



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**UNA PROPUESTA DE ENSEÑANZA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE
SIGNIFICADOS EN FÍSICA BASADA EN EL MODELO PEDAGÓGICO
DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA**

Autores

Alejandra Pérez Arango

Sergio Andrés Correa Díez

Universidad de Antioquia

Facultad de Educación

Medellín, Colombia

2020



**Una propuesta de enseñanza para la construcción de significados en física
basada en el Modelo Pedagógico de la Robótica Educativa**

Alejandra Pérez Arango
Sergio Andrés Correa Díez

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:
Licenciados en Matemáticas y Física

Asesores (a):
Mg. Mónica Eliana Cardona Zapata
Dra. Sonia Yaneth López Ríos

Línea de Investigación:
Tecnologías de la Información y la Comunicación para la Enseñanza de la Ciencias
Grupo de Investigación:
Perspectivas de Investigación en Educación en Ciencias

Universidad de Antioquia
Facultad de Educación, Licenciatura en Matemáticas y Física
Medellín, Colombia
2020.

AGRADECIMIENTOS

A nuestras asesoras, Sonia López y Mónica Cardona, por toda su paciencia en todo este proceso de formación, por su exigencia, disciplina y constancia, por brindarnos todo su conocimiento para la construcción de este trabajo con amor y entrega, y sobre todo por creer en nosotros.

A nuestras familias, quienes con su apoyo incondicional nos impulsaron a nunca desfallecer en este caminar, por sus palabras de aliento en los momentos de fatiga y por manifestarnos siempre cuan orgullosos se sienten de nosotros.

A la Facultad de Educación, por ofrecernos espacios de formación de acuerdo con nuestros gustos e intereses, por los docentes que hicieron parte de nuestro crecimiento personal y profesional, por brindarnos sus conocimientos y enseñarnos con calidad.

A la Institución Educativa Santa Clara de Asís, por permitirnos realizar la práctica pedagógica y a las estudiantes de grado décimo por hacer parte de nuestra investigación siempre con una sonrisa y buena disposición.

A nuestros amigos, por estar pendiente de nosotros con palabras de aliento y apoyo, y sobre todo a nuestras compañeras de práctica Manuela y Katia, por acompañarnos mutuamente durante todo este tiempo creando una hermandad.

A Vanessa Arias Gil, coordinadora de la licenciatura en Matemáticas y Física, por siempre recibirnos con una sonrisa y ayudarnos siempre que acudimos a ellas.

A todos los que con su ejemplo de vida contribuyeron en nuestra formación académica y personal, infinitas gracias.

Tabla de contenido

Resumen.....	9
1. Planteamiento y formulación del problema.....	10
1.1 Objetivos	19
1.1.1 Objetivo general.....	19
1.1.2 Objetivos específicos.....	19
2.1 Revisión de literatura	20
2.1.1 Enseñanza de la física con Robótica Educativa.....	23
2.1.2 Enseñanza de la física con Arduino en la educación media.....	24
2.1.3 Propuestas de enseñanza con RE relacionadas con los referentes teóricos de la investigación.....	25
2.2 Marco teórico	26
2.2.1 Teoría Sociocultural de Vygotsky.....	27
2.2.2 Enseñanza de la física por medio de TIC.....	30
3. Diseño metodológico.....	35
3.1 Perspectiva y enfoque de la investigación.....	35
3.2 Contexto y participantes.....	36
3.3 Técnicas e instrumentos para la recolección de información.....	37
3.3.1 Cuestionario.....	37
3.3.2 Observación participante.....	38
3.3.3 Diario de campo.....	38
3.3.4 Entrevista semiestructurada.....	39
3.4 Descripción de la propuesta didáctica.....	39
3.4.1 Primera fase.....	42
3.4.2 Segunda fase.....	43
3.4.3 Tercera fase.....	45
3.5 Instrumentos y procedimientos para el análisis de la información.....	46
3.6 Categorías para el análisis de la información.....	48
3.6.1 Negociación de significados a partir de la interacción social.....	48
3.6.2 El lenguaje Arduino en la comprensión de conceptos en física.....	49
3.6.3 Características de la RE para la construcción de significados.....	49
4. Resultados y análisis	51
4.1 Negociación de significados a partir de la interacción social.....	52

4.2 El lenguaje de programación y pseudocódigo en la comprensión de conceptos en física.	66
4.3 Características de la RE para la construcción de significados.	74
5. Consideraciones finales.....	84
5.1 Conclusiones	84
5.2 Recomendaciones.....	87
6. Referencias bibliográficas	89
7. Anexos.....	98

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Revistas consultadas para la revisión de literatura.	21
Tabla 2. Ejes temáticos y autores para la revisión de literatura	22
Tabla 3. Momentos de la propuesta didáctica	41
Tabla 4. Categorías apriorísticas para el análisis de los resultados.....	48
Tabla 5. Formulación del problema de la realidad a partir de preguntas orientadoras para las estudiantes.	53
Tabla 6. Descripción de roles para la planificación del proyecto.....	57
Tabla 7. Dificultades y soluciones por parte de los equipos en la construcción y programación.....	60
Tabla 8. Representaciones de las estudiantes sobre la experiencia que tuvieron en diferentes momentos del desarrollo del MOPRE.....	71
Tabla 9. Concepciones de la física por parte de las estudiantes en la orientación del montaje de un circuito.	77
Tabla 10. Características de la RE en el trabajo colaborativo y para la enseñanza de la física.	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Teoría Sociocultural de Vygotsky (Construcción propia)	30
Figura 2. Tipos de sensores	53
Figura 3. Formulación del problema de la realidad y planificación del proyecto	56
Figura 4. Diseño de los equipos sobre la construcción de un boceto para la planificación que corresponde al momento 2 del MOPRE.	56
Figura 5. Construcción del prototipo robótico.....	63
Figura 6. Socialización del robot.....	65
Figura 7. Orientación para programación en pseudocódigo (programa PSeint).	68
Figura 8. Acercamiento a la programación de software Arduino.....	71
Figura 9. Acercamiento al concepto de robótica (prueba diagnóstica).	75
Figura 10. Orientación de montaje de un circuito.	79

LISTAS DE ANEXOS

Anexo A. Consentimientos informados.....	98
Anexo B. Preguntas entrevista semiestructurada tercera fase.	99
Anexo C. Formato de preguntas diagnóstico.....	100
Anexo D. Formato experimento primer momento.	102
Anexo E. Formato programación pseudocódigo en PSeInt primer momento.....	105
Anexo F. Formato presentación tipos de sensores.	107
Anexo G. Formato planificación del proyecto.	109
Anexo H. construcción y programación del prototipo robótico.	110
Anexo I. Socialización del proyecto.....	120
Anexo J. Explicación código de programación.....	121
Anexo K. Registro fotográfico de la implementación del modelo MOPRE.	125
Anexo L. Registro fotográfico acercamiento a la programación desde PSeInt y Arduino	127
Anexo M. Registro fotográfico familiarización con los elementos base de la robótica.....	128

Resumen

En la enseñanza la física, aún existen algunas limitaciones en cuanto al aprendizaje de conceptos y la forma como el docente aborda el componente experimental en el aula. Por esta razón, se presenta en esta investigación una propuesta de enseñanza que hace uso de la Robótica Educativa (RE) como herramienta TIC para la construcción de significados en física basada en la teoría Sociocultural de Vygotsky. Se pretende mostrar la importancia del lenguaje en la programación y pseudocódigo, las potencialidades que tiene la robótica en el proceso de negociación de significados por medio de la implementación del Modelo Pedagógico de Robótica Educativa (MOPRE) para la construcción del conocimiento. Se encontraron documentos que resaltan el trabajo colaborativo guiados por algunos referentes teóricos conocidos, el desarrollo de habilidades tecnológicas haciendo uso del *software* Arduino con un lenguaje de programación sencillo y la importancia de los proyectos transversales. Este trabajo se desarrolló en la institución educativa Santa Clara de Asís de la ciudad de Medellín, Antioquia, con estudiantes del grado décimo. La investigación está fundamentada en una metodología con un enfoque cualitativo utilizando como método el estudio de caso instrumental de Stake; la recolección de la información se realiza a través de diferentes técnicas e instrumentos como cuestionarios, observación participante, diario de campo de los investigadores, bitácora elaborada por las estudiantes y la entrevista semiestructurada. En relación con los resultados se obtuvo que: las estudiantes lograron una mejor comprensión debido a la construcción y negociación de significados durante la planificación, formulación y construcción del prototipo robótico; producto de la interacción social para el desarrollo cognitivo y la conceptualización de fenómenos físicos. También se encontró que el uso de la RE favoreció el trabajo en equipo, la toma de decisiones, la creatividad y la motivación del estudiante por conocer la física.

