de los diferentes aportes grupales que se hicieron en la primera etapa del MOPRE:

Docente: ¿Qué artefacto robótico desearían construir? Y ¿por qué?

- *La hormiga robótica (E4)*

Docente: ¿Cómo?

- *Una hormiga robótica (E2)*

Docente: Una hormiga robótica, vamos a escuchar.

(Mucho ruido en el aula de clase, solapamiento)

- *Porque nos parece interesante su pensamiento de colmena y que tiene un líder, en este caso la hormiga reina, lo cual da órdenes y... esta sirve como, ¿Cómo qué? (E4 no entiende la letra)*
- *Un receptor. (E3)*
- *Un receptor. (E4)*

Docente: ¡Ah, perfecto! Solo tomaron uno (haciendo alusión a un solo proyecto), una hormiga robótica.

- *No pues, queremos armar toda una colmena. (E3)*
- *Que tenga una inicial y las demás sigan lo que esta dice. (E4)*

Los estudiantes están en una sesión de clase trabajando circuitos en serie y en paralelo durante la implementación de la tercera etapa del MOPRE, y cuando están específicamente en el reto del circuito en

paralelo la docente les pide que quiten un LED y observen lo que pasa, pero antes de que realicen la acción les pregunta: ¿antes de que lo quiten qué creen que va a pasar?

- *Pasa más tensión.* (E3)
- *Se va a quemar.* (E4)

Los estudiantes de entrada ya suponen que va a quedar encendido. La docente los exhorta a que procedan a quitarlo.

- *¡Vio!, iluminó más* (E3)
- *Eso tiene sentido, es cómo... como darle comida a dos perros, es obvio que darle comida a uno solo va a comer más.* (E4)
- *Porque se va a comer la comida de los dos* (E3)

En esta conversación es posible identificar cómo los participantes abordan y responden a situaciones de forma nueva y original en un contexto dado, dando cuenta del pensamiento creativo. Así como el hecho de ser conscientes de sus capacidades y habilidades, como lo mencionó E2:

“... Estar en el semillero de robótica me hace sentir como todo un científico... y es muy chévere, me siento como más inteligente que los otros. Aunque no soy bueno en matemáticas he logrado hacer cosas que antes no podía...” (E2, I3)

Pensamiento sistemático

Durante la realización de un reto diseñado (Elaboración de un semáforo en la *protoboard*) (I1) E3 escribió en diferentes momentos de la clase algunas ideas que muestran diversas formas de abordar y analizar un problema de investigación y que les permiten delimitarlo:

- *“He podido comprender a fondo o por encima Arduino que a mi parecer es demasiado interesante, ya que soy fanática a la computación y todo lo que tenga que ver con el mismo.”*
- *“Como resultado final pude comprender cómo programar básicamente el semáforo en Arduino y mirar cómo se conecta el circuito; para eso tuve en cuenta lo que aprendí de prender y apagar un led”*
- *“Tratando de entender cómo funciona el semáforo y así poder llevarlo a la programación para poder lograr encender satisfactoriamente el mismo me di cuenta cómo podía hacer funcionar el motor del carro seguidor de línea”*

Resolución de problemas

Durante la implementación de la planeación del proyecto de robótica para este año, durante la segunda sesión, mientras los estudiantes realizaban el dibujo del proyecto en el tablero (I2) (Ver Figura 3)

- *“¿Qué hacemos para que la hormiga camine?”* (E1)
- *“Le ponemos unas patas que se muevan con algo”* (E4)
- *“¿Con qué? Ahhh... ya sé, con unos motores en las patas”* (E2)
- *“y unas ruedas... (Risas)”* (E4)
- *“Noooo, le ponemos algo que no gire completo. Profe, ¿cómo se llama eso que vimos el año pasado que solo se mueve por grados?”* (E1)
- *“No sé, ¿Servo?”* (D1)
- *“Eso, servo. Y... ¿dónde los ponemos?”* (E1)
- *“En cada articulación. Y..., ¿Cuántos necesitamos? (Risas)”* (E4)
- *“Pues dos por pata”* (E2)
- *¿Osea... 16?* (E1)
- *Nooo, son seis patas, (Risas), ¡sólo 12!* (E2)

Pensamiento abstracto

- *“Ehhh, no sé, me parecía muy interesante este tema y es algo que nunca he trabajado, entonces como me gusta el ámbito, me gustaría conocer y aprender más que todo..., siempre me ha interesado más nunca lo he hecho, entonces dije ya que tengo la oportunidad ¿Por qué no?, aquí voy a crear de todo”* (E2, I1)
Después de cuatro sesiones, el mismo estudiante contestó a la pregunta: ¿Para qué sirve la robótica?
 - *“La Robótica sirve para construir robot que hagan operaciones sencillas, pero con el tiempo y la tecnología podrán hacer otras cosas”* (E2, I3)
-

El análisis de la forma en que se presenta el aprendizaje al interior del semillero de robótica permite apreciar que la RE ayuda a vincular lo real (la vida cotidiana) y lo virtual (el *software*) que hace alusión a las reglas del lenguaje altamente formalizado. La RE implica realizar una secuencia de acciones que requieren un conjunto de capacidades que no necesariamente existen en los estudiantes, quienes se ven sometidos a actividades estimulantes o retos (Ver Anexo A) que los motiva a desarrollar dichas competencias y que implican aprender a integrar determinadas áreas del conocimiento, idear y planificar un objeto que tiene alguna utilidad, lo que los hace ser creativos y sistemáticos; además de tener que conocer, consultar y sistematizar información para dar solución a las dificultades que se les presenten, aprender la utilidad y las reglas del lenguaje computacional y a unir información proveniente de diferentes fuentes para formar un solo conjunto, sin perder de vista la importancia de sus partes para poder construir maquetas y robotizarlas.

Durante el desarrollo de todas las sesiones se le presentan a los estudiantes situaciones o retos que sometieron a experimentación (Anexo G) y que permiten –por ejemplo en el planteamiento del tecnofacto a ensamblar durante el MOPRE, del armado de circuitos electrónicos o las actividades de programación- el uso de conocimientos de un modo original en la resolución de problemas; se les dan desafíos o retos que les propicien la

indagación y el docente se presenta como un facilitador que permite al estudiante cuestionarse sobre los fenómenos que ocurren en cada uno de los retos planteados, realizando constantes preguntas y fomentando la interacción en las clases. Lo anterior, según Resnick (1987) (Citado por Zohar, 2006) al no ser algorítmico y estructurado, de producir a menudo soluciones múltiples e involucrar aplicación de criterios múltiples y de autorregulación se consideran “habilidades de pensamiento de orden superior” (p. 158).

Es también de rescatar de la intervención realizada en las sesiones que se utilizó el Control Numérico Computarizado (CNC), para la elaboración de las piezas de la maqueta, para lo cual los estudiantes debieron aprender a utilizar, tanto el programa como la CNC, que fue con la que se hicieron todas las piezas del proyecto que los estudiantes se plantearon para este semillero (ver Figura 5).



Figura 5. Elaboración del diseño de la hormiga en el Control Numérico Computarizado (CNC)

Al estudiante enfrentarse a problemas concretos, que pueden ser visibilizados desde diferentes perspectivas, fomenta el trabajo grupal colaborativo que permite fortalecer la capacidad de investigación, la autonomía respecto al profesor, la interdependencia de los

miembros del equipo y fortalece la creatividad; ya que no solo se tiene en cuenta lo que se puede pensar como individuo (como cuando trabajaban en la parte de programación, donde el trabajo era individual), sino también lo planteado por diferentes personas para llevar a cabo un fin único y común (como en la elección, planeación y elaboración conjunta del tecnofacto); se observan soluciones nuevas y creativas frente a un mismo problema y se busca cómo concretarlas.

Por medio de la RE como estrategia de aprendizaje, se involucra el conocimiento especializado en diversos temas y el reconocimiento de las diversas habilidades individuales y el autoconocimiento, debido a que los compañeros reconocen en el estudiante habilidades que quizás ni él mismo había detectado. La construcción y robotización de la maqueta requiere de la responsabilidad de obtener y llevar los materiales necesarios, lo que fortalece el trabajo colectivo y la interdependencia, la capacidad administrativa y de planificación (aplicación de las etapas del MOPRE). Los diferentes grados de complejidad de las actividades o retos propuestos por la investigadora exigen a los estudiantes tomar decisiones respecto a sus proyectos y confrontar sus capacidades con la exigencia que presenta la idea que han propuesto, lo que ayuda a dejar de lado un aprendizaje repetitivo y memorístico, lo que según la taxonomía de Bloom (1954) (Citado por Corchuelo, 2015) son clasificadas como pensamiento de orden inferior.

5.2. La Robótica Educativa en el proceso de aprender a hacer ciencia.

A continuación, se presenta el análisis realizado para la segunda categoría, a través del procesamiento de los datos de los diferentes instrumentos utilizados, tomando como referencia el planteamiento de la propuesta investigativa, la fundamentación teórica que respaldó la formulación de la misma y las particularidades del objeto – sujeto de

investigación. Esto con el objeto de interpretar los fenómenos que sucedieron en los procesos de aprendizaje estudiados, desde la perspectiva de Dereck Hodson (1985-2015). Para hacer una descripción holística del proceso de construcción de conocimientos de los estudiantes, mediante actividades lúdicas con la herramienta de la RE, como una propuesta derivada del construccionismo de Papert (1995).

A partir de los datos recopilados, tabulados e interpretados, emergió una nueva subcategoría del *Aprendizaje basado en el error*, que fue asociada a la categoría de la RE en el proceso de aprender a hacer ciencia, teniendo en cuenta el concepto planteado por Briseño (2009), en donde él argumenta que hay que permitirles a los estudiantes cometer errores, equivocarse o incurrir en una serie de equivocaciones; analizando que sus aptitudes para el aprendizaje están ligados a factores genéticos, socioculturales o experienciales, que dependen en muchos aspectos de la actitud que presenta el estudiante frente a la situación de aprendizaje, y de la experticia del docente. Esto permite lograr por medio de la motivación extrínseca e intrínseca, que dichos estudiantes sean más eficientes en su proceso de aprendizaje, convirtiendo un error–fracaso en un error–aprendizaje, por medio de la reflexión, que no es sólo una cadena o secuencia de ideas, sino también una consecuencia que luego determina un resultado, que se inicia con un enfrentamiento de dificultades de difícil superación para algunos, o que simplemente propician una situación que lleva al individuo a analizar y confrontar un pensamiento o acción con experiencias anteriores (Dewey, 1965).