1. Planteamiento y formulación del problema

En los últimos años la ciencia ha tenido un gran avance tecnológico e innovador, en especial la física que ha permitido entender el mundo de diversas formas; es por esto que su enseñanza representa un papel importante para el desarrollo de las capacidades científicas de los estudiantes (Tacca, 2010). Sin embargo, en la actualidad la enseñanza de la física aún presenta algunas limitaciones en los distintos niveles del sistema educativo, principalmente en relación con la matematización de ejercicios y la resolución de problemas para una evaluación cuantitativa, que conlleva dificultades en el aprendizaje a la hora de comprender los fenómenos de la naturaleza (Escudero, González y García, 2016; Tacca, 2010; Sinarcas y Solbes, 2013). En esta misma línea, se habla del carácter experimental de esta ciencia como un elemento diferenciador; sin embargo, se logran identificar algunas limitaciones que no favorecen el aprendizaje de los estudiantes; por ejemplo, la manera como se aborda desde la enseñanza de la física. Medina y Tarazona (2013) afirman que:

En los ámbitos escolares y en la literatura de educación en ciencias se hacen reiteraciones críticas frente a los procedimientos experimentales tipo “recetas de cocina” por considerarlas no apropiadas en una perspectiva actual de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. (p. 9)

En donde dichas prácticas se centran en el papel del experimento como un recurso didáctico, secundario de la enseñanza y comprobador de postulados teóricos. Para estos autores la experimentación es de vital importancia, ya que ayuda a la comprensión de conceptos y fenómenos de la física. Vásquez y Rúa (2007) hacen referencia a la metodología de enseñanza de algunos conceptos, principios y leyes como una clase

magistral, en la que se minimiza en ocasiones lo interesante que ofrece la física para su aprendizaje; por otro lado, Tacca (2010) señala que:

Se limita al dictado y/o exposición de los contenidos, mutilando la capacidad de desarrollo psíquico e intelectual de sus alumnos. Las consecuencias de esta nefasta práctica docente se ven reflejadas cuando los alumnos pasan al nivel secundaria creyendo que la ciencia es engorrosa y aburrida. (p. 146)

Adicional a esto, es común encontrar que en las escuelas de educación media no cuentan con los elementos necesarios para realizar una práctica experimental en física, donde el estudiante pueda observar directamente el problema, identificar el fenómeno y construir el concepto a partir de lo experimentado y la resolución de problemas. Para ilustrar mejor, Sirvent, Coutiño y Mandujano (2014), Capuano (2011) y la UNESCO (2019) consideran que es necesario implementar estrategias innovadoras para la enseñanza de la física que enriquecen y mejoran la educación mediante clases de resolución de problemas haciendo uso de herramientas que ofrecen las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC); pues los anteriores autores coinciden en que su uso favorece la motivación de los estudiantes y mejora la calidad de los programas educativos que ofrecen las instituciones, quienes deben “concebir, diseñar y crear espacios, dispositivos y procedimientos que accedan a los estudiantes [...] establecer relaciones con los conocimientos de manera que su apropiación sea efectiva, perdurable y aplicable” (MEN, 2014, p. 35).

En la Institución Educativa Santa Clara de Asís (IESCA) del municipio de Medellín, el área de ciencias naturales comprende las asignaturas de biología, química y física; en esta última propiamente, la realidad contextual es diferente a las orientaciones del Ministerio de Educación Nacional (MEN) en cuanto al alcance de los Derechos Básicos de Aprendizaje

(DBA) de los estudiantes. El MEN Propone que las instituciones logren “formar ciudadanos capaces de interpretar los fenómenos naturales y tecnológicos para desempeñarse en la sociedad al actuar de forma crítica y responsable frente a los problemas sociales” (MEN, 2014, p. 25); asimismo, el ICFES (2019) evalúa en las pruebas saber “la capacidad que tiene el estudiante de comprender y usar nociones, conceptos y teorías de las ciencias naturales en la solución de problemas” (p. 39). Sumado a esto, las competencias de indagación, explicación de fenómenos y el uso comprensivo del conocimiento científico también se tienen en cuenta en el momento de evaluar. Pero en la institución las estudiantes presentan dificultad en la comprensión y resolución de problemas físicos aplicados a la cotidianidad, generando que su rendimiento bajo o básico en la gran mayoría; en consecuencia, no se logra el alcance de las competencias para el nivel de la media académica que propone el MEN.

Lo anterior es motivo de reflexión en los consejos académicos de periodo, así mismo al realizar el balance general por parte de los docentes del área, se tienen en cuenta dichos resultados y los que surgen de las pruebas Saber 11°; con el fin de realizar planes de mejora para el siguiente año escolar. Para una mayor claridad, en la institución educativa los desempeños bajos de las estudiantes se manifiestan en las siguientes situaciones: falta de participación en procesos de lectura y producción de textos narrativos y descriptivos de fenómenos físicos; poca comprensión en que la interacción de las cargas en reposo genera fuerzas eléctricas; se le dificulta identificar los conceptos de velocidad y aceleración media para la solución de problemas interpretando los resultados matemáticos obtenidos en situaciones reales, así como los diferentes tipos de fenómenos ondulatorios y corpusculares de la luz (PIA, 2019).

Ahora bien, se ha observado que en la asignatura de física existen conceptos que son muy abstractos y complejos de comprender; como las ondas, el espectro electromagnético, corriente eléctrica y la luz como onda; lo que conlleva a la necesidad de abordarlos con diversas estrategias metodológicas. Por lo tanto, en la actualidad surge la necesidad de facilitar ciertas prácticas de aprendizaje por medio de la implementación de las TIC para favorecer el proceso de enseñanza mediante herramientas que motiven a los estudiantes (Ré, Arena y Giuberga, 2012), debido a que “la vinculación de TIC en el proceso enseñanza y aprendizaje incrementa la generación de conocimientos innovadores y una mayor relación entre los alumnos y los profesores, aumenta los vínculos de los actores anteriores y la comunidad” (Trejo, Llaven y Culebro, 2014, p. 136). Asimismo, Lizárraga y Díaz (2012) señalan que aprender a utilizar las TIC permite al estudiante dominar habilidades de aprendizaje fundamentales para relacionarlas con los fenómenos naturales cotidianos y construir nuevo conocimiento.

Particularmente, una de las alternativas en el uso de TIC que ha tomado fuerza en el contexto escolar, es la Robótica Educativa (RE); ya que se acomoda a la necesidad de quien la implementa como estrategia de enseñanza y aprendizaje de diversas áreas, entre ellas la física. Esta “tendencia” viene desde países occidentales, europeos y se extiende por América en países como Estados Unidos y Canadá; con menor influencia, Chile y Colombia. En nuestro país y a la luz del Ministerio de Educación Nacional (MEN), la RE es una herramienta que se utiliza para complementar la enseñanza de cierta asignatura o más propiamente de la física; también se implementa como una actividad extra que ofrecen las instituciones, que puede representar en ocasiones un costo o que se propone como un

semillero para aquellos estudiantes que muestran interés por el mundo de la ciencia y la tecnología.

A nivel nacional existen algunas experiencias como: el taller de robótica en el parque explora¹, edubótica que asesora colegios², LEGO Education SPIKE Prime³, semilleros de AUTOBOT⁴, pygmalion⁵, entre otros; en donde realizan constantemente encuentros y competencias entre estudiantes de diversas instituciones. Dentro de este contexto, los programas de robótica que ofrecen estas entidades privadas convocan a niños, jóvenes y adultos; en su mayoría ofrecen programas donde vinculan y asesoran colegios del mismo sector privado para participar en actividades por competencias. De lo anterior se tiene que, en la actualidad se opte por capacitar e invitar a los docentes de física a la reflexión crítica sobre la importancia de aprender sobre robótica y aplicarla en la educación; y más importante aún al enfoque lógico de la programación. Para Monsalves (2011), el docente requiere estar en constante reflexión, ya que debe conocer lo que demanda la educación actual y orientarse hacia actividades que estimulen en el estudiante “la necesidad de aprender a través de la exploración y búsqueda del conocimiento” (p. 90). Al mismo tiempo, se convierte entonces en un reto implementar en la escuela el uso de nuevas tecnologías y sobre todo implementar la RE como una herramienta para la enseñanza y el aprendizaje de la física.

¹Robótica parque explora: <https://www.parqueexplora.org/rob-tica>

²Edobótica: <https://www.edubotica.com.co/MRA>

³LEGO: <https://www.robotix.es/es/>

⁴Semillero Autobot: <https://universidadean.edu.co/investigacion/semillero-de-robotica-autobot>

⁵Pygmalion: <https://pygmalion.tech/>

De acuerdo con lo anterior algunos autores como Castiblanco y Lora (2015) afirman que:

La incursión de la robótica en los contextos educativos se ha dado de manera lenta, por lo tanto su impacto no ha sido determinante y no se ha consolidado como una herramienta de uso frecuente dentro de los contextos educativos debido a que existe cierto tipo de resistencia dada desde la indiferencia, el temor y el desconocimiento funcional, operativo y pedagógico limitando con esto las posibilidades que ésta nos brinda para la creación de entornos tecnológicos de aprendizaje diferentes a los tradicionales y cuyo valor se centra en el desarrollo de habilidades cognitivas, sociales y comunicativas. (p. 6)

Habría que decir también que el MEN (2018) destacó, entre otras, que el país desarrolló el portal educativo ‘Colombia Aprende’ y contenidos educativos digitales, que fomentan la investigación, monitoreo y evaluación del uso de herramientas tecnológicas en el aula e impulsa la formación de profesores basada en el estándar (Competencias TIC para el desarrollo profesional docente) con un componente práctico con énfasis en programación y Robótica, en donde fue poca su participación por parte de los docentes.

En este orden de ideas, es el docente quien se apropia del conocimiento y utiliza las diversas herramientas que ofrecen las TIC para enseñar al estudiante por medio de ideas innovadoras y proyectos que se puedan desarrollar para comprender la física que se encuentra en el entorno del estudiante. Sin embargo, estudios de la OCDE (2014) demuestran que los entornos educativos más innovadores y con mejores resultados de aprendizaje son aquellos que, además de un sistema pedagógico innovador, adoptan las herramientas que ofrecen las tecnologías en su desarrollo habitual.

El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) afirma que integrar las nuevas tecnologías en colegios y espacios educativos no es tarea sencilla, porque no basta simplemente con dotar las aulas y bibliotecas con computadores y conexiones a Internet de alta velocidad. También es necesario darles un propósito para aquellos a quienes van destinados. (MinTIC, 2014-2018).

Por lo anterior, se resalta entonces que la RE propicia espacios interactivos de diversas formas, fortaleciendo habilidades que permitan aproximaciones al objeto de estudio a desarrollar “el trabajo colaborativo y la construcción social de conocimiento a través de la comunicación y el intercambio de ideas” (Ariza y Quesada, 2014, p.109); así como crear ambientes de aprendizaje en los cuales los estudiantes interactúan con el entorno y con la resolución de problemas reales (Alimisis, 2015).

Para esta investigación, la RE se entiende como una herramienta para abordar la enseñanza de la física. Esta permite que múltiples áreas se comuniquen entre sí para lograr un objetivo común, que es la construcción de conocimiento a partir de la interacción social y el trabajo colaborativo. Además, se toma como referencia a Monsalves (2011) con el Modelo Pedagógico de la Robótica Educativa (MOPRE) que se desarrolla a través del trabajo con RE en los ambientes de aprendizaje donde se encuentra el sujeto; en este caso los estudiantes de media académica. De modo que este modelo es útil para potenciar la dinámica que se genera en un aula de clase y el papel que cumple el docente en la construcción de conocimiento.

El MOPRE, estimula el desarrollo de las capacidades sociales, la capacidad de solución, la capacidad de organización y la capacidad de transferencia [...], así la RE se fundamenta en un cambio de paradigma donde el estudiante debe desarrollar

competencias que le permitan generar su autoaprendizaje. (Monsalves, 2011, p. 110-111)

Así pues, la RE “permite concebir, diseñar y desarrollar robots educativos para que los estudiantes se inicien desde muy jóvenes en el estudio de las ciencias y la tecnología” (Ruiz y Velasco, 2007, p. 113). Además, el docente se convierte en un mediador indispensable en la construcción de significados a raíz de la interacción social para comprender la realidad, influenciado éste por la cultura y la sociedad para llegar a una negociación de significados que ayuden al estudiante a generar conocimientos (Moreira, 2009) y en particular, en aportar estrategias para la integración de RE al aula en el contexto de la enseñanza de la física.

Para finalizar, la RE es apropiada para potenciar habilidades creativas, digitales y comunicativas; y se convierte en impulsora de la innovación cuando genera cambios en estudiantes y docentes que interactúan con dicha herramienta, en las ideas y actitudes, en las relaciones, modos de actuar y pensar (Pozo, 2005). Llevar al estudiante a que se apropie de su proceso y el de sus compañeros, porque si bien sabemos que la actividad mental es el resultado de la interacción social a través de instrumentos de mediación tales como el lenguaje que sirve como puente de comunicación social y el computador como puente de comunicación entre el estudiante y la herramienta tecnológica. Lucci (2007) resalta la importancia de que el estudiante logre desarrollar un cúmulo de habilidades que lo ayuden a afianzar sus conocimientos en diferentes áreas como la física. Por otra parte, cabe resaltar que se necesita comprender la lógica de programación que se requiere para el funcionamiento de un prototipo robótico por medio del lenguaje o código que ayuda a

entender los conceptos de la física aplicados a problemas reales con elementos como plataformas de fácil acceso y de bajo costo.

Para esta investigación se utilizó Arduino, “una plataforma física de computación de código abierto, basada en una placa microcontroladora que posee circuitos electrónicos con base en hardware y software de código abierto y de fácil uso” (Cavalcante, Rodrigues y Bueno, 2014, p. 622). Para Soriano et al. (2013), la implementación de los proyectos basados en tecnología Arduino están mejorando el perfil de los estudiantes, no sólo en el desarrollo de habilidades tecnológicas, sino también en las habilidades sociales y de comunicación; debido a su bajo costo y su política de código abierto basada en *hardware* y *software* fácil de usar. Esto se puede relacionar con Vygotsky en su teoría Sociocultural (Vygotsky, 1988 citado en Moreira, 2009) en donde afirma que el estudiante aprende a partir de la interacción social, que se entiende como el medio principal para la trasmisión del conocimiento, donde se genera un intercambio de ideas, signos, símbolos o gestos; es decir, significados que aportan experiencias y conocimientos. Esta interacción posibilita el desarrollo cognitivo del individuo para comprender mejor la realidad que lo rodea y tener mejores habilidades; igualmente, está determinada por el lenguaje como instrumento de pensamiento y por la actividad mental de este como resultados de dicha interacción social entre sus pares y el docente como mediador (Moreira, 2009; Ochoa, 2009 y Lucci, 2007), permitiendo así la negociación de significados para la construcción del conocimiento.

Todo lo anterior conlleva a formular la siguiente pregunta de investigación: **¿Cuál es la contribución de una propuesta de enseñanza que hace uso de Robótica Educativa para la construcción de significados en física?**

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general.

Analizar la contribución de una propuesta de enseñanza que hace uso de Robótica Educativa para la construcción de significados en física.

1.1.2 Objetivos específicos.

- Identificar el proceso de negociación de significados a través de la interacción dada en la implementación del MOPRE.
- Valorar la contribución del lenguaje de programación y pseudocódigo en la RE a la comprensión de conceptos físicos.
- Caracterizar las potencialidades de la robótica como herramienta educativa para la construcción significados en física.

2. Diseño teórico

En este capítulo se hace referencia inicialmente a los resultados de la revisión de literatura, la cual contempla tres ejes temáticos relacionados con la investigación. Posteriormente se retoman los referentes teóricos en los que se sustenta este trabajo, resaltando los elementos asociados con la Teoría Sociocultural de Vygotsky en cuanto a la interacción social, la negociación y construcción de significados; luego desde una mirada general de la enseñanza de la física por medio de las TIC y finalmente la RE como una herramienta tecnológica en la escuela, que permite la convergencia entre el trabajo colaborativo de las estudiantes y la construcción de conceptos de la física.

2.1 Revisión de literatura

En esta sección se describen los principales hallazgos de una revisión de literatura que sirvió como base para elaborar el planteamiento del problema de la investigación y los referentes teóricos que ayudaron a sustentar la pertinencia y la utilidad de este trabajo en la enseñanza y aprendizaje de la física. Para la estructuración de la búsqueda, se definieron tres ejes temáticos: enseñanza de la física con Robótica Educativa, enseñanza de la física con Arduino en la educación media y propuestas de enseñanza con RE relacionadas con referentes teóricos de aprendizaje. Se establecieron como términos claves: Robótica educativa en secundaria, enseñanza de la física con Arduino, Enseñanza de la física con robótica, robótica educativa, Teoría Sociocultural de Vygotsky, MOPRE y TIC en la enseñanza de la física; y se determinó revisar los hallazgos que estuvieran en el rango comprendido entre los años 2010 – 2018. De esta manera, se seleccionaron algunas revistas en educación, enseñanza de las ciencias, educación en ciencia y tecnología y enseñanza de la física, todas ellas a nivel nacional e internacional. En dichas revistas se encontraron 70

artículos de relevancia que se analizaron según los ejes temáticos y con los siguientes criterios: artículos donde se resalta el uso del *software* Arduino en la enseñanza de algún concepto relacionados con la física; artículos donde se abordan conceptos de física desde la enseñanza con robótica, otros que involucren la robótica educativa con referentes teóricos de aprendizaje. De los artículos seleccionados previamente sólo se tuvieron en cuenta 43 que cumplían los siguientes criterios: Enseñanza de la física implementando Arduino (8), trabajos que se fundamentaban teniendo en cuenta propuestas de enseñanza con RE relacionadas y los referentes teóricos de la investigación (13) y la enseñanza de la física con Robótica Educativa (22). Los demás se descartaron porque no cumplían los criterios establecidos para la investigación; dado que implementaban la robótica sólo como un paso a paso para la construcción de robots como prototipos o no tenían referentes teóricos que soportaban la investigación. En la Tabla 1 se presentan las revistas consultadas en cada uno de los ámbitos y la cantidad de artículos encontrados en cada una de ellas.

Tabla 1. *Revistas consultadas para la revisión de literatura.*

Ámbitos de las revistas	Nombre de la revista	Número de artículos
Educación	Investigación en la escuela	1
	Revista de Pedagogía	2
	Revista electrónica Diálogos Educativos	1
	Revista Educación	1
	Didáctica y Educación	1
Enseñanza en ciencias	Ápice. Revista de Educación Científica	1
	Enseñanza de las Ciencias	2
	Revista científica de opinión y divulgación	2
	Scientific Culture	1
	Latin American Journal of Science Education	2
	International Journal of Science and Mathematics Education	2
	Enseñanza en la escuela	1
	Investigações em Ensino de Ciências	1
	Educación en ciencias	1

Educación en ciencia y tecnología	Revista Iberoamericana de Educación en Tecnología y Tecnología en Educación	1
	Themes in Science & Technology Education	1
	Educación y Cultura en la Sociedad de la Información	2
	Psychonomic Society	
	Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa	1
	Revista Electrónica sobre Tecnología, Educación y Sociedad	1
	Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa	2
	Atenas	
	Ingeniería, Investigación y Desarrollo	1
	Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales	2
	<hr/>	
Enseñanza de la física	Caderno Brasileiro de Ensino de Física	1
	Enseñanza de las ciencias	3
	Enseñanza de la física	4
	Latin American Journal of Physics Education	3
	International Journal of Science Education	1
<hr/>		
Total de artículos		43

En la Tabla 2 se clasifican los autores de estos trabajos en relación con los ejes temáticos.