Durante la intervención se puede observar cómo la experimentación con RE permitió a los estudiantes abordar actividades que involucraron la tecnología de manera fundamentada, y con ello lograr diseñar y abordar actividades lúdicas con robots educativos

que no se limitaron al proyecto que se pretendía de realizar una hormiga que se desplazara, sino que proyectaron con los aprendizajes adquiridos de electrónica, diseño, informática, tecnología y mecánica, otras tareas de emprendimiento, como la elaboración de llaveros con el Controlador Numérico Computarizado (CNC) (Figura 5), el brazo robótico, el girasol con el panel solar, la casa inteligente (utilizando diferentes sensores como por ejemplo los de sonido y proximidad), el separador de colores (Figura 6), entre otros proyectos que surgieron de la aplicación de los conocimientos adquiridos durante la implementación del MOPRE (Anexo G). Aquí se puede ver cómo los estudiantes han realizado relaciones directas de la herramienta de la RE con el planteamiento de problemas, la creación de posibles soluciones, la resolución de los mismos, la innovación y la construcción de tecnofactos que le permitan ampliar los horizontes de la Robótica a otros campos del conocimiento para optimizarlos e incluso para realizar actividades de emprendimiento.



Figura 6. Elaboración del clasificador de pelotas de colores realizado por los estudiantes.

Durante la aplicación de la tercera y cuarta etapa del MOPRE (recordando que estas se dan de manera conjunta), los estudiantes realizaron un escrito reflexivo sobre su evolución en el semillero, las dificultades y falencias identificadas en su aprendizaje, y sobre la contribución de las actividades propuestas al desarrollo del proceso de aprender ciencia, de los cuales se traen a colación algunos fragmentos

5.2.1. Aprender ciencia, sobre ciencia y a hacer ciencia

Teniendo en cuenta la perspectiva de Hodson (2015) sobre el *aprender ciencia* desde el conocimiento teórico y conceptual, se toman estas apreciaciones hechas por los estudiantes:

“... comencé tratando de entender cómo funcionaba prender y apagar un LED y luego por medio de la programación, me di cuenta que algo tan fácil me traería como resultado final que pude comprender cómo programar básicamente el semáforo en Arduino y mirar cómo se conecta un circuito. En estos momentos soy una fanática de la computación, aunque debo profundizar más el tema de conexiones y circuitos, ya que para mí es más fácil la programación que los circuitos” (E3, I1)

“- Sé que en este montaje algo está malo, porque no prende el LED, es posible que tenga los cables invertidos (E2)

- Sí, tienes la polaridad invertida, recuerda que el cable rojo es el positivo por lo que dijo la profe..., no te acuerdas, tiene que ir al positivo del LED que es la pata corta (E1)

(Risas)

- A la larga, esta es la larga (E3)”(I3 {sesión 2; primera etapa; 1h10'42’’})

“¿Qué he podido aprender? Me he dado cuenta que haber aprendido sobre los circuitos en serie y en paralelo junto con lo del semáforo me permitió programar el motor del carro más rápido porque era lo mismo, prender mando un 1 y apagar un 0” (E4, 11)

El uso de conceptos durante la implementación del MOPRE y de un lenguaje más técnico durante cada sesión es evidencia de la existencia de un aprendizaje, además la utilización de conceptos que se movilizaban durante sesiones anteriores para dar solución a retos posteriores muestra una adquisición de conocimientos conceptuales que pueden ser significativos, ya que son propuestos como solución a los retos de una sesión determinada por los mismos estudiantes dentro de lo que Hodson (2015) llama “la aplicación, donde los estudiantes actúan independientemente del docente” (p. 11), y son responsables de todo el proceso y del planteamiento y ejecución de posibles soluciones experimentado el éxito y el fracaso, permitiendo no solo un conocimiento de una ciencia específica, sino un aprestamiento e interiorización de los conceptos trabajados, concatenándolos para generar una base que les permita construir más conocimientos y proyectarlos para dar respuestas a situaciones problematizadoras futuras. Al observar en las apreciaciones de los estudiantes cómo realizan evaluaciones del conocimiento que están adquiriendo, cuestionándose también por aquellos en los que les hace falta más interiorización, se produce un análisis por parte de los estudiantes con respecto a los saberes que se están movilizando. Además, el hecho de que apliquen los conocimientos adquiridos en la realización de otros retos planteados por el docente, puede dar cuenta de la interiorización de conceptos, ya que los están aplicando de manera adecuada en la solución de esos otros retos, es decir, el

estudiante interioriza conocimientos nuevos o mejorados respecto a un fenómeno natural o técnico específico.

Hay que tener en cuenta que el conocimiento científico es aquel que ha sido minuciosamente examinado por los miembros de una comunidad científica y que ha sido validado y reportado confiable por esta comunidad, por lo que es de vital importancia para los estudiantes comprender como es la racionalidad particular que los científicos emplean para validar el conocimiento, de allí la importancia de aprender sobre ciencia.

Para *aprender sobre ciencia* desde el entendimiento de la naturaleza y los métodos de la ciencia, el estudiante debe comprender por medio de reflexiones la naturaleza de las ciencias, tomando conciencia de las complejas relaciones que existen entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el entorno, desde una metacognición de su propia praxis, por lo que se toman estas apreciaciones hechas por los estudiantes:

“Yo antes pensaba que la física era exacta, y que los científicos no se equivocaban, pero ya me doy cuenta que equivocarme no es tan malo” (E4, I1)

Pregunta de la bitácora: ¿Qué hechos o momentos me han impactado más? ¿Por qué?

Respuesta del estudiante teniendo en cuenta la actividad de reflexión: *“La importancia de manejar un buen lenguaje en la programación, ya que por el más insignificante error no puede funcionar correctamente” (E1, I1) (Ver figura 7)*

Respuesta del estudiante teniendo en cuenta la actividad de reflexión: *“Me he dado cuenta en estas clases de robótica, que el hecho que yo pueda equivocarme y aprender de esos errores es más satisfactorio y aprendo mucho más, porque por ejemplo en los laboratorios de física y química que hago durante la mañana,*

siempre termino arreglando los datos para que estos me den lo que las profesoras quieren que me den y el trabajo me quede bueno” (E2, I1)

Diario de campo sesión 7, situaciones significativas (Anexo E): “... ha sido para mí muy difícil asumir mi rol de facilitadora de procesos, manteniéndome al margen cuando veo que los estudiantes están realizando algún reto de una manera diferente a la que yo esperaba. En ocasiones me provoca decirles que así no es, por lo que la utilización de esta herramienta también me ha planteado retos en mi labor docente, aunque debo decir que poder ver la alegría en sus caras cuando lo logran es muy satisfactoria” (I2)

Con la utilización de la RE se puede observar cómo los estudiantes al no poseer un “manual o guía”, se ven obligados a pensar y a pensarse en los procesos que realizan para alcanzar un reto programado, a observar que el “aprender ciencia” también involucra “aprender sobre ciencia”, a que el equivocarse también es parte de esos procesos científicos, a dudar de la “exactitud” de los valores obtenidos en un laboratorio, a no limitarse a procesos que son meramente repetitivos y que buscan comprobar leyes que surgirán de la observación que siempre se pensó como confiable, objetiva y libre de valores.

La Experimentación con Robótica en la Enseñanza de las Ciencias: una Propuesta para el Desarrollo de Habilidades Científicas

BITÁCORA (Del Estudiante) No.	
Actividad realizada	Trabal con el robot en el laboratorio
Nombre del estudiante	Diana
Lugar - espacio	Laboratorio
Dinámica del trabajo (cómo se desarrolló la práctica durante el día en términos metodológicos: proceso, técnicas empleadas, talleres y cómo se emplearon nuevos recursos al conocimiento adquirido)	Empezamos formulando preguntas y luego voy aprendiendo como programar un robot.
Problema central a estudiar	El problema central fue realizar la programación del robot.
Formas de abordar y analizarlo	La pipo mas si no explica a todos desde el principio como comprender bien los códigos del programa
Resultados obtenidos	Aprendí a escribir y saber que significa cada código del robot. Aunque aun se me dificulta.
¿Qué he podido aprender?	En podido aprender las diferentes cosas que se pueden programar en el robot.
¿Qué debo profundizar más?	Debo profundizar mas que todo como escribir los palabras del programa y en que momento utilizarlas.
¿Qué hechos o momentos me han impactado más? ¿Por qué?	La importancia de manejar un buen lenguaje en la programación ya que

Patrones identificados por medio de los sentidos en la actividad desarrollada (Utilización de los instrumentos de medida)	Por el momento insignificante error no puede funcionar correctamente. Ardiendo, con pelador
¿Cómo te sentiste al trabajar en grupo?	Me siento bien ya que gracias a que todos aportan ideas podemos adquirir muy buenos conocimientos.
¿Qué cambios han generado en ti como persona o como futuro profesional?	Pues en la parte de adquirir conocimientos y en compartir mucho mas con los compañeros tanto como ideas y implementos.
Actividades programadas para la próxima sesión	Programación del carro

Figura 7: Bitácora realizada por uno de los estudiantes de la investigación.

El hecho que en el MOPRE los estudiantes realicen actividades con ayuda del docente después de conocer ciertos conceptos básicos necesarios, hace que en el momento de realizar los retos (que siempre son de mayor complejidad que las actividades realizadas con anterioridad) (Anexo A), permitan al estudiante dar esos primeros pasos a conocer las técnicas establecidas, las estrategias, los parámetros y los criterios que posee la ciencia para dar validez y confiabilidad a los conceptos que se están movilizando (Hodson, 2015), desde una apreciación crítica de la naturaleza de la evidencia científica, el permitirles reflexionar desde el reconocimiento de su entorno y de la influencia de este en el emprendimiento científico.

Para finalizar este análisis se parte de las palabras de Hodson (2015) “la única forma efectiva de **aprender a hacer ciencia** es haciendo ciencia, acompañados de practicantes bien entrenados y experimentados (en esta investigación sería la docente) que brinden apoyo, crítica y consejo durante la actividad, y quien sea capaz de facilitar la crítica del estudiante” (p. 11), por lo que, retomando la reflexión generada en el diario de campo,

en la implementación del MOPRE se puede observar en cada una de las actividad planteadas, y de los retos realizados, cómo el docente sirve en primera medida como “expositor” del conocimiento, luego asume un rol de ayuda para el estudiante quien actúa como ejecutor de una actividad significativa que busca afianzar conocimientos y luego el rol principal lo asume el estudiante cuando actúa independientemente del docente, haciendo sus propias conjeturas de acuerdo a procesos de validación aceptados por una comunidad científica, pero que dan pie a procesos no solo netamente conceptuales, sino también epistemológicos desde el aprendizaje y desarrollo de habilidades científicas estratégicas para conducir a posibles investigaciones científicas futuras (ver Anexo E) (I2).