Tabla 2. Ejes temáticos y autores para la revisión de literatura

Ejes temáticos	Autores
Enseñanza de la física con Robótica Educativa	Sánchez y Forero (2012), Soriano, Cazalilla, Valera y Vallés (2013), Monsalves (2011), Ocaña, Romero, Gil y Codina (2015), Moreno y Robles (2015), Bravo y Forero (2012), Arias (2015), Castiblanco y Lora (2015), Paredes (2018), Márquez y Ruiz (2014), Mancilla, Aguilar, Aguilera, Subías y Ramírez (2017), Patiño, Belén, Vidal, Rodríguez (2014), Carrillo y Flores (2017), Chavarría y Soldaño (2010), Salamanca, Lombana y Holguín (2010).
Enseñanza de la física con Arduino en a la educación media.	Albuquerque, Veit y Solano (2013), Rivera y Turizo (2014), Romero y Quesada (2014), Moreira, Cavalcante, Vieira y Oliveira (2018), Paz (2007), Soriano, Marín, Cazalilla y Vallés (2013), D´Ausilio (2012), Carrillo y Flores (2017).

Propuestas de enseñanza con RE relacionadas con referentes teóricos.	Moreno, Muñoz, Serracín, Quintero, Patiño y Quiel (2012), Monsalves (2011), Sánchez (2015), Castiblanco y Lora (2015), Paredes (2018), Odorico (2005), Bravo y Forero (2012), Pittí, Curto y Moreno (2010), Salamanca, Lombana y Holguín (2010), Ocaña, Romero, Gil y Codina (2015), Chavarría y Saldaño (2010), Márquez y Ruiz (2014), Nall (2016).
--	--

A continuación, se describen los hallazgos en cada uno de los ejes temáticos.

2.1.1 Enseñanza de la física con Robótica Educativa.

La RE es una herramienta que facilita de forma permanente los procesos de enseñanza y aprendizaje de la física; además de potenciar el componente experimental que debe tener cada institución, también ofrece una gama de posibilidades que ayuda al desarrollo de habilidades individuales y colectivas de los estudiantes; y la convergencia de diversas áreas del saber y conceptos propios de física a partir de un trabajo en conjunto. Respecto a este eje, se encontraron diversos trabajos que se apoyan en referentes teóricos como el aprendizaje significativo de Ausubel (Sánchez, 2015), ambientes de aprendizaje (Bravo y Forero, 2012) y el constructivismo de Piaget (Nall, 2016 y Monsalves, 2011); además se resalta que la estrategia más implementada en estas investigaciones de carácter cualitativo es el trabajo colaborativo (Márquez y Ruiz, 2014; Carrillo y Flores, 2017; Mancilla, Aguilar, Aguilera y Ramírez, 2017).

La mayoría de los trabajos desarrollaron investigaciones tomando enfoques como STEM (Ocaña, Romero, Gil y Codinae, 2015; Vásquez, 2014), algunos en aprendizaje basado en problemas (López y Andrade, 2015), y el Modelo Pedagógico de la Robótica Educativa-MOPRE (Monsalves, 2011). Estos trabajos que toman como referencia la RE son dirigidos a estudiantes de diferentes niveles; 2 artículos pertenecientes a la básica primaria, 2 a la

básica secundaria, 3 a la básica secundaria y media académica y 5 que hacen referencia a todos los niveles de escolaridad.

En cuanto a la enseñanza de la física por medio de la RE, se encontró que en las investigaciones se utiliza la física en general junto con otras áreas del saber tales como, la matemática y la informática; además, se utilizan herramientas como LEGO para su construcción y plataformas como Arduino en la programación. Se han encontrado trabajos que hablan de ondas mecánicas, en los cuales se construye una secuencia didáctica (Carrillo y Flores, 2017); mientras que otros trabajos solo mencionan el paso a paso de cómo construir pruebas ultrasónicas de inmersión (Pérez, 2018); medición por ultrasonido de brazo robótico (Arroyo, 2015). En relación con esto, son pocas las investigaciones que relacionan la robótica en el ejercicio docente para la enseñanza de la física por medio de RE.

2.1.2 Enseñanza de la física con Arduino en la educación media.

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto que contiene *software* y *hardware* fácil de usar para principiantes pero que del mismo modo reta a los usuarios que dominan la programación; permite realizar proyectos desde el más sencillo hasta el más complejo, ya sea objetos cotidianos o artefactos científicos y facilita la programación de un microcontrolador; asimismo, permite la construcción de dispositivos digitales e interactivos para detectar y controlar objetos del mundo real, haciendo posible que el estudiante se familiarice con rapidez con los códigos que se requieren para programar. Existen algunas investigaciones que sustentan que la implementación de proyectos basados en esta plataforma mejora el perfil de los estudiantes, en cuanto al desarrollo de habilidades tecnológicas (Martín et al, 2017). Arduino se orienta a la educación que integra dispositivos

de *hardware* de bajo costo junto con una programación sencilla e intuitiva mediante bloques y permite utilizarse como material didáctico para experimentos que ayuden a explicar la física (Soriano et al, 2013); asimismo, ayuda a realizar prácticas de laboratorio para construir brazos robóticos por medio de dispositivos móviles (Arias, 2015). Se toma como una plataforma de código y desarrollo abierto que facilita el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios (Bravo y Forero, 2012); además, se puede utilizar para explicar fenómenos ondulatorios en la asignatura de física en el bachillerato como una secuencia didáctica (Carrillo y Flores, 2017) y por medio de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) el sistema de Arduino permite realizar aplicaciones académicas con un excelente desempeño técnico en la asignatura de electrónica (Paz, 2007 y Rivera y Turizo, 2014). Además, en estas investigaciones utilizan Arduino para abordar conceptos físicos tales como, ondas sonoras, electromagnetismo, óptica, dinámica, electrónica y electricidad.

2.1.3 Propuestas de enseñanza con RE relacionadas con los referentes teóricos de la investigación.

Es necesario que la enseñanza con RE esté fundamentada en un referente teórico que ayude a encaminar la investigación a la construcción de conocimientos por medio de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Respecto a este eje temático, se encontraron diversos trabajos que se apoyan en el constructivismo de Piaget, que se toma como una corriente de pensamiento, donde el estudiante se apropia de su conocimiento, motivado por la imaginación que converge con el método científico y que cambian el paradigma de las computadoras con fines educativos (Márquez y Ruiz, 2014 y Odorico, 2005); existe otro trabajo que no tiene explícito ningún referente teórico ni teoría alguna para el aprendizaje, pues se considera que este se da cuando el hombre interactúa con la tecnología (Chavarría y

Saldaño, 2010); otros hablan sobre el constructivismo y el construccionismo como paradigmas donde el aprendizaje es a través del juego y la construcción de nuevos conocimientos (Moreno et al, 2012): al igual, hay otros artículos hacen referencia al constructivismo de Piaget y al construccionismo de Papert, en donde el conocimiento es más efectivo cuando los estudiantes están involucrados en la construcción de objetos que son significativos para ellos; se plantea además que los estudiantes pueden aprender jugando, se asegura que el aprendizaje no es resultado de una transferencia de conocimiento sino que es un proceso a partir de la experiencia y se toma como centro del proceso de aprendizaje a quien aprende (Ocaña, Romero y Gil, 2015; Salamanca, Lombana y Holguín, 2010; Pittí, Curto y Moreno, 2010; Bravo y Forero, 2012; Monsalves, 2011). También, se encontraron trabajos donde hablan de varios referentes teóricos que se vinculan al proceso de aprendizaje. Además de los ya mencionados Ausubel (1976) se refiere al aprendizaje por descubrimiento siendo significativo cuando "el alumno relaciona el problema a su estructura cognitiva para obtener una solución" (p. 609), y finalmente se hace referencia a Vygotsky con la Teoría Sociocultural, el aprendizaje se constituye en cuanto a la interacción social a partir de la negociación de significados y la estrecha relación que hay entre el desarrollo intelectual y cognitivo del sujeto para mejorar el razonamiento lógico (Sánchez, 2015; Castiblanco y Lora, 2015; Paredes, 2018).

2.2 Marco teórico

En este apartado se presenta la fundamentación teórica que soporta el presente trabajo y consta de la Teoría Sociocultural de Vygotsky; posteriormente se hace referencia a la enseñanza de la física por medio de las TIC, y de este se desprende la enseñanza de la física con RE.

2.2.1 Teoría Sociocultural de Vygotsky.

Desde la perspectiva de Vygotsky los procesos psicológicos superiores aparecen dos veces, primero a nivel interpersonal y luego a nivel intrapersonal; para Mendoza (2010) estos procesos, como la percepción social, el pensamiento, el razonamiento lógico y la memoria están atravesados y mediados por la actividad signica de instrumentos en los cuales tienen su origen a nivel cultural; es decir, son “herramientas e instrumentos de creación social” (p.160). Se entiende así que los procesos psicológicos superiores del sujeto se encuentran vinculados a la construcción del conocimiento, debido a la interacción social a partir de la negociación de significados.

Sabiendo que estas actividades se desarrollan como primera instancia a nivel social y luego a nivel personal, ayudan a comprender de un mejor modo la realidad en la cual interactúa el individuo. Partiendo de estas ideas, la construcción del conocimiento según Vygotsky se da a partir de herramientas orientadas hacia lo externo y el signo orientado hacia lo interpersonal y luego a lo intrapersonal, llevando este primero a un plano externo en el cual se buscan maneras de comprender y comunicarse con el entorno, y el segundo se refleja de lo práctico a lo cultural orientado a la construcción de significados mediados por el concepto y la transmisión dinámica del conocimiento mediante el trabajo grupal. En el lenguaje, mediado por la interacción social, se refleja una transmisión del conocimiento y contenido cultural, en el cual se generan nuevas experiencias e interacción con otros individuos aportando a la creación de significados compuestos por signos y símbolos aceptados en un contexto social, la creación de reglas en la forma de comunicación y en la construcción del mismo conocimiento (Mendoza, 2010).

La construcción del conocimiento y la comunicación se da a través de la interacción social, que permite en el educando el desarrollo cognoscitivo guiado por un adulto o líder de manera verbal y no verbal. La interacción social favorece la construcción de conocimiento que se puede dar entre pares, ya sea entre alumnos o entre profesor y alumno; existiendo un intercambio de información mínimo entre dos personas.

Del mismo modo, para Vygotsky la función mediacional está dada por instrumentos materiales y/o simbólicos, tales como la mediación instrumental y social respectivamente. La primera hace referencia a las herramientas informáticas y la segunda a través de símbolos e interacción entre las personas con los distintos medios de comunicación. El ordenador, como instrumento mediacional con el lenguaje de programación, es objeto de mediación simbólica e instrumental que ha servido como herramienta psicológica para apoyar el pensamiento mediante la interacción con grupos sociales de forma determinada con respecto a las prácticas de interacción social que se dan por medio de padres, docentes y compañeros; pero también, este tipo de interacciones se están dando por medio de la computadora (como agente mediador) en prácticas sociales y a la vez en la construcción del conocimiento y el intercambio de información. En otros aspectos, la computadora como instrumento simbólico es un tipo de mediador entre el sujeto y la realidad cambiando la forma de pensar y la manera como se concibe el mundo exterior (Bentolila y Clavijo, 2001). Por otra parte, Bentolila y Clavijo citando a Martí (1992) hacen alusión a que “las herramientas nos ayudan a obtener resultados que no obtendremos sin ellas y que a la vez transforman la naturaleza de nuestras acciones” (2001, p. 124). Las computadoras han generado un gran impacto tanto a nivel social como a nivel educativo; mediante los procesos psicológicos superiores, la mediación de este tipo de herramientas e instrumentos

han modificado la forma de pensar y de interactuar con el otro y a la vez, alterando la forma y la estructura de las funciones mentales ligadas a la acción cooperativa y la interacción social hacia un posible desarrollo cognoscitivo.

Cabe resaltar que el sujeto para integrarse a la cultura utiliza el lenguaje como mediador, ya que en el intercambio se generan diferentes formas de pensar debido a la interacción social, que está compuesta por signos y símbolos que deben estar aceptados en el contexto social para que se dé el conocimiento. La intersubjetividad es el medio por el cual una persona interioriza los elementos que componen una cultura y una sociedad, esto debido a la comunicación de significados. Del mismo modo Vygotsky sostiene que existen procesos superiores que están compuestos por el pensamiento, el lenguaje y el comportamiento volitivo que ayudan a que el aprendizaje sea social y sólo a través de este proceso sea interiorizado. En este punto el docente se ve como mediador que debe garantizar la enseñanza; además, verifica que el significado que concibe el sujeto luego de la interacción es el adecuado, para que se logre la construcción de un conocimiento.

Por otro lado, el lenguaje juega un papel importante en el desarrollo del pensamiento y desenvolvimiento cognitivo de los procesos psicológicos superiores; siguiendo la línea de Moreira, (2009) el “lenguaje permite que el sujeto se aparte cada vez más de su contexto concreto [...] flexibiliza a la vez el pensamiento conceptual y proposicional” (p. 6). Un ejemplo de los anterior se da a través de los lenguajes de programación (lenguajes de alto nivel), que han sido el puente de comunicación entre humano – máquina mediante el procedimiento algorítmico, agrupando un conjunto finito de operaciones organizadas y lógicas para la solución de determinados problemas. Por medio del lenguaje de programación, el pensamiento lógico orientado al pseudocódigo mediante estructuras

ordenadas y secuenciadas estimula el desarrollo del pensamiento lógico mediante el uso de reglas sintácticas y semánticas para facilitar la comunicación pertinente con el ordenador como agente mediador.

En la figura 1 puede observarse un esquema donde se presentan los elementos más relevantes de la Teoría Sociocultural de Vygotsky relacionados con la presente investigación.

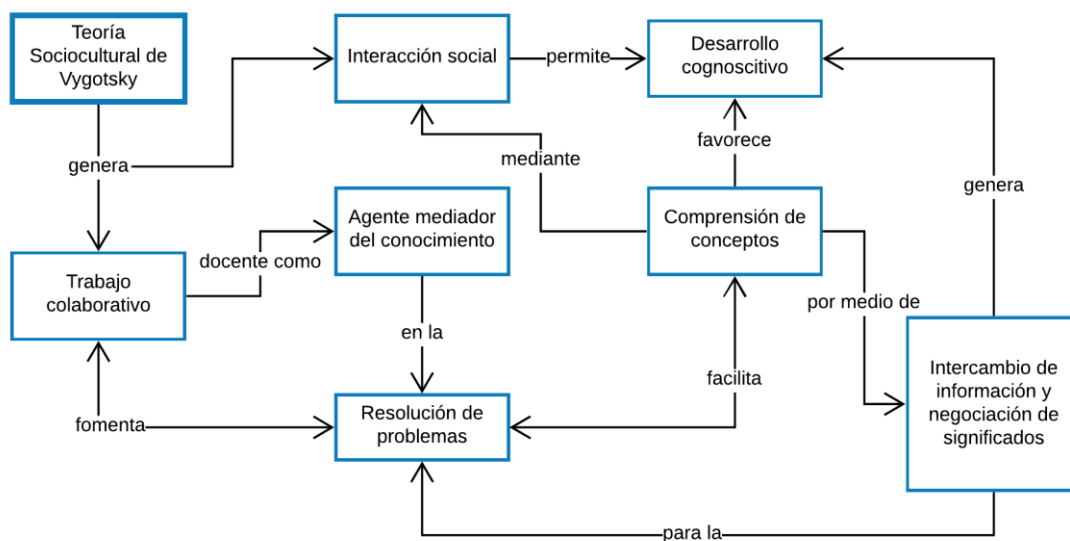


Figura 1. Teoría Sociocultural de Vygotsky (Construcción propia)

2.2.2 Enseñanza de la física por medio de TIC.

Las TIC han sido catalogadas para algunos autores como Capuano (2011), Serrano y Prendes(2012) y Romero y Quesada (2014), como recursos innovadores dentro de la práctica docente; dado que permiten diseñar gran variedad de elementos y recursos para fomentar un aprendizaje más significativo en los estudiantes, la construcción del conocimiento mediante el trabajo colaborativo y la transversalidad en la educación; donde

algunas de las asignaturas se conectan mediante las nuevas tecnologías y se corresponden unas a otras. Como bien se sabe, la física junto con otras ciencias requiere que lo teórico esté en una estrecha coherencia con lo experimental, donde este primero viene dado por la descripción del fenómeno y el uso de algoritmos, mientras que el aspecto experimental muestra una parte realista, científica y tecnológica. la cual permite indagar acerca de los principios y fenómenos científicos (Brito, 2009).

El uso de TIC se ha incrementado en los últimos años, principalmente en la enseñanza de las ciencias, a partir del fortalecimiento de la práctica experimental para la resolución de problemas; contribuyendo a fomentar la interacción entre los estudiantes por medio del trabajo colaborativo; generando una cohesión social, establecimiento de metas grupales y organización de los procesos de evaluación. Estas tecnologías son a la vez el complemento del aprendizaje para la comprensión abstracta de conceptos donde el profesor actúa como un agente mediador en el trabajo colaborativo entre los estudiantes; estas a la vez proporcionan el desarrollo del pensamiento lógico, acceso a datos reales y discusión de casos que se dan dentro de las prácticas de laboratorio (Aguilar, 2012).

Por último, es importante resaltar que en el presente trabajo el uso las TIC se considera como herramienta innovadora para el aprendizaje del alumno y que del mismo modo es sujeto de investigación en cuanto a la enseñanza de la física por medio de la RE, ya que ésta propicia espacios interactivos de diversas formas, fortaleciendo habilidades que permitan aproximaciones al objeto de estudio, así como desarrollar “el trabajo colaborativo y la construcción social de conocimiento a través de la comunicación y el intercambio de ideas” (Ariza y Quesada, 2014, p. 109). Por otra parte, la OCDE (2014) demuestra en estudios realizados que los entornos educativos más innovadores y con mejores resultados

de aprendizaje son aquellos que, además de un sistema pedagógico innovador, adoptan las herramientas que ofrecen las tecnologías en su desarrollo habitual. También cabe recordar que para esta investigación se toma como referencia a Monsalves (2011) con el modelo MOPRE, este se desarrolla a través del trabajo con RE en los ambientes de aprendizaje donde se encuentra el sujeto, en donde permite estimular el desarrollo de las capacidades sociales, la capacidad de solución, la capacidad de organización y la capacidad de transferencia. Es así como, la RE es apropiada para potenciar habilidades, creativas, digitales y comunicativas; y se convierte en impulsora de la innovación cuando genera cambios en estudiantes y docentes que interactúan con dicha herramienta, en las ideas y actitudes, en las relaciones, modos de actuar y pensar (Pozo, 2005).

2.2.2.1 Enseñanza de la física con RE.

La robótica en sí misma es solo la acción de construir un robot como un pasatiempo o con la intención de suplir una necesidad humana; pero cuando se le agrega la palabra “educativa” se convierte en algo pensado para la enseñanza y a su vez aprendizaje de un conjunto de conceptos, en este caso de la física.