Según Hodson (1985, 2015) “los estudiantes como investigadores novicios” deben aprender ciencia y aprenden más sobre ciencia, realizando procesos de aprendizaje bien diseñados (Ej.: haciendo ciencia) bajo la mirada atenta y la guía de un profesional bien entrenado. Es por esto, que los tres retos planteados por este autor no están desligados, sino que por el contrario se requiere de uno para poder realizar adecuadamente el otro. Es de esta manera que podemos asegurar que el trabajo de experimentación cumple sus potenciales para que los estudiantes puedan aprender ciencia y sobre ciencia, haciendo ciencia (Hodson, 2003).

En conjunto todas las apreciaciones realizadas en este aparte por los participantes de la investigación, junto con las actividades desarrolladas durante la implementación aquí descrita, favorecieron el reconocimiento del papel de la RE en el proceso de aprender a hacer ciencia, puesto que se considera este último reto planteado por Hodson de especial relevancia para la presente investigación, al posibilitar que los estudiantes se acerquen a

procesos que tengan una estructura investigativa, donde se propicie la resolución de problemas, el trabajo colaborativo y la construcción de conocimiento científico. No obstante, se resalta que en el proceso de aprender a hacer ciencia, se hace imprescindible que haya una apropiación en relación con la ciencia como tal; es decir, los conocimientos conceptuales y teóricos; y con el saber sobre ciencia, donde se toma conciencia de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y entorno; al acercar a los estudiantes a estas actividades, se potencializa la RE como una estrategia de aprendizaje que además de favorecer en sí el desarrollo de habilidades, tiene un amplio potencial para ayudar el cumplimiento de los retos de la educación científica en la actualidad.

5.2.2. Trabajo cooperativo - colaborativo

El **trabajo cooperativo** es usado en esta investigación para referirse a un grupo de procedimientos de enseñanza que parten de la organización de las sesiones en pequeños grupos heterogéneos (con gustos y/o ritmos de aprendizaje diferentes) donde los estudiantes trabajan conjuntamente de forma coordinada para resolver los retos planteados en el MOPRE y porqué no profundizar en su propio conocimiento, con el fin de descubrir en él habilidades y destrezas que quizás no conocía que poseía. Por lo que se analizan las siguientes expresiones hechas por los estudiantes:

Trabajo cooperativo – colaborativo: “Me siento bien trabajando en grupo, ya que gracias a que todos aportan ideas podemos adquirir muy buenos conocimientos”

(E1, I1)

“Me sentí muy a gusto, ya que me entiendo de maravilla con mis compañeros y ellos a mí y entre todos solucionamos las dificultades” (E4, I1)

En lo anterior se puede notar la importancia que ha tomado para ellos el trabajo colaborativo – cooperativo para la elaboración de las actividades planteadas en el modelo utilizado en esta investigación, lo que permite observar toda la estructura que presenta la implementación con este tipo de *software*. Además, se puede observar cómo los estudiantes se cuestionan sobre la ciencia, pero además dan a entender que para ellos el error les permite abrir más posibilidades de aprendizaje y que en vez de ser un fracaso los motiva a encontrar nuevas formas de solucionar situaciones que se les presenten.

Se puede afirmar que la experiencia creó espacios que permitieron a los estudiantes orientar sus actividades de aprendizaje a partir de sus particularidades y de sus necesidades de formación; se observó un aprendizaje de conceptos y teorías que permitió una evolución significativa en el lenguaje propio de la ciencia; se dieron a la tarea de comenzar a reflexionar sobre su quehacer diario, su proyección de vida y también a mirar sobre sus pasos para realimentarse, deconstruir y volver a construir, involucrando el quehacer científico, que se tradujo en saber práctico y en saber conceptual construido sobre la interacción social argumentada de los estudiantes y el docente. Además, se rompió la monotonía de las clases ya que se usaron diversas herramientas que en la mayoría de situaciones fueron novedosas para los estudiantes y para el docente, permitiendo materializar el construccionismo de Papert (1995) y con el derrotero marcado por las teorías cognitivas abordadas.

En la figura 8 se muestra la elaboración del tecnofacto que se planteó como proyecto final del MOPRE y que aunque al principio se pensaba hacer una hormiga robótica se terminó haciendo un cuadrúpedo, por cuestiones de tiempo, consecución del material y elaboración de las piezas usando el CNC. Todos los retos y la elaboración del

proyecto final que se realizaron en el MOPRE están sintetizados en el Anexo G (los retos propuestos y los enlaces a los códigos diseñados por los estudiante como: Encender y apagar un LED, El semáforo, Servomotor, Mover tres servomotores, Mover el carrito del Kit de robótica y el proyecto final de la Hormiga robótica).



Figura 8: Tecnofacto final planteado por los estudiantes en la primera etapa del MOPRE.

El trabajo cooperativo – colaborativo permite promover la interacción, la participación y la motivación, de manera grupal. Además, a través del desarrollo de estrategias basadas en el trabajo cooperativo, se logra desarrollar la creatividad e inventiva de los estudiantes y se brinda la oportunidad, a través de la contextualización de los contenidos, de promover aprendizajes verdaderamente significativos mediante la construcción conjunta.

5.3. Habilidades científicas desarrolladas con RE

Tomando como referencia el planteamiento de la propuesta investigativa, la fundamentación teórica que respaldó la formulación de la misma y las particularidades del objeto - sujeto de investigación, se identificaron las categorías de análisis que se tuvieron en cuenta dentro de las habilidades científicas desarrolladas con la herramienta de RE y teniendo en cuenta estas categorías se establecieron unas subcategorías que se analizan en la Tabla 7.

Tabla 7. *Categoría: Habilidades científicas desarrolladas con RE*

Desarrollo Particularizado	Análisis general
Subcategoría: Habilidades Permanentes	
Observar	En los diferentes retos realizados en el MOPRE se puede observar cómo los estudiantes consideran los instrumentos de laboratorio que tienen a su alcance como una extensión, ampliación, complementación y optimización de los sentidos. Como apropiación cada uno de los conceptos y utilizan las herramientas que tienen a su alcance para realizar dispositivos sencillos y luego mediante el incremento de los retos propuestos en cada sesión van agudizando su percepción de la realidad y comienzan a utilizar la totalidad de los sentidos en la distinción de patrones mediante el examen de los montajes que realizan tanto en electrónica como en programación, la identificación de sucesos que pueden estar influyendo en el proceso de recolección de información, el reconocimiento de posibles fallas, la comparación y contrastación de los resultados obtenidos con los que se esperaban de acuerdo al ensamble. Ejemplo de ello, cuando E3 dice que no funciona el circuito porque tiene la polaridad invertida, en donde pudieron ser diferentes factores, como la disposición de los componentes en la protoboard o la programación del Arduino, E3 ya sabe (con solo el reconocimiento visual del semáforo, que la falla está en la inversión de la polaridad) (I3; sesión 1; primera etapa; 0'28"). En la aplicación del MOPRE se pudo observar cómo los estudiantes aprendieron a realizar medidas, comparar datos y explorar mediante la utilización de las herramientas de las que disponían.
Estudiar	Esta habilidad se presentó durante toda la aplicación del MOPRE, desde algo tan simple como consultar la manera en que se movía una hormiga, con el fin de poder saber cómo se debía realizar el montaje y qué componentes necesitaban, hasta la construcción colectiva de aprendizajes por medio de la distribución de roles para fomentar la adquisición de conocimientos individuales que contribuyeran de manera colectiva a la consecución de la realización del proyecto. Los estudiantes se mostraron prestos durante todas las actividades a buscar información, recopilar datos, aclarar dudas, preguntar y explorar nuevos campos con el fin de generar algún tipo de conocimiento nuevo o mejorado respecto de un fenómeno natural o técnico específico. Aquí los estudiantes mostraron sus habilidades para predecir, inferir, controlar variables tanto en <i>software</i> como en el <i>hardware</i> , clasificar información, usar modelos y perfeccionarlos de acuerdo a las necesidades y a analizar información proveniente de diferentes fuentes.

Comunicar	En la habilidad comunicativa desde un dominio social no fue posible observar mediante el MOPRE, ya que los estudiantes no realizaron un uso de modelos explicativos externos a los datos dentro del semillero, y aunque se realizaron diálogos entre pares dentro de las sesiones realizadas en el modelo pedagógico escogido para este proyecto investigativo, hubiera sido más constructivo si se hubiera realizado una socialización externa de los conocimientos adquiridos con el fin de poder establecer más a fondo si se había adquirido por parte de los estudiantes un lenguaje de las ciencias que permitiera observar claramente una evolución de dominio social frente a una comunidad científica; sin embargo, el diálogo entre pares y la construcción colectiva permitieron observar (por ejemplo en la segunda entrevista semiestructurada y en la participación de los estudiantes en el foro exptécnia del SENA(Ver Figura 9)) cómo las conversaciones entre los estudiantes del semillero eran más asertivas y cómo cada uno de los participantes se vio mucho más seguro de sus participaciones frente a los conceptos que se movilizaron durante toda la herramienta, tanto de electrónica como de programación.
Subcategoría: Habilidades de transición	
Problematizar	Como corresponde a la primera categoría de transición entre observar y estudiar, aquí los estudiantes mostraron cómo aprenden a delimitar un problema e identificar claramente el problema central que se va a estudiar, es por eso que la actividad más significativa de las planteadas en el MOPRE para visualizar esta habilidad fue la correspondiente a la primera y segunda fase, ya que aquí los estudiantes mostraron como llevaron un qué querían hacer a un cómo hacerlo, qué necesito para poder realizarlo, con qué herramientas cuento en mi realidad contextual y cómo puedo participar "yo" para poder encontrar una posible solución. Se vio en la elaboración de los planteamientos de los proyectos, en la elaboración de los planos en el papel y luego en la búsqueda por socialización y discusión grupal de los materiales que se requerían, del costo de estos materiales y en la asequibilidad que podían tener en la región donde vivimos. Aquí los estudiantes formularon sus primeras hipótesis y predicciones basadas en la observación y el planteamiento de preguntas para identificar el objeto de estudio y la delimitación del problema.
Codificar	Esta habilidad hace referencia al establecimiento por parte de los estudiantes de códigos lingüísticos adecuados al contexto en que se sustenta la comunicación, por lo que las etapas del MOPRE que mayor influencia tuvieron en esta habilidad son la dos últimas, ya que apuntaban directamente a la adquisición de un lenguaje de programación y de electrónica propios de una ciencia, en donde los estudiantes mostraron un avance significativo entre sus diálogos entre pares, evidenciado en las conversaciones de las grabaciones iniciales en donde le llamaban "... estos bichitos..." (E4, I3; sesión 2; 13'54") a los componentes electrónicos, a decir "... el LED tiene la polaridad invertida" (E4, I3; sesión 7; 2h7'17"), lo que implica una adquisición de un lenguaje propio de la electrónica. En la programación también fue muy evidente la evolución en la utilización de codificación propia de esa área y en cómo poco a poco se fueron observando los procesos de alfabetización científica.

La realización de los diferentes retos propuestos en el MOPRE y llevados a cabo en el laboratorio por los estudiantes durante todas las sesiones programadas, dan cuenta de las

habilidades que se buscaban desarrollar con el uso de la herramienta, algunas con mayor visibilidad que otras. Sin embargo, se fue observando poco a poco la evolución de cada estudiante, de acuerdo a cada ritmo de aprendizaje.



Figura 9: Presentación de los diferentes proyectos realizados por los estudiantes del semillero de Robótica en Expotécnica del SENA, como grupo invitado.

Para la habilidad de la observación se vio cómo los estudiantes lograban medir, comparar y explorar; mientras que en la habilidad de estudiar se observó la capacidad que tenían los estudiantes para predecir, inferir, controlar variables, clasificar, usar modelos, explicar y analizar; al igual para la habilidad comunicativa se pudo ver cómo los estudiantes usaban números, definían operacionalmente y formulaban preguntas teniendo en cuenta el diálogo con pares; lo que permite deducir el potencial que posee la RE para desarrollar habilidades científicas teniendo como base el aprender haciendo, desde el construccionismo de Papert (1995).

6. Conclusiones

Por medio del análisis de los instrumentos y del rastreo documental elaborado se evidencia cómo desde la práctica experimental con RE y por medio del análisis del funcionamiento y construcción de un tecnofacto, se pudo observar cómo el pensamiento de orden superior (como la creatividad) surge de manera natural en los estudiantes, sin tener que forzar o implementar estrategias complicadas para ello, en donde el docente es un guía y orientador de procesos formativos, y el estudiante asume un rol más participativo; logrando con ello que aprenda sobre otras áreas del conocimiento, al realizar proyectos o solucionar problemas. Cuando predomina el trabajo colaborativo, el estudiante adquiere y potencia diferentes habilidades cada vez que participa de una actividad, ya que en ocasiones se encarga de armar, en otras de programar, en otras de proponer alternativas de solución, lo que le permite toda una gama de posibilidades. El estudiante, se encargó de construir su propio conocimiento a través de las elaboraciones y experiencias obtenidas en el desarrollo del prototipo robótico y en la solución de un problema o necesidad.

De igual manera se observó que las prácticas experimentales, donde el estudiante es un agente activo del proceso se vuelven más significativas para él y eso hace que no solo aprendan para el momento, sino que proyecte estos aprendizajes tanto a otras áreas del conocimiento como la informática, la tecnología y la física, entre otras, como a sus proyectos de vida.

En cuanto a las habilidades de pensamiento se estableció que está ligada al desarrollo de una problemática o a la fase de solución a que se dé lugar, permitiendo el trabajo en equipo para llegar a un fin común mediante la solución de un problema del contexto.

Al realizar la comparación de datos cualitativos por medio de la categorización, se establece una convergencia entre las observaciones de habilidades en el análisis de contenido de los registros audiovisuales. También se puede establecer la existencia de una recurrencia entre las estimaciones con diversos instrumentos y técnicas de observación y análisis.

La RE se fundamenta en un cambio de paradigma donde el estudiante debe desarrollar competencias que le permitan generar su autoaprendizaje. Desde esta perspectiva los docentes procuran desarrollar y proporcionar a sus aprendices ambientes de aprendizajes basados en el constructivismo. Se destituye la idea generalizada que sostiene que la robótica sólo tiene que ver con los contenidos de tecnología, matemática y ciencias, aceptándose su aplicabilidad en otros contenidos de aprendizaje, como por ejemplo en biología, proyectándose como una disciplina que permite incorporar en un mismo proyecto a varios sub-sectores de aprendizaje. De este modo se estimula la transferencia de conocimiento.

El Modelo Pedagógico de la Robótica Educativa (MOPRE) que se desarrolla a través del trabajo con RE contextualiza el ambiente de aprendizaje en que se desenvuelve el sujeto. Este ambiente genera una constante dinámica entre lo concreto y lo abstracto optimizando las representaciones mentales del sujeto y situándole en el centro del proceso, como actor principal de éste. Tal sinergia entre lo abstracto y lo concreto, lo real (vinculado con el contexto) y lo virtual (desde la implementación de un lenguaje de programación), promueve el desarrollo de capacidades, las que a través de la experiencia se transmutarán en habilidades. El tipo de pensamiento utilizado se representa de acuerdo al momento del proceso de aprendizaje.

El pensamiento crítico, propone organizar los conocimientos que se pretenden interpretar y representar en el mundo, en particular las opiniones o afirmaciones que en la vida cotidiana suelen aceptarse como verdaderas, mientras que el pensamiento creativo, por su parte, es el lado investigativo y el ingenio. En la RE se observa cómo se estimula el desarrollo de las capacidades sociales la capacidad de solución, la capacidad de organización y la capacidad de transferencia. Las capacidades expuestas en el modelo no son exclusivas de una etapa sino más bien están presentes de manera transversal en el proceso de aprendizaje.

Entre los principales resultados se podría decir que las habilidades identificadas se manifiestan sin distinción de género y sin diferencia significativa entre los grados o la situación por la que hayan entrado al semillero, hecho que destaca el potencial de la robótica para desarrollar habilidades. Es decir, si la intención es desarrollar un conjunto de habilidades que potencien el pensamiento creativo, crítico y sistemático, la RE nos proporciona un medio natural para conseguir este fin.

En el transcurso de la elaboración del proyecto de la hormiga, se decidió quitar un par de patas, ya que se deseaban para futuros proyectos colocar sensores de proximidad y de radiofrecuencia para el manejo de la hormiga de manera inalámbrica y la idea que plantearon los estudiantes era utilizar un solo Arduino Uno, y este no posee la cantidad de pines necesarios para la implementación de todos los periféricos que se requerían. Así como se planteó también la posibilidad de implementar un módulo *Bluetooth* y una aplicación de *Android* diseñada por ellos mismos para el manejo de la hormiga, esto nos muestra como los estudiantes están ampliando horizontes, siendo creativos, buscando soluciones a las eventualidades dadas en el contexto, proponiendo nuevas alternativas de

solución y delimitando situaciones problematizadoras, lo que da cuenta de pensamientos de orden superior y habilidades científicas desarrolladas con RE, que fueron el objetivo general de este trabajo.

7. Limitaciones y recomendaciones

Del conjunto de habilidades que se pretendía observar utilizando los instrumentos de recolección planteados en la metodología de esta investigación, la comunicación se hubiera podido estudiar más a fondo si se tuvieran actividades planteadas en el MOPRE que implicaran exposiciones por fuera del semillero de Robótica, ya que esto permitiría ver cómo los estudiantes han mejorado la manera de comunicar sus ideas y proyectos utilizando un lenguaje científico claro, veraz y que mostrase aprestamiento del conocimiento desde la alfabetización científica. Aunque cabe aclarar que el hecho que no se hiciera tan evidente esta comunicación social no implica que la habilidad no pueda ser movilizada por la estrategia de la RE o que no pueda desarrollarse mediante esta actividad. Solamente indica que con las técnicas usadas en esta investigación para la observación y registro de datos, no es posible observar dicha habilidad social de manera completa. Por lo que se plantea la siguiente posible pregunta de investigación: ¿Cómo las habilidades potenciadas con la herramienta de la RE permiten a los estudiantes proyectarse frente a una comunidad académica?

Una dificultad en el proceso de la implementación de la investigación fue la distribución del tiempo, ya que las 10 sesiones planteadas en principio para la realización del MOPRE no fueron suficientes y hubo la necesidad de realizar cuatro (4) sesiones más para poder llevar a cabo la totalidad del proyecto; teniendo en cuenta que el hecho de que el semillero se llevó a cabo en contra jornada fue posible hacer la extensión temporal, pero de haberse realizado en la jornada académica no hubiera sido posible la culminación de las actividades planeadas, por lo que se recomienda tener en cuenta para posibles

investigaciones futuras este factor, que es muy influyente en la realización del proceso investigativo.

La implementación de la herramienta de Robótica está sujeta a que el *software* de programación y los equipos que se utilicen para el desarrollo de la propuesta funcionen adecuadamente; los problemas técnicos interfieren en la consecución de los objetivos, por lo que se recomienda verificar con tiempo las conexiones de los equipos, el correcto funcionamiento del *software* y la disposición de los espacios para evitar que esto interfiera en los objetivos propuestos para cada sesión y con ello en la actitud de los participantes en las actividades.

Algo muy importante es el tener claro los objetivos de cada sesión y comunicárselos los estudiantes, ya que se corre el riesgo de darles a las actividades un uso netamente instrumental que no da lugar a un aprendizaje significativo, por lo que la participación y motivación de los estudiantes se verá mermada y con esto contribuir a la deserción anticipada de los participantes de la investigación.

Referencias

- Acosta, M., Forigua, C. P., & Navas, M. A. (2015). Robótica Educativa: un entorno tecnológico de aprendizaje que contribuye al desarrollo de habilidades. *Master's thesis, Facultad de Educación*.
- Alfaro, A., & Badilla, M. (2015). El taller pedagógico, una herramienta didáctica para abordar temas alusivos a la Educación Ciudadana. *Revista Electrónica Perspectivas*, 81-146.
- Álvarez, C. (2011). El interés de la etnografía escolar en la investigación educativa. *Estudios Pedagógicos*, 37(2), 267-279.
- Álvarez, C., & San Fabián, J. L. (2012). La elección del estudio de caso en investigación educativa. *Gazeta de Antropología*, 28(1).
- Arias Monge, M., & Navarro Camacho, M. (2017). Epistemología, Ciencia y Educación Científica: premisas, cuestionamientos y reflexiones para pensar la cultura científica. *Actualidades investigativas en educación*, 17(3), 774-794.
- Arias, V. (2016). *Las TIC en la educación en ciencias en Colombia: Una mirada a la investigación en la línea en términos de su contribución a los propósitos actuales de la educación científica*. Medellín: Trabajo presentado para optar al título de Magíster en Educación en Ciencias Naturales Línea de investigación en TIC para la Enseñanza de las Ciencias.
- Arnak, J., Del Rincón, D., & Latorre, A. (1994). Investigación Educativa. Fundamentos y metodología. *Barcelona: Labor*.
- Avila, D., Lorusso, E., Fasce, S., & Lerache, J. S. (2017). Desarrollo inicial de un ambiente de competencia y experimentación en robótica situada con drones aplicado a la formación de estudiantes. *TE & ET*, 19, 50-59.
- Barrera, N. (2014). Uso de la robótica educativa como estrategia didáctica en el aula. *Praxis y Saber*, 6(11), 215-234.
- Bautista, N. (2011). *Proceso de la Investigación Cualitativa: Epistemología, metodología y aplicaciones*. Bogotá D.C.: El Manual Moderno (Colombia) Ltda.
- Blancas, J. L. (2010). *La práctica docente en ambientes tecnológicos para la enseñanza de las ciencias experimentales, a partir de las concepciones de los profesores sobre ciencia aprendizaje y TIC*. México: Tesis de Licenciatura de Pedagogía. Universidad Pedagógica Nacional.
- Blancas, J. L., & Rodríguez, D. P. (2013). Uso de tecnologías en la enseñanza de las ciencias: el caso de una maestra de biología de secundaria. *Revista Latinoamericana de estudios educativos*, 9(1), 162-186.