Hace algunos años la RE tomó fuerza en países tales como Corea, Japón, Reino Unido, Francia, España y Estados Unidos; permeando a otros como Chile y Colombia que incorpora el programa Computadores Para Educar, para desarrollar plataformas de Robótica y Automática Educativa como una estrategia para el aprovechamiento de los residuos electrónicos (Computadores para Educar, 2008). Como éste, existen actualmente otros programas que invitan a jóvenes y niños a sumergirse en ese mundo de la robótica con carácter pedagógico; además, extiende la invitación a los docentes a que se capaciten en este ámbito y lo implementen en la escuela. Para Bravo y Forero (2012) “la presencia de la robótica en el aula de clase no intenta formar a los estudiantes en la disciplina de la robótica

propriadamente dicha, sino aprovechar su carácter multidisciplinar para generar ambientes de aprendizaje” (p. 122). La RE es un recurso que posibilita el desarrollo de competencias generales y sociales, incentivando la creatividad en los distintos entornos cambiantes, contextos complejos y diversos en los cuales está inmersa la sociedad. A la vez, este recurso involucra herramientas para despertar el interés por las diferentes asignaturas tales como matemáticas, física, electrónica, mecánica e informática, convirtiéndose en alternativas para la enseñanza en el ámbito multidisciplinario desde el punto de vista de conceptos y fenómenos para la resolución de problemas reales del contexto.

De igual modo, el estudiante adquiere un panorama distinto de su contexto escolar y nutriéndose de las diferentes fuentes de conocimiento según la necesidad a abordar por medio de un proyecto robótico. El aprendizaje implementando la robótica se basa en la estrategia del aprendizaje por proyectos y “se logran avances en la capacidad de diseño y planeación, en el trabajo en equipo y en la resolución de problemas; asimismo, aporta en el desarrollo de la creatividad de los participantes del proyecto” (López y Andrade, 2013, p. 52). La RE permite ser implementada como semillero, investigación o como estrategia de clase, ya que el estudiante fortalece diversas habilidades y competencias en el proceso que se desarrolla la intervención guiada por el docente. Esto captura todo el interés del joven, permitiendo el trabajo colaborativo con sus pares y la construcción experiencias propias y colectivas. Allí el docente cumple una función:

... guía sobre unas actividades que ha diseñado previamente de tal modo que, con una presentación adecuada y con la base de conocimientos adquiridos en actividades previas, se consigan desarrollar los aprendizajes previstos a pesar de que los estudiantes dispongan de un grado de libertad muy amplio. (Ocaña, Romero y Gil, 2015, p. 70)

En conclusión, la RE es una herramienta TIC actual e innovadora que motiva a los estudiantes a interesarse por la física, posibilita que el estudiante desarrolle diversas habilidades; algunas como el trabajo en equipo, la toma de decisiones, la creatividad, solución de problemas y el pensamiento lógico. También, permite, en correspondencia con la Teoría Sociocultural de Vygotsky, la posibilidad de crear actividades que favorecen el aprendizaje del estudiante, el cual parte de la interacción con el otro y con el entorno.

3. Diseño metodológico

Este capítulo se compone de seis apartados; el primero hace referencia a la perspectiva y el enfoque que orientó el desarrollo de la investigación; en el segundo se describe el contexto donde se desarrolla la propuesta, los participantes y las consideraciones éticas de la investigación; en el tercer apartado se hace referencia a los diferentes instrumentos para la recolección de la información; en el cuarto se describe la propuesta didáctica implementada; en el quinto apartado se mencionan las técnicas e instrumentos para el análisis de los datos recolectados y por último se hace referencia a la definición de las categorías que se utilizan para el análisis de los datos.

3.1 Perspectiva y enfoque de la investigación.

Este trabajo está fundamentado en la investigación cualitativa, que desde la perspectiva de Hernández, Fernández y Baptista (2010) se refiere a la metodología de investigación que busca comprender e interpretar la realidad social para transformarla, teniendo como único interés conocer cómo se desenvuelve el sujeto en su vida cotidiana, permitiendo que el investigador tenga un acercamiento a los participantes en su mismo contexto; de modo que, “proporciona profundidad a los datos, dispersión, riqueza interpretativa, contextualización del ambiente o entorno, detalles y experiencias únicas” (p. 17). Este enfoque se basa más en una lógica y proceso inductivo; es decir, se parte de lo particular hasta lo general, no se realiza una medición numérica por lo que el análisis de la información no es estadístico sino una descripción detallada de situaciones, eventos o interacciones entre personas.

Además, Bautista (2011) señala que la metodología cualitativa pretende conocer los hechos, los procesos, las estructuras y las personas a profundidad; lograr una mayor comprensión de la complejidad humana para no limitarse a lo superficial. Asimismo,

sostiene que dicho enfoque “acude a teorías interpretativas porque ellas comparten el objetivo de dar la palabra a diferentes voces [...] con el fin de llevarlas a ocupar un lugar en la sociedad” (p. 20). Las nociones de subjetividad y de perspectiva permiten ver claramente la realidad psicológica, emocional y espiritual de los participantes. En este sentido, se considera relevante tener como referencia la investigación cualitativa, porque permite al investigador interactuar continuamente con los participantes y llegar a una aproximación de su realidad.

Dentro del enfoque de la investigación cualitativa, se aborda para efectos de este trabajo el estudio de caso, el cual se define como “el estudio de la particularidad y de la complejidad de un caso singular, para llegar a comprender su actividad en circunstancias importantes” (Stake, 2010, p. 11). En este enfoque existen tres tipos de casos, el intrínseco, el instrumental y el colectivo; en particular y teniendo en cuenta los propósitos de la presente investigación, se eligió el estudio de caso instrumental, ya que se pretende comprender lo que se quiere investigar a través de una situación, mediante el estudio de un caso particular. Es decir, el caso seleccionado para realizar el estudio es un grupo de estudiantes de grado décimo que se constituye en el instrumento que permite obtener información.

3.2 Contexto y participantes.

Esta investigación se llevó a cabo en el Colegio Santa Clara de Asís, con un grupo de estudiantes del grado décimo; con este grupo se abordaron temáticas tales como los componentes básicos de circuitos, conceptos de mecánica clásica, ondas y lenguaje de programación (IDE Arduino), las cuales fueron aplicadas en la construcción y programación de prototipos robóticos donde se hizo uso de los conceptos previamente

estudiados. Las estudiantes poseían conceptos previos en relación con circuitos y ondas mecánicas, ya que en la institución la enseñanza de la física se inicia desde el grado sexto, abordando de manera experimental y conceptual esta área.

La intervención se realizó con un total de 18 estudiantes entre los 15 y 16 años; a quienes se les dio a conocer inicialmente el propósito y los resultados esperados de la investigación a partir de un consentimiento informado (Anexo A), que fue firmado por los padres de familia de cada una de las estudiantes, ya que estas eran menores de edad; y otro para la institución educativa donde se realizó la intervención. El criterio de selección de las estudiantes fue el grado de motivación e interés que cada una de ellas mostró durante toda la investigación y la manifestación de su interés para participar de la misma.

3.3 Técnicas e instrumentos para la recolección de información

En esta investigación se tuvieron en cuenta diferentes instrumentos y técnicas para la recolección de la información como: cuestionario, observación participante, diario de campo, entrevista semiestructurada. A continuación, se presenta con más detalle cada uno de ellos.

3.3.1 Cuestionario.

Un cuestionario contiene una serie de preguntas orientadas para obtener información relacionada con los objetivos de la investigación. En este instrumento se pueden realizar preguntas cerradas y abiertas; estas últimas proporcionan una información más amplia, pues se permite una mayor profundización de las respuestas, ya que el estudiante o entrevistado tiene libertad para responder a los cuestionamientos que se le hacen, de manera grupal o individual, esto depende de las necesidades que surjan en la investigación; asimismo, este instrumento permite indagar sobre categorías puntuales de interés del investigador

(Hernández et al, 2010). El propósito del cuestionario (Anexo C) fue indagar sobre los conocimientos previos que las estudiantes tenían sobre robótica, su aplicabilidad y los posibles proyectos que se podrían elaborar para su colegio de forma grupal y oral.

3.3.2 Observación participante.

Esta técnica es una de las más importantes en la investigación cualitativa; ya que corresponde “al trabajo de campo realizado mediante la observación participante a lo largo de un tiempo suficiente, compartido con la comunidad” (Bautista, 2011, p. 83). Por otro lado, el investigador debe estar siempre atento a todos los detalles y situaciones que sucedan a su alrededor, ya que desempeñan un papel de constante reflexión frente a lo observado (Hernández et al., 2010).

El propósito de la observación participante fue identificar aquellos momentos donde las estudiantes interactuaban entre sí, construyeron significados relacionados con la robótica y con conceptos físicos, los momentos donde se daba la negociación de significados a raíz de los planteamientos del investigador; por lo cual, se observaron los experimentos, la construcción, programación y exposición del prototipo robótico en los diferentes espacios de la institución.

3.3.3 Diario de campo.

El diario de campo según Alzate y Sierra (2000), es “uno de los mejores instrumentos para conocer y comprender lo que ocurre en un grupo o en una persona, como son las emociones que expresa, las situaciones que vivencia y las visiones del mundo” (p. 11); además, permite el registro de lo observado de manera continua y de la forma como el investigador lo desee. A su vez, Bonilla y Rodríguez (1997), señalan que por medio del diario de campo se pueden hacer continuas revisiones del proceso de observación, se

pueden encontrar datos que apuntan a los objetivos propuestos o por el contrario si existe alguna inconsistencia de la información. Finalmente, este instrumento posibilita una interpretación y análisis más detallado de lo sucedido durante la observación, permitiendo reflexionar sobre lo que ocurre en la intervención para tomar decisiones durante el proceso presente y futuro.

3.3.4 Entrevista semiestructurada.

La entrevista semiestructurada es una conversación libre entre el investigador y el participante; para Bonilla y Rodríguez (1997) “la entrevista personal puede definirse como un intercambio verbal cara a cara, que tiene como propósito conocer en detalle lo que piensa o siente una persona con respecto a un tema o situación particular” (p. 93).

Esta técnica es muy útil para la recolección de información por medio de preguntas abiertas, acompañadas de una escucha receptiva por parte del investigador, con el propósito de orientar las categorías específicas que apuntan a los objetivos de la investigación. En la recolección de datos se utilizó la entrevista semiestructurada en la última fase (Anexo B) de la intervención metodológica, y se realizó de manera individual luego de la exposición de los prototipos robóticos, con el fin de conocer la postura de las estudiantes frente al prototipo construido, la relación que encontraron con conceptos de la física y con la programación utilizada en el robot.

3.4 Descripción de la propuesta didáctica.

La propuesta estuvo dividida en tres fases, cada una de ellas fundamentada en la Teoría Sociocultural de Vygotsky y en el Modelo Pedagógico de la Robótica Educativa MOPRE de Monsalves (2011); de esta manera, se direccionaron principalmente a proponer situaciones enmarcadas en la negociación significados y otros elementos para el uso del

lenguaje de programación; y generar espacios propios para la construcción de significados a partir de la interacción social.

En la tabla 3 se sintetizan las principales características de cada momento y a continuación se hace una descripción más amplia de cada uno de ellos.

Tabla 3. *Momentos de la propuesta didáctica*

Fase	Propósito	Momento	Actividad	Duración	Técnicas e instrumentos de recolección de datos
Primera fase: Diagnóstico y conocimientos básicos.	Identificar los conocimientos previos de los estudiantes sobre electrónica y robótica a partir de la negociación de significados.	Familiarización con los elementos base de la robótica.	1. Solución preguntas de manera grupal.	2 h	Formato de preguntas para conversatorio oral.
	Realizar un acercamiento a los conceptos básicos de la lógica de programación a partir del lenguaje.		2. Orientación de montaje de un circuito.	1 h	Grabación de video, fotos bitácora.
			3. Orientación para programación en pseudocódigo	1 h	Grabación de video.
Segunda fase: Proceso de desarrollo del MOPRE.	Identificar los tipos de sensores y su aplicación en la cotidianidad para la solución de problemas reales.	1. Formulación del problema de la realidad.	Presentación sobre el uso de los diferentes tipos de sensores.	1 h	Observación.
	Conocer el comportamiento de fenómenos existentes, planificar las estrategias para modificar o diseñar una nueva forma de aplicación al contexto.	2. Planificación y organización del proyecto.	Iniciar la planificación del proyecto mediante el diario campo, donde se describa el tipo de sensor a elegido, el diseño para el prototipo robótico y su funcionalidad.	1 h	Bitácora, grabación de video.
	Fortalecer el trabajo en equipo a través del análisis de diversas opciones para construir el prototipo robótico y estimular habilidades psicomotoras y psicológicas. Además, explorar y aprender el funcionamiento del software con nuevas posibilidades de usar el lenguaje de programación.	3. Construcción y programación del robot.	Ensamble del prototipo robótico y codificación para el funcionamiento de este utilizando la plataforma Arduino.	4 h	Materiales necesarios para la construcción del prototipo robótico, grabación de video y fotos.
Tercera fase: Socialización del proyecto a partir de la construcción de significados de conceptos físicos.	Identificar el aprendizaje logrado a partir de la construcción de significados en el desarrollo de la intervención en la construcción del robot comparado con el primer momento.	Socialización del robot.	Exposición por grupos en forma de carrusel.	2 h	Grabación de video, fotos, bitácora.
		Comparar los conceptos adquiridos sobre RE y el lenguaje de programación en relación con la física.	Entrevista individual semiestructurada.	1 h	Grabación de audio.

3.4.1 Primera fase.

Esta primera fase tuvo como propósito identificar en las estudiantes los conocimientos previos sobre electrónica y robótica, además de realizar un acercamiento a las nociones básicas de la lógica que tiene la programación. Para ello, lo primero que se realizó fue una serie de preguntas relacionadas con robótica (Anexo B), que fueron resueltas desde la oralidad por parte de las estudiantes guiada por el investigador y por último la participaron activa hasta llegar a un concepto común sobre robótica.

Luego de las preguntas diagnósticas se propuso una actividad experimental inicial (Anexo D) que consistió en realizar un circuito en serie y paralelo por medio de una *protoboard*, unos leds, cables jumper, resistencia y una batería. Las estudiantes observaron lo que ocurría, establecieron diferencias y características del fenómeno, experimentaron con las posibles conexiones que se podían hacer para lograr mayor o menor luminosidad; finalmente lograron realizar un acercamiento a los escenarios de la vida cotidiana donde se observaba el fenómeno estudiado e identificar conceptos relacionados con la física.

Para finalizar esta primera fase, se realizó una introducción a la lógica que tiene la programación para conocer el pseudocódigo como una parte importante del programa que se trabajó. En este momento de la fase, uno de los investigadores muestra paso a paso cómo funciona el programa PseInt (Anexo E) y resalta la importancia del uso adecuado del lenguaje de signos y símbolos que ofrece la programación. Se presenta una serie de ejercicios relacionados con movimiento rectilíneo, movimiento parabólico, ley de Ohm, entre otros; en donde el docente explica y acompaña los primeros tres problemas y luego se permitió que las estudiantes los resolvieran solas. Al finalizar cada una de las actividades

propuestas se hizo un conversatorio con las estudiantes, respecto a lo aprendido y la relación que estas encontraron con la robótica y la programación.

3.4.2 Segunda fase.

La segunda fase fue orientada por los momentos 1, 2 y 3, basados en el Modelo Pedagógico de Robótica Educativa (MOPRE); se desarrolló a través del trabajo con RE, en donde se contextualiza el ambiente de aprendizaje del estudiante entre lo concreto y lo abstracto, lo real y lo virtual. Este modelo promueve la adquisición de capacidades sociales, de solución, de organización y de transferencia de conocimientos, por medio de la experiencia para convertirse en habilidades. Para Monsalves (2011) este modelo es un arquetipo sistémico circular que considera cuatro etapas para desarrollar aprendizaje con RE. El primero es la formulación del problema de la realidad, segundo la planificación y organización del proyecto, tercero se hace la construcción del robot y por último su programación. El momento 1 se enfocó en identificar los tipos de sensores y cómo estos se aplican en la cotidianidad para la solución de problemas reales. El investigador hace una presentación mostrando cada tipo de sensor con el fin de que las estudiantes logren determinar cuál de ellos pueden tener en cuenta para la construcción del prototipo robótico. Primero se describe cómo se debe realizar el montaje del sensor en la protoboard; posteriormente, se realiza una breve explicación del código de programación que se tuvo en cuenta para cada uno de los sensores y la aplicación que tienen en la realidad. Esto permitió que las estudiantes comprendieran su funcionamiento; además, se ilustró de forma general cuáles eran los posibles proyectos que se podían hacer con los sensores; luego, las estudiantes respondieron una serie de cuestionamientos utilizando diferentes

estrategias como la bitácora y el trabajo colaborativo; el cual permitió que interactuaran entre sí y lograran una definición común a través de la negociación de significados de conceptos de física (Anexo F), relacionados con la elección del tipo de sensor que cada grupo utilizara en el robot; además, planificar, diseñar y explicar el funcionamiento que este tiene.

A continuación, se consolidaron los grupos de trabajo para la construcción del prototipo robótico; luego se inició el segundo momento, correspondiente con la planificación y la organización del proyecto. En este momento del desarrollo del MOPRE, las estudiantes ya tenían definido cuál sensor llevaría el robot, el diseño y su funcionamiento. Para esto se les pidió que por medio del diario de campo y teniendo una serie de preguntas y planteamientos como guía de desarrollo (Anexo G), describieran el proceso que se llevó a cabo para el diseño, construcción, funcionalidad del robot, materiales, el papel que desempeña cada integrante del equipo, las posibles dificultades a la hora de la construcción y programación del robot, y a su vez las soluciones para ello. Luego, se realizó la socialización, en donde las estudiantes participaron activamente en cada una de las preguntas orientadoras. Al final se llegó a la conclusión que serían elaborados dos carros *bluetooth*, uno con el seguidor de línea y otro con el sensor ultrasónico.

Durante el desarrollo del momento 3 se propuso ensamblar el prototipo robótico y analizar el código de programación que se necesita para que el robot funcione utilizando la plataforma Arduino; el investigador orienta la actividad con el fin de observar y apoyar a cada uno de los grupos. Luego se inició la construcción del robot con los materiales previamente establecidos (Anexo H); en este punto, se acompañaron los procesos de construcción y ensamble de cada una de las partes del carro, aclarando y apoyando en alguno de los pasos que a las estudiantes les generaba dificultad, en el

momento de apretar tornillos o soldar los cables. Fue de vital importancia la comunicación entre los miembros del equipo; por esta razón se establecieron roles tales como líder, administradora de recursos, relatora y diseñadora; lo que permitió una mayor organización. Luego de tener el robot listo, se pasó a la programación, donde el acompañamiento del investigador fue mayor, ya que para algunas estudiantes fue complejo comprender el código; lo importante es que ellas lo interpretaron finalmente y desarrollaron la capacidad de identificar las variables más representativas y modificarlas según cada robot. Debido a las dificultades que se presentaron en la construcción y programación del robot, se fortaleció la construcción de significados a partir de la interacción entre ellas y durante el ensamble del prototipo, para llegar a una negociación continua de significados en cuanto al trabajo en equipo, en la toma de decisiones, principalmente cuando algo no funcionaba; debido a esto también se generaron aprendizajes desde lo colaborativo para llegar al producto final que fue el funcionamiento los carros.