- Bonilla, G., Azcona, J., Ulloa, L., & Ocampo, W. (2018). Educación STEM: Aplicando Hardware Libre Arduino en Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica de Ecuador - Extensión Santo Domingo. *Didáctica y Educación*, 9(4), 177-184.
- Cisterna, F. (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. *Theoria*, 14(1), 61-71.
- Corchuelo, M. A. (2015). Propuesta de lineamientos para el desarrollo de ambientes de aprendizaje en robótica a través del estudio de experiencias. *Universidad de la Sabana. Cundinamarca: Proyecto de Investigación*.
- Dewey, J. (1965). *How we think*. Lexington, Massachusetts: C. Heath Company.
- Edelson, D., & Reiser, B. (2006). Making authentic practices accessible to learners. *Cambridge handbook of the learning sciences*.
- Fallows, S., & Steven, C. (2000). Building employability skills into the higher education curriculum: a university-wide initiative. *Education+training*, 42(2), 75-83.
- Geekfactory. (Enero de 2018). *Geek Factory. Productos para la innovación tecnológica*. Obtenido de Kit Robot Cuadrúpedo Araña Arduino: <https://www.geekfactory.mx/wp-content/uploads/manuales/Tutorial-Cuadrupedo.pdf>
- Gómez, F., Muñoz, F., E., F. B., Giraldo, C. A., & Bacca-Cortes, E. B. (2008). Diseño y prueba de un robot móvil con tres niveles de complejidad para la experimentación en robótica. *Ingeniería y Competitividad*, 10(2), 53-74.
- Gutiérrez, B. (2010). *La Robótica Educativa y su Influencia en el Aprendizaje Colaborativo*. Ecuador: Tesis de Grado.
- Helm, H., McBride, D., & La Blanca, O. (2011). Creating a research culture in a small non-selective department. *Psychology Journal*, 3(8), 93-101.
- Herderson, F., Nunez-Rodriguez, N., & Casari, W. (2011). Enhancing research skills and information literacy in community college science students. *The american biology Teacher*, 73(5), 270-275.
- Hodson, D. (1985). Philosophy of Science, Science and Science Education. *Studies in Science Education*, 25-57.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Investigación y experiencias didácticas*, 12(3), 299-313.
- Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25(6), 645-670.

- Hodson, D. (2015). El trabajo de laboratorio como Método Científico 3 DÉCADAS de confusión y distorción. *Perspectivas Docentes*(27).
- Jaramillo, A. (9 de Octubre de 2011). *Modelo Pedagógico Holístico - Transformador*. Obtenido de Prezi: https://prezi.com/zs_etdra0zos/modelo-pedagogico-holistico-transformador/
- Kiley, M., Moyes, T., & Clayton, P. (2009). To develop research skills: Honours programmes for the changing research. *Agenda in Australian Universities. Innovations in Education and Teaching International*, 46(1), 15-25.
- Koppi, T., Nolan, E., & Field, D. (2010). Developing transferable research skills in first year agricultural economics students. *Journal of University Teaching y Learning Practice*, 7(2), 6.
- López, G. (2012). Pensamiento crítico en el aula. *Docencia e Investigación*, 41-60.
- López, P., & Andrade, H. (2013). Aprendizaje con robótica, algunas experiencias. *Revista Educación*, 37(1), 43-63.
- Mancilla, V., Aguilar, R., Aguilera, J., Subías, K., & Ramírez, A. (2017). Robótica educativa para enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica sobre Tecnología, Educación y Sociedad*, 4(7).
- Márquez, D., & Ruiz, F. (2014). Robótica educativa aplicada a la enseñanza básica secundaria. *Didáctica, innovación y multimedia*(30), 1-12.
- Miglino, O., Hautop, H., & Cardaci, M. (1999). Robotics as an Educational Tool, Journal of Interactive Learning Research. *Teaching and Technology*, 10(1), 25-47.
- Ministerio de Educación Nacional. (2004). *Guía No. 7 La formación en Ciencias: ¡El desafío!* Colombia: MEN.
- Mira, E., & Alejandra, P. M. (2018). *Los Maestros de Ciencias Naturales ante los Retos y Desafíos de la Educación Científica del Siglo XXI*. Medellín: Trabajo de grado para Optar al Título de Licenciado en Educación Básica con Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental.
- Monsalve, S. (Enero-Junio de 2011). Estudio sobre la utilidad de la robótica educativa desde la perspectiva del docente. *Revista de Pedagogía*, 32(90), 81-117.
- Murdoch, D., Drewery, S., Elton, S., Emmerson, C., Marshall, M., Smith, A., . . . Whittle, S. (2010). What do medical students understand by research and research skills? Identifying research opportunities within undergraduate projects. *Medical Teacher (MedTeach)*, 32(3), 152-160.
- Navarra, J. M. (2001). Didáctica: concepto, objeto y finalidades. Didáctica general para psicopedagogos. *Universidad Nacional de Educación a Distancia, UNED*.

- Nieda, J., & Macedo, B. (1997). *Un currículo Científico para estudiantes de 11 a 14 años*. Madrid: Unesco.
- Papert, S., & Harel, I. (1991). *Situating Constructionism*. En *Constructionism*. Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.
- Peñaloza, O. (2013). *Pensamiento sistémico en el aula: la experiencia de la oxidación con estudiantes de grado noveno de la I.E.D. Pablo Neruda*. Bogotá, Colombia: Trabajo de grado para optar por el título de Especialización de Docencia de las Ciencias para el nivel básico. Universidad Pedagógica Nacional.
- Pittí, K., Curto, B., & Moreno, V. (2010). Experiencias construccionistas con robótica educativa en el centro internacional de tecnologías avanzadas. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la información (TESI)*, 11(3), 310-329.
- Pittí, K., Curto, B., Moreno, V., & Rodríguez, M. (2014). Uso de la Robótica como herramienta de Aprendizaje en Iberoamérica y España. *VAEP-RITA*, 2(1), 41-48.
- Poblete, M., & Villa, A. (2007). *Aprendizaje basado en competencias. Una propuesta para la evaluación de competencias genéricas*. Bilbao: Mensajero.
- Pontes, A. (2005). Aplicaciones de las tecnologías de la información de la comunicación en la educación científica. Primera parte: funciones y recursos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(1), 2-18.
- Reyes, D., & García, Y. (2014). Desarrollo de habilidades científicas en la formación inicial de profesores de ciencias y matemáticas. *Educación y Educadores*, 17(2), 271-285.
- Reyes, R. (2010). Las habilidades científicas, su importancia para la calidad de la formación en la carrera de Estudios Socioculturales. *Innovación Tecnológica*, 16(1).
- Rioseco, M., & Romero, R. (1997). La contextualización de la enseñanza como elemento facilitador del aprendizaje significativo. *Actas Encuentro Internacional sobre el aprendizaje significativo*, 253-262.
- Rodríguez, D. P., Izquierdo, M., & López, D. M. (2011). ¿Por qué y para qué enseñar ciencias? En: *Las ciencias naturales en Educación Básica: formación de ciudadanía para el siglo XXI. Serie: Teoría y práctica curricular de la Educación Básica*, 13-42.
- Rodríguez, G., Gil, J., & García, E. (1996). *Metodología de la investigación cualitativa*. Málaga: Aljibe.
- Sanmartí, N., & Izquierdo, M. (2001). Cambio y conservación en la enseñanza de las ciencias ante las TIC. *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 29, 71-83.

- Sendag, S., & Odabasi, F. (2009). Effects of an online problem based learning course on content knowledge acquisition and critical thinking skills. *Computers y Education*, 53(1), 132-141.
- Solbes, J., Rosa, M., & Furió, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de las ciencias: implicaciones en su enseñanza. *Departamento de Didáctica de las ciencias experimentales y sociales. Universitat de València*, 91-117.
- Stake. (2007). Case Study, en Denzin, N.K. & Lincoln, Y.S. (Eds.). *Handbook of Qualitative Research*, 236-247.
- Stake. (2007). *Investigación con estudio de casos* (Segunda ed.). Madrid: Ediciones Morata, S. L.
- Torres, P. (2004). Desarrollo del pensamiento creativo en el ámbito universitario. *Anuario de filosofía, psicología y sociología*, 7(1), 117-130.
- Turizo, L. G. (2013). Un ejemplo de planteamiento del problema para una investigación relacionada con transversalidad y la interdisciplinariedad del currículo. *Innovación, Ingeniería y Desarrollo*, 2(2), 63-78.
- Valter, K., & Akerlind, G. (2010). Introducing Students to Ways of Thinking and Acting Like a Researcher: A Case Study of Research-led Education in the Sciences. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, 22(1), 89-97.
- Vasilachis, I. (2006). La investigación cualitativa. Estrategias de Investigación Cualitativa. 1-22.
- Wozniak, M., Graña, M., & Corchado, E. (2014). A survey of multiple classifier systems as hybrid systems. *Information Fusion*, 16, 3-17.
- Yriarte, C. (2012). Programa para el desarrollo de las habilidades de observación y experimentación en estudiantes de segundo grado-Callao. *Repositorio*.
- Zohar, A. (2006). El pensamiento de Orden Superior en las clases de ciencias: Objetivos, Medios y Resultados de Investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 157-172.

8. Anexos

Anexo A: Plan de Aula (MOPRE)

PLAN DE AULA (CONCEPTUALIZACIÓN)

PROYECTO: Tiempo Libre **SEMILLERO:** Robótica **DOCENTE:** MEISY SAUDITH BERRIO CANCHILA

APRENDIZAJE (Objetivo): Se pretende que los estudiantes adquieran los conocimientos necesarios para montar circuitos y realizar mediciones, al igual que los conocimientos básicos en programación para poder utilizar el programa de Arduino.

PREGUNTA PROBLEMATIZADORA: ¿Por qué un ave que está posada sobre un cable de alta tensión no se electrocuta? ¿El computador y yo hablamos en un mismo lenguaje?

ETAPAS DEL MOPRE: Formulación del problema de la realidad; Planificación y organización del proyecto

NÚMERO DE SESIONES: 2

Duración de las sesiones: 4 horas

EVIDENCIA DE APRENDIZAJE ESPERADO:

SABER	HACER	SER
Reconoce estrategias que le permitan utilizar el pensamiento abstracto, reproducirlo o modificarlo teniendo en cuenta la interdependencia de los miembros del equipo. Identifica un problema de investigación o un fenómeno a investigar.	Vincula el funcionamiento de la realidad con el problema al que debe dar respuesta. Evalúa el conocimiento adquirido y lo analiza para saber si es cierto y creíble o inválido e ineficaz.	Valora los aportes creativos surgidos en el grupo de trabajo, por medio de la socialización de soluciones nuevas e imagina cómo concretarlas en abstracto.

SESIÓN I (PRIMERA ETAPA DEL MOPRE)

REFERENTES CONCEPTUALES:

<i>Electrónica I</i>	<i>Programación Arduino</i>
Voltaje	Estructura del programa Arduino
Corriente continua y alterna	Funciones principales
Resistencias	Declaración de variables
Protoboard	Gestión de puertos
Circuitos en serie y en paralelo	Declaración de funciones

ENCUENTRO	VER	COMPRENDER	ACTUAR	EVALUAR CONCERTAR
Saludo inicial. Entrega y explicación de los consentimientos o informados. Explicación de los objetivos del semillero de robótica y los instrumentos a utilizar. Elaboración de la primera entrevista semiestructurada (Anexo B) de manera individual. Tiempo estimado: 1 hora.	<p>Los estudiantes se organizarán en equipos de tres a cinco integrantes y realizarán una lluvia de ideas, teniendo en cuenta qué quieren materializar (robot que desean armar), dando el porqué de esta elección y por último escogerán por grupo una sola propuesta, luego todos los grupos formados debatirán para elegir el proyecto que se realizará en el semillero.</p> <p>Luego deberán materializar la idea en papel, tomando decisiones en equipo, realizando una representación gráfica de la idea, para lo cual realizarán:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Un texto explicativo: Justificación o narración que describa de forma detallada, la idea elegida por todos, generando así un imaginario sobre lo que van a construir. 2. Representación gráfica de la idea elegida: señalando donde van a ir los motores, los sensores y todo lo que van a usar, al igual que el tipo de engranaje que usarán. <p>Tiempo estimado: 40 minutos.</p>	<p>En electrónica se socializarán los conceptos que se desean movilizar, realizando constantes preguntas para generar la participación activa de los estudiantes y para observar si se están comprendiendo los conceptos a movilizar durante la clase. En Programación se les presentará el programa de Arduino por medio del proyector y se les irán mostrando tanto la estructura general del programa como las principales funciones, se les enseñará a declarar variables y tendrán el primer encuentro con los Arduinos, explicándoles cada uno de sus puertos. Luego se les plantearán las siguientes actividades que realizarán con ayuda del docente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Encenderán un Led sin ningún periférico utilizando el Arduino. 2. Hallarán las resistencias necesarias para el funcionamiento adecuado de un Led en un circuito de manera teórica y experimental. <p>Tiempo estimado: 2 horas.</p>	<p>Los estudiantes realizarán dos retos teniendo en cuenta lo aprendido en la clase:</p> <p>Reto uno: Realizarán un montaje en serie en la protoboard, utilizando resistencias y Led. Utilizarán una FEM para observar si es funcional.</p> <p>Reto dos: Programarán en Arduino para realizar un parpadeo de luz crossover.</p> <p>Tiempo estimado: 1 hora</p>	<p>Al finalizar este proceso los estudiantes llenarán la bitácora (Anexo F), con el fin de valorar lo aprendido durante la clase.</p>

SESIÓN II (SEGUNDA ETAPA DEL MOPRE)

REFERENTES CONCEPTUALES:

<i>Electrónica II</i>	<i>Programación Arduino</i>
¿Cómo medir Voltaje?	Operadores lógicos
¿Cómo medir Corriente?	Instrucciones de control o sentencias
¿Cómo medir Resistencias?	
Resistencia Equivalente	

ENCUENTRO	VER	COMPRENDER	ACTUAR	EVALUAR CONCERTAR
<p>Observaciones generales de la bitácora del estudiante. Retroalimentación de los resultados de la clase pasada. Actividades que quedaron pendientes la clase pasada (Retos del momento de actuar). Tiempo estimado: 30 minutos.</p>	<p>Los estudiantes tendrán un conversatorio para la asignación de roles y responsabilidades dentro del grupo, en busca de definir lo que van a necesitar para la elaboración del tecnofacto y de quién se encargará de cada cosa, es decir, planificarán las estrategias para reproducirlo, Modificarlo o bien diseñar una nueva forma de comportamiento para su realización, por lo que se estimularán las «capacidades sociales» y cada individuo tendrá una oportunidad clave para mostrar sus habilidades individuales dentro del grupo.</p> <p>Los estudiantes entregarán por escrito:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Los pseudocódigos: escribir lo que va a hacer el tecnofacto. 2. La lógica de programación en papel que deberán implementar para que el tecnofacto funcione como ellos desean. 3. Rectificación de la lista de materiales que se requieren para armarlo y que fue elaborada en la primera clase. <p>Tiempo estimado: 40 minutos. Extensión del documento: 300 a 500 palabras.</p>	<p>En electrónica se dispondrá en el laboratorio de multímetros, FEM, resistencias de diferentes valores, protoboard y varios Led, con el fin de que los estudiantes comiencen a relacionarse con estos instrumentos de medida.</p> <p>Con la ayuda de la tabla de código de colores para las resistencias, encontrarán el valor teórico de las resistencias y luego lo corroborarán con el multímetro.</p> <p>Se realizará la caracterización de la fuente.</p> <p>La docente les explicará la funcionalidad de los instrumentos con diferentes ejemplos aplicativos y luego ellos deberán hallar teóricamente cuál sería la corriente y el voltaje que circulan por un circuito en serie y en paralelo que realizará en el tablero la docente, y luego comparará estos valores con los obtenidos de manera experimental.</p> <p>En programación se les socializarán los conceptos a movilizar por medio de diferentes programas aplicativos (hallar el área de diferentes figuras geométricas).</p> <p>Tiempo estimado: 2 horas</p>	<p>Los estudiantes realizarán dos retos teniendo en cuenta lo aprendido en la clase:</p> <p>Reto uno: Realizarán un montaje en serie de una resistencia y un Led, en la protoboard, al cual se suministrará una diferencia de potencial de 12V y deberán medir el voltaje de entrada, de salida y en el Led, al igual que la corriente que circula por este. Luego le deberán cambiar el valor de la resistencia y observar que ocurre con el Led.</p>	<p>Al finalizar este proceso los estudiantes llenarán la bitácora (Anexo F), con el fin de valorar lo aprendido durante la clase. Elaboración de un mapa conceptual sobre el manejo del multímetro.</p>

PLAN DE AULA (GENERALIDADES DE ROBÓTICA)

PROYECTO: Tiempo Libre **SEMILLERO:** Robótica **DOCENTE:** MEISY SAUDITH BERRIO CANCHILA

APRENDIZAJE (Objetivo): Diseñar y construir un tecnofacto de manera colaborativa.

PREGUNTA PROBLEMATIZADORA: ¿Qué es la inteligencia artificial?

ETAPAS DEL MOPRE: Construcción del robot; programación.

NÚMERO DE SESIONES: 4 **Duración de las sesiones:** 3 horas

EVIDENCIA DE APRENDIZAJE ESPERADO:

SABER	HACER	SER
Identifica nuevos proyectos de investigación de acuerdo a los resultados encontrados. Aplica los instrumentos de laboratorio como una extensión y optimización de los sentidos	Genera formas de abordar y analizar un problema de investigación y plantea preguntas que le permitan delimitarlos. Utiliza los sentidos en la distinción de patrones mediante el examen, la identificación, el reconocimiento, la comparación y la contrastación, en el dominio intelectual, psicomotriz y afectivo.	Interioriza conocimientos nuevos o mejorados respecto a un fenómeno natural o técnico específico.

SESIÓN I (TERCERA Y CUARTA ETAPA DEL MOPRE)

REFERENTES CONCEPTUALES:

Electrónica III	Programación Arduino
¿Qué es un Robot?	Programación de servomotores
Historia de los robots	Puerto serial
Las tres leyes de la robótica	
Servomotores	

ENCUENTRO	VER	COMPRENDER	ACTUAR	EVALUAR CONCERTAR
<p>Elaboración de la segunda entrevista semiestructurada (Anexo C) de manera grupal.</p> <p>Duración: 20 minutos.</p>	<p>Los estudiantes responderán a las siguientes preguntas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué es un robot? 2. ¿Consideras que los robot son inteligentes? Explica tu respuesta. <p>Luego observarán el video: https://www.youtube.com/watch?v=smiLbFrKCi4 (Demo: Introducción a la Programación y Robótica) y se llevará a cabo una discusión con el fin de observar la interpretación que realizaron del video.</p> <p>Duración: 40 minutos.</p>	<p>Se dará el concepto de servomotor y su utilización.</p> <p>Se realizará la programación del Arduino por parte del docente con la participación activa de los estudiantes para mover el servomotor, efectuando las siguientes actividades:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se moverá de 0° a 180°. 2. Se moverá paso a paso de un ángulo determina hasta 120°. <p>Se socializará el concepto de comunicación serial (RS232), en el cual se encenderá el Led del Arduino a través de un mensaje utilizando el monitor serial.</p>	<p>Reto dos: Programar con Arduino un semáforo con los conocimientos adquiridos en la clase, estableciendo tiempos de encendido y apagado.</p> <p>Reto: Programe un Arduino para que haga girar un servo-motor según el ángulo enviado a través del puerto Serial.</p>	<p>Al finalizar este proceso los estudiantes llenarán la bitácora (Anexo F), con el fin de valorar lo aprendido durante la clase.</p>

SESIÓN II y III (TERCERA Y CUARTA ETAPA DEL MOPRE)

REFERENTES CONCEPTUALES:

Programación Arduino
Programación de motores
Carro Kit de Arduino

ENCUENTRO	VER	COMPRENDER	ACTUAR	EVALUAR CONCERTAR
<p>Se observará el video: https://www.youtube.com/watch?v=q4QywyLYWrA Y se resolverán las dudas que sobre este puedan surgir.</p>		<p>En la sesión II se realizará el armado del carro del Kit de Arduino de manera física, organizando todas las conexiones al Arduino y al control de motores CC L293D (explicando su funcionalidad y el diagrama para su conexión).</p> <p>En la sesión III se realizará la programación del Arduino para mover los motores del carro robótico, efectuando las siguientes actividades:</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Los motores giren en un sentido. 4. Los motores giren en el sentido opuesto. 5. Los motores se detengan por un tiempo estipulado y continúen girando. 	<p>Reto: El estudiante deberá hacer un programa que le permita que el carro avance 20 segundos, se detenga por 3 segundos, gire a la derecha y avance en línea recta por 20 segundos, se detenga nuevamente por 3 segundos y gire a la izquierda y avance en línea recta por 30 segundos.</p>	<p>Al finalizar este proceso los estudiantes llenarán la bitácora (Anexo F), con el fin de valorar lo aprendido durante la clase.</p>

SESIÓN IV (TERCERA Y CUARTA ETAPA DEL MOPRE)

REFERENTES CONCEPTUALES:

Programación Arduino
Carro seguidor de línea Kit de Arduino

ENCUENTRO	VER	COMPRENDER	ACTUAR	EVALUAR CONCERTAR
<p>Se les mostrarán a los estudiantes tres robot funcionales sencillos que hay en el laboratorio, se les explicarán la funcionalidad y la programación (en caso de haberla) con el fin de mostrarles que los robot pueden ir desde cosas tan sencillas como el mosquito robot, hasta robot que efectúen actividades muy complejas.</p> <p>Los robot que verán serán:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El mosquito robot. 2. La araña del Kit de robótica de Arduino. 3. Robot casero a control remoto. 	<p>Los estudiantes deberán realizar un escrito en donde se plantee una reflexión acerca de la evolución que han tenido en el transcurso del curso, sus progresos, falencias y dificultades de aprendizaje y cómo las actividades prácticas planteadas han contribuido o no al desarrollo de su proceso científico.</p>	<p>Se explicará cómo se efectúa el ensamble del sensor infrarrojo para seguidor de línea al carro del Kit de Arduino.</p> <p>El docente y los estudiantes realizarán la programación pertinente para que el carro seguidor de línea funcione.</p>	<p>Reto: Programar al carro del Kit de Arduino para que en vez de seguir una línea, la utilice como obstáculo y se aleje de ella, realizando un giro de 180° (de manera aleatoria) a la izquierda o la derecha cada vez que la tenga en frente.</p>	<p>Al finalizar este proceso los estudiantes llenarán la bitácora (Anexo F), con el fin de valorar lo aprendido durante la clase.</p>

PLAN DE AULA (MONTAJE DEL PROYECTO)

PROYECTO: Tiempo Libre **SEMILLERO:** Robótica **DOCENTE:** MEISY SAUDITH BERRIO CANCHILA

APRENDIZAJE (Objetivo): Construir el tecnofacto escogido para el proyecto del semillero de manera colaborativa.

PREGUNTA PROBLEMATIZADORA: ¿Qué le quiero aportar al mundo desde la implementación de la Robótica Educativa?

ETAPAS DEL MOPRE: Construcción del robot; programación.

NÚMERO DE SESIONES: 4

Duración de las sesiones: 2 horas y treinta minutos

ENCUENTRO	VER	COMPRENDER	ACTUAR	EVALUAR CONCERTAR
Trabajo independiente de los estudiantes	Trabajo independiente de los estudiantes	Elaboración de un mapa conceptual que tenga como base la RE, teniendo en cuenta las etapas planteadas en el curso, las sesiones, los referentes conceptuales, las reflexiones realizadas durante cada una de las clases, los conocimientos desarrollados, las prácticas de laboratorio, los fenómenos estudiados y los conceptos que pueden aplicarse para explicarlos, las técnicas que tuvieron que idear para planificar estrategias,...	Se llevará a cabo por parte de los estudiantes el proceso de ensamble y programación del tecnofacto escogido en el proyecto, durante el transcurso de todas las cuatro sesiones, realizando las pruebas de ensayo y error a las que haya lugar, superando las dificultades, delimitando los problemas y planteando soluciones creativas a los mismos.	Al finalizar este proceso los estudiantes llenarán la bitácora (Anexo F), con el fin de valorar lo aprendido durante la clase. Elaboración de un mapa conceptual.

Anexo B: Primera entrevista semi – estructurada

1. ¿Cómo te enteraste de la existencia del curso de robótica?
2. ¿Por qué te inscribiste en este curso de robótica?
3. ¿Qué esperas aprender en el curso?
4. ¿Te identificas más como una persona que trabaja bien sola o en grupo? ¿Por qué?
5. ¿Qué conoces a cerca de la electrónica, la informática, la programación y la mecánica? ¿Cómo están relacionados estos conceptos con la robótica?
6. ¿Qué avances tecnológicos crees que le hacen falta a tu hogar, escuela o comunidad?
7. ¿Cuáles capacidades crees que debe tener un estudiante que se inscriba en este curso? ¿Con cuantas de estas capacidades crees que tú cuentas? ¿Por qué?

Anexo C: Segunda entrevista semi – estructurada.

1. ¿Qué proyecto te gustaría llevar a cabo en el curso? ¿por qué?
2. ¿De dónde nace la idea de este proyecto?
3. ¿Qué principios tecnológicos hay en este proyecto?
4. ¿Con qué herramientas tecnológicas cuentas en tu hogar que te faciliten el aprendizaje de los temas a tratar en el curso?

Anexo D: Consentimiento informado

PROTOCOLO DE COMPROMISO ÉTICO Y ACEPTACIÓN DE LOS Y LAS PARTICIPANTES EN LA INVESTIGACIÓN

La experimentación con robótica en la enseñanza de las ciencias: una propuesta para el desarrollo de habilidades científicas

La presente investigación tienen como objetivo principal analizar la influencia de la experimentación con robótica en el proceso de aprendizaje de las ciencias y el desarrollo de habilidades científicas en los estudiantes de educación media que hacen parte del Semillero de Robótica que está adscrito al Proyecto de manejo del tiempo libre, de la Institución Educativa Cardenal Aníbal Muñoz Duque. En función de lo anterior es pertinente la participación del estudiante que participará en el estudio, por lo que mediante la presente, se le solicita su consentimiento informado.

La colaboración del estudiante en esta investigación, consistirá en la participación activa en 10 sesiones de clase que se llevarán a cabo en contra jornada, lo cual se realizará mediante la aplicación de talleres escritos y/u orales, ensamble de tecnofactos, manipulación de herramientas propias de la robótica, programación de Software en el lenguaje de Arduino, elaboración de diarios de campo, grabaciones de videos y/o audios de las clases y fotografías de las actividades realizadas. Dicha actividad durará aproximadamente dos meses y medio y será realizada en las instalaciones correspondientes al laboratorio de química y física de la Institución Educativa Cardenal Aníbal Muñoz Duque. Los beneficios reales o potenciales que el estudiante podrá obtener de su participación en la investigación es el trabajo colaborativo, una posible aplicación para su proyecto de vida, el buen uso del tiempo libre y aprendizaje en diferentes áreas del conocimiento, en especial en electrónica, física, matemáticas e informática. Además, la participación en este estudio no implica ningún riesgo de daño físico ni psicológico para el estudiante, y se tomarán todas las medidas que sean necesarias para garantizar la **salud e integridad física y psíquica** de quienes participen del estudio.

El acto de autorizar la participación del estudiante en la investigación es **absolutamente libre y voluntario**. Todos los datos que se recojan, serán estrictamente **anónimos y de carácter privados**. Además, los datos entregados serán absolutamente **confidenciales** y sólo se usarán para los fines académicos de la investigación. El responsable de esto, en calidad de **custodio de los datos**, será el Investigador Responsable del proyecto, quien tomará todas las medidas necesarias para cautelar el adecuado tratamiento de los datos, el resguardo de la información registrada y la correcta custodia de estos se hará por medio de medidas de protección de la privacidad de los documentos y/o grabaciones realizadas en el transcurso de la investigación, a la cual sólo tendrá acceso el **custodio de los datos** ya que los elementos físicos se mantendrán en resguardo en el archivador del laboratorio de la institución, al que sólo tiene acceso el investigador y los virtuales estarán en la nube bajo las claves de acceso que solo conoce el investigador Responsable del proyecto, con el fin de cumplir a cabalidad

con la ley 1518 del 17 de Octubre de 2012 y al Decreto 1377 de 2013 para protección de los datos personales.

El investigador Responsable del proyecto y la Institución Educativa Cardenal Aníbal Muñoz Duque asegura la **total cobertura de costos** (materiales) del estudio, por lo que la participación del estudiante no significará gasto alguno. Por otra parte, la participación en este estudio **no involucra pago o beneficio económico** alguno. Las personas que firman este documento autorizan a los investigadores para que las fuentes de información como escritos, entrevistas, observaciones, fotos, grabaciones en audio y video, etc.; se constituyan en datos para dicha investigación, y puedan ser publicados en el informe final de investigación, así como en cualquier otro medio de divulgación como eventos académicos, publicación en revistas, entre otros.

Mediante la presente, se le solicita su autorización para la participación del estudiante _____ en el Proyecto de investigación “LA EXPERIMENTACIÓN CON ROBÓTICA EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS: UNA PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE HABILIDADES CIENTÍFICAS”, conducido por la docente Meisy Saudith Berrio Canchila, estudiante de Maestría en Educación en Ciencias Naturales de la Universidad de Antioquia.

Desde ya le agradecemos su participación.

.....

Meisy Saudith Berrio Canchila

Investigador Responsable

Fecha _____

Yo _____, acudiente de _____, con base en lo expuesto en el presente documento, acepto voluntariamente que mi acudido participe en la investigación “LA EXPERIMENTACIÓN CON ROBÓTICA EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS: UNA PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE HABILIDADES CIENTÍFICAS”, conducida por la docente Meisy Saudith Berrio Canchila, investigadora estudiante de Maestría en Educación en Ciencias de la Universidad de Antioquia. He sido informado(a) de los objetivos, alcance y resultados esperados de este estudio y de las características de la participación. Reconozco que la información que se provea en el curso de esta investigación es estrictamente confidencial y anónima. Además, esta no será usada para ningún otro propósito fuera de los de este estudio.

He sido informado(a) de que se puede hacer preguntas sobre el proyecto en cualquier momento y que es posible el retiro del mismo cuando así se desee, sin tener que dar explicaciones ni sufrir consecuencia alguna por tal decisión.

De tener preguntas sobre la participación en este estudio, puedo contactar a la docente investigadora encargada del proyecto Meisy Saudith Berrio Canchila, profesora de Ciencias Naturales – Física en la Institución Educativa Cardenal Aníbal Muñoz Duque.

Entiendo que una copia de este documento de consentimiento me será entregada, y que puedo pedir información sobre los resultados de este estudio cuando éste haya concluido. Para esto, puedo contactar al Investigador Responsable del proyecto al correo electrónico profemeisyberrio@iecamd.edu.co, o al teléfono 310 461 48 45.

Nombre y firma del participante

**MEISY SAUDITH BERRIO
CANCHILA**

Investigador Responsable

Nombre, firma y cédula del acudiente

Anexo E: Formato para el diario de campo.

DIARIO DE CAMPO (Del docente) No.	
Actividad realizada	Fecha:
Investigador/Observador	Hora de inicio:
Número de asistentes	Duración:
Lugar – espacio	
Objetivo de la actividad	
Situaciones significativas	
Descripción de actividades, relaciones y situaciones sociales cotidianas	Consideraciones analíticas con respecto al objetivo o pregunta de investigación (intelectual, psicomotriz y afectivo)
Observaciones generales	
Reflexión y análisis	

Anexo F: Formato para bitácora del estudiante.

BITÁCORA (Del Estudiante) No.		
Actividad realizada		Fecha:
Nombre del estudiante		Hora de inicio:
Lugar – espacio		Hora de finalización:
Dinámica del trabajo (cómo se desarrolló la práctica durante el día en términos metodológicos: proceso, técnicas empleadas, talleres y cómo se emplearon nuevos aportes al conocimiento adquirido).		
Problema central a estudiar		
Formas de abordarlo y analizarlo		
Resultados obtenidos		
¿Qué he podido aprender?		
¿Qué debo profundizar más?		
¿Qué hechos o momentos me han impactado más? ¿Por qué?		

Patrones identificados por medio de los sentidos en la actividad desarrollada (Utilización de los instrumentos de medida)	
¿Cómo te sentiste al trabajar en grupo?	
¿Qué cambios han generado en ti como persona o como futuro profesional?	
Actividades programadas para la próxima sesión	

Anexo G: Programación con Arduino para los retos propuestos en el MOPRE.

Los retos propuestos en la implementación del MOPRE se encuentran discriminados así:

1. Encender y apagar un LED:

<https://www.dropbox.com/s/dypq13sxn6u2rxx/led.ino?dl=0>

2. El semáforo: <https://www.dropbox.com/s/go9vju0r91w27rk/Semaforo.ino?dl=0>

3. Servomotor: <https://www.dropbox.com/s/5cjtvy7mz6ozg1/servo.ino?dl=0>

4. Mover tres servomotores:

https://www.dropbox.com/s/1xd2nr8xjmd4lou/Servomotor_mover_3_ino?dl=0

5. Mover hacia adelante el carrito del Kit de robótica:

https://www.dropbox.com/s/i94vj09bo0is06b/Mover_el_carrito.ino?dl=0

6. Hacer girar el carrito del Kit de robótica:

https://www.dropbox.com/s/qoi0ybgbnruvkbe/Girar_el_carrito.ino?dl=0

7. Diseño del carrito seguidor de línea del Kit de robótica:

https://www.dropbox.com/s/jx3ahprsuws25g6/carro_seguidor_de_linea.ino?dl=0

Anexo H: Proyecto final (Hormiga robótica).

Los motores tienen una predisposición, lo cual significa que todos los ángulos de esta hormiga no son iguales. Lo primero que se necesita hacer es realizar un test general para ubicar los motores de las bases en 90 grados.

En este caso los ángulos se tomaron teniendo en cuenta la figura 9. En la configuración inicial los motores irán en 90°, tanto el de la base como el del codo. No se recomienda ensamblar los motores primero, ya que es recomendable calibrar todos los ángulos en 90° y luego a nivel físico se ubica el motor a 90° tanto en la base como en el codo, para poder alinear los motores, si algún motor no queda alineado se verá este desfase en el movimiento de la hormiga.

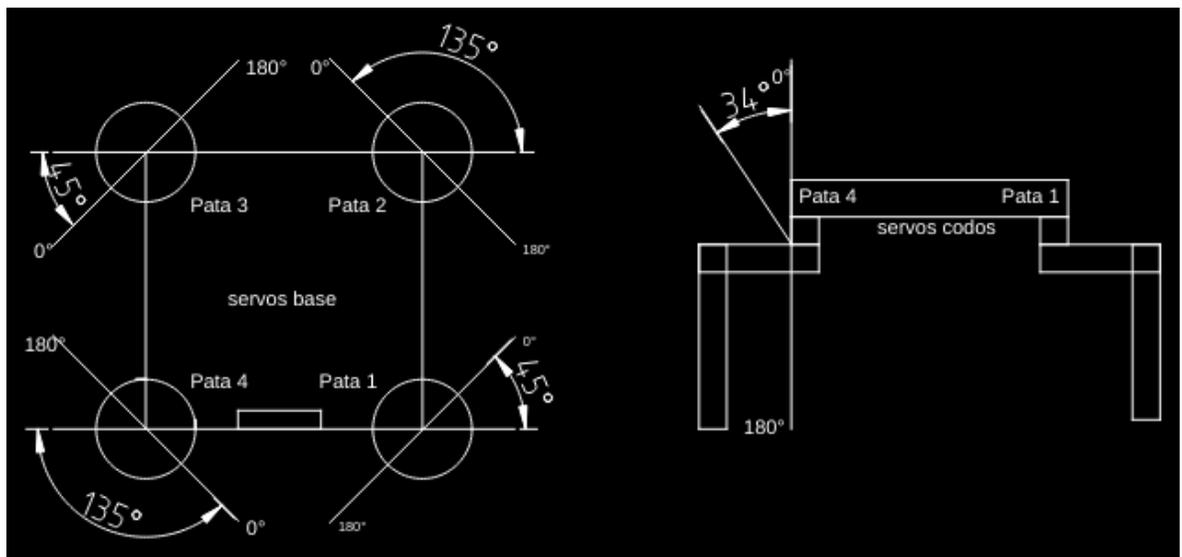


Figura 10: Referencia de los grados utilizados para programar los servomotores de la hormiga cuadrúpeda.

Antes de comenzar a realizar el programa es conveniente que nos preguntemos ¿Cómo se mueve un cuadrúpedo?, para responder a esta pregunta los estudiantes plantearon el siguiente desplazamiento:

1. El cuadrúpedo tendrá las patas 4 y 2 aproximadamente a 135° y las patas 1 y 3 a 45° al iniciar el movimiento.
2. Utilizando el servo del codo, la pata 4 se alzará a 34° y con el servo de la base se moverá a 90° y nuevamente con el servo del codo se moverá hacia abajo a 90° , luego la pata 2 se alzará y se moverá a 180° y de nuevo bajará. La pata 1 se moverá después de la pata 2, hasta el ángulo de 90° y por último lo hará la pata 3 pero hasta 0° .
3. Utilizando todos los servos de la base a la vez, volverán a la posición inicial del paso 1.

El código utilizando el programa de Arduino se encuentra en el siguiente link:

https://www.dropbox.com/sh/sbtrwzbr89gg3cu/AABWH1KCE3inZ5dCmIq_TLCja?dl=0

Para la elaboración del diseño de la hormiga, los estudiantes se basaron en el manual de Geekfactory (2018), aunque cada una de las piezas fueron elaboradas en el programa ArtCam Pro 8.1. que realiza grabados artísticos 3D, partiendo de dibujos 2D realizados con vectores (ver figura 10). El programa para el corte de las piezas en el CNC fue grblControl con el que se hizo el mapeado de alturas de la superficie y se mandaron los g – codes directamente a la maquina (ver figura 11).

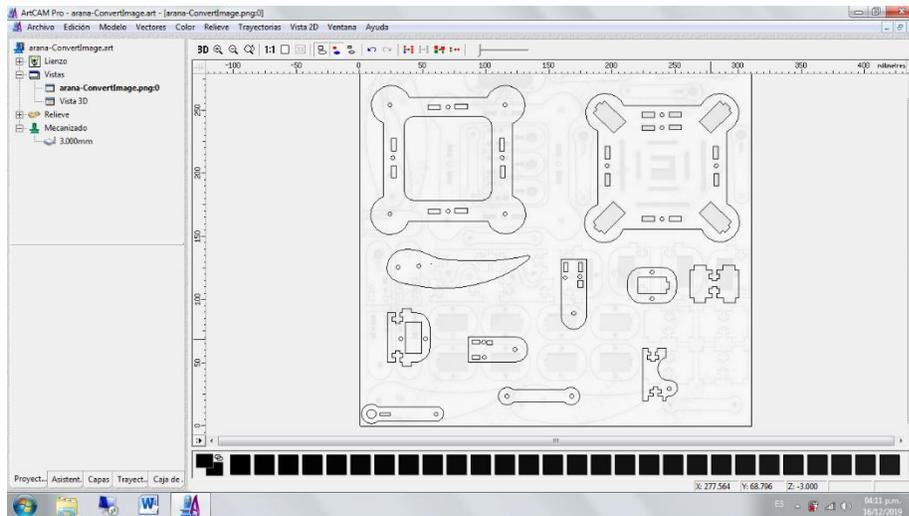


Figura 11: Diseño de piezas de la hormiga con ArtCAM.

Para la elaboración de las piezas se usó madera MDF de 3mm de espesor, recicladas de tablas para trabajar con plastilina, ya que en el municipio no se encontró otro tipo de madera que tuviera este espesor y que fuera liviana y fácil de cortar. Se usaron ocho servomotores, cables de conexión, un Arduino Uno y fuente de alimentación.

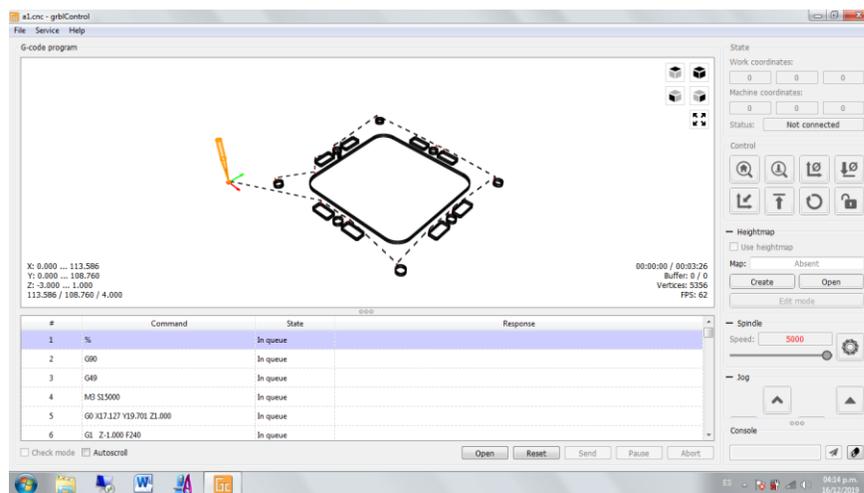


Figura 12: Programa Gb1Control para el corte de las piezas con el CNC.