3.4.3 Tercera fase.

En esta tercera y última fase que tuvo como objetivo principal identificar el aprendizaje logrado por las estudiantes a partir de la construcción de significados, en el desarrollo de la intervención durante el ensamble y programación del robot comparado con el primer momento; se planteó una exposición por grupos en forma de carrusel (Anexo I) buscando observar si habían logrado construir significados relacionados con conceptos físicos y al mismo tiempo si resaltaban el papel del lenguaje de programación, como un elemento importante en el proceso de la elaboración del robot.

Para esta actividad las estudiantes organizaron un lugar central donde mostraron el robot que se construyó y explicaron el proyecto elaborado con las características y la

funcionalidad del prototipo realizado; además, mencionaron algunos de los conceptos relacionados con la física que se lograron aprender durante la investigación y mostraron el diario de campo que cada grupo realizó para aquellas estudiantes y docentes que se mostraron interesados en conocer más detalladamente el proyecto.

Finalmente, se eligieron ocho estudiantes para responder a una serie de preguntas encaminadas a conocer su experiencia durante la implementación del MOPRE y con el lenguaje de programación para la conceptualización (Anexo B).

3.5 Instrumentos y procedimientos para el análisis de la información.

En el mismo marco de la investigación cualitativa, el análisis de la información recolectada es uno de los procesos más importantes, ya que a través de éste y tomando solo los datos que sean útiles como fuente de información, se puede comprender con mayor claridad hacia dónde apunta la investigación y responder a los objetivos propuestos. De acuerdo con Bautista (2011), el análisis de la información es “un proceso de investigación que hace referencia a la interpretación de los datos recolectados en el transcurso de toda la indagación y que han sido registrados en diversos instrumentos para facilitar su estudio” (p. 187); por consiguiente, el análisis cualitativo se inicia con un número considerable de datos y luego se procesan “dando lugar a un análisis claro, comprensible, penetrante, fiable e incluso original” (Gibbs, 2012, pp. 19-20).

Por ende, se consideró que los instrumentos y procedimientos más apropiados para el análisis de los datos aquí obtenidos son: la transcripción de datos, la categorización y la codificación; también se hizo el proceso de triangulación de la información con la teoría, para dar validez y confiabilidad a la investigación.

Inicialmente, la transcripción de los datos según Gibbs (2012), es un proceso interpretativo que requiere tiempo y esfuerzo, el cual depende de qué tan detallado sea el autor al transcribir las entrevistas, los audios o videos que hacen parte de la investigación. Además, para Farías y Montero (2005), el investigador debe ser el único responsable de este proceso, ya que no solo se trata de escribir al pie de la letra, sino que existen diversas variables como los gestos, las emociones y las actitudes, que implican mayor cuidado para los fines de la investigación; por tanto, “la credibilidad y utilidad de un testimonio a menudo dependen de detalles que en principio parecían nimios” (p. 4).

Luego de la transcripción de los datos obtenidos viene la categorización, según Cisterna (2005); este es un proceso que tiene como elemento principal recoger, seleccionar y organizar la información y elaborar una distinción por ejes o tópicos; es decir, en categorías que se pueden desprender a su vez en subcategorías para el análisis de la información. Estos son procesos que generan validez y confiabilidad a la investigación, estableciendo relaciones entre los resultados obtenidos y los objetivos propuestos.

De la mano de la categorización se encuentra la codificación de la información recolectada, esta consiste en asignar un código, símbolo o indicativo común a cada una de las categorías o subcategorías para que sean diferenciables unas de las otras. Del mismo modo este proceso de codificación permite que el análisis de los datos sea más sencillo.

Finalmente, se realiza la triangulación de la información, que consiste en el “cruce dialéctico de toda la información perteneciente al objeto de estudio surgida en una investigación por medio de los instrumentos correspondientes, y que en esencia constituye el corpus de resultados de la investigación” (Cisterna, 2005, p. 68); esta se llevó a cabo

entre las diferentes fuentes y con el marco teórico, como un criterio para dar validez y confiabilidad a la investigación.

3.6 Categorías para el análisis de la información.

Entendiendo cuáles son los diferentes instrumentos y procesos utilizados para el análisis de la información, en la tabla 4 se presentan las diferentes categorías definidas en este trabajo, que en este caso son apriorísticas y surgen de los objetivos planteados para la investigación.

Tabla 4. *Categorías apriorísticas para el análisis de los resultados.*

Objetivos específicos	Categorías	Técnicas e instrumentos
Identificar el proceso de negociación de significados a través de la interacción dada en la implementación del MOPRE.	Negociación de significados a partir de la interacción social.	Diario de campo, observación, entrevista, actividad experimental, y grabación de las clases.
Valorar la contribución del lenguaje de programación y pseudocódigo en la RE a la comprensión de conceptos físicos.	El lenguaje Arduino en la comprensión de conceptos en física.	Diario de campo, observación, actividad experimental y grabación de las clases.
Caracterizar la robótica como herramienta educativa para la construcción de significados en física.	Características de la RE para la construcción de significados.	Diario de campo, observación, entrevista, elaboración de prototipo robótico y grabación de las clases.

3.6.1 Negociación de significados a partir de la interacción social.

A la luz de la Teoría Sociocultural de Vygotsky como referente teórico que enmarca este trabajo, la negociación de significados, propiamente de conceptos físicos, se genera a través de una interacción social previa entre las estudiantes en momentos de trabajo colaborativo y con el docente que guía todos los procesos durante la implementación del MOPRE. Permite que el investigador cumpla diferentes facetas durante el desarrollo de toda la propuesta; por ejemplo, a la hora de introducir algunas nociones básicas, construir el prototipo robótico y

enseñar la relación del lenguaje con la programación, para que finalmente las estudiantes se apropien de los conocimientos adquiridos y transmitan lo aprendido.

3.6.2 El lenguaje Arduino en la comprensión de conceptos en física.

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basada en *hardware* y *software* que se puede trabajar de una manera sencilla y amigable para los que conocen o no sobre programación; se convierte en una herramienta fundamental a la hora de hacer proyectos de robótica cotidianos o científicos en diferentes contextos. La comprensión de conceptos en física se realiza por medio del análisis del lenguaje de programación que se encuentra en cada uno de los códigos que se necesitan para hacer funcionar el robot; se determinan cuáles son las variables que están sujetas a cambios de acuerdo con las necesidades que se tengan. Es necesario entonces describir el papel del lenguaje de programación dentro de la robótica educativa y cómo las estudiantes pueden construir significados en física.

3.6.3 Características de la RE para la construcción de significados.

Desde la teoría Sociocultural de Vygotsky como referente teórico, la construcción de significados se entrelaza con las características de la RE; ésta se considera como una herramienta que utiliza el docente para la enseñanza de la física, permite que múltiples áreas se comuniquen entre sí para lograr un objetivo común, que es la construcción de conocimiento a partir de la interacción social y el trabajo colaborativo. Asimismo la RE promueve que los procesos de enseñanza y aprendizaje tengan continuidad, favorece el componente experimental de la física, ayuda al alumno a desarrollar habilidades individuales y colectivas, posibilita que diversas áreas se comuniquen entre sí para construir conceptos propios de física, genera una mediación permanente a través de la interacción social de las estudiantes desde el inicio de la investigación hasta el final de la

misma y permite que los estudiantes construyan significados a partir de lo experimentado y observado.

4. Resultados y análisis

En el presente capítulo se exponen los principales resultados de la investigación de acuerdo con el análisis de las categorías descritas en el capítulo anterior. El análisis de cada categoría se realizó a partir de los instrumentos y actividades implementadas en la propuesta metodológica de la investigación, teniendo en cuenta las diferentes respuestas y socializaciones de las estudiantes de manera individual; y sobre todo las intervenciones grupales y entrevistas de ocho de las estudiantes que hicieron parte de la investigación.

A cada equipo conformado por cuatro o cinco estudiantes se le asignó un código para la presentación de los resultados, de E1 a E4 y las estudiantes entrevistadas de A1 a A8. En correspondencia con los objetivos y el marco teórico, en este análisis se buscó determinar el proceso de negociación de significados entre las estudiantes y el docente a partir de la interacción social durante la ejecución de las actividades expuestas desde el modelo MOPRE. Asimismo, describir cómo las estudiantes lograron comprender conceptos relacionados con la física, gracias a la construcción de significados que tiene lugar durante la interacción social. Para Vygotsky, el desarrollo cognitivo tiene su origen en los procesos sociales del sujeto, y está atravesado por diferentes instrumentos y signos que se construyen solamente a partir de la interacción entre las personas; es por esto que, para dar cuenta de este propósito, se centra el análisis en los diferentes momentos en que las estudiantes realizaron trabajo en equipo y establecen diálogos con el docente. Por último, se detalla cómo el lenguaje de programación y el pseudocódigo jugaron un papel importante como mediadores entre el prototipo robótico diseñado y las funciones de cada sensor de acuerdo con el interés de los equipos; y se identificaron las características de la robótica como una herramienta educativa que motivó a las estudiantes a la construcción de significados.

4.1 Negociación de significados a partir de la interacción social.

Para abordar esta categoría se tuvieron en cuenta principalmente el diario de campo elaborado por las estudiantes, la entrevista semiestructurada y los videos, donde se encontraron resultados que contrastan las situaciones implementadas en esta propuesta de manera interpretativa y descriptiva para cada uno de los momentos que hacen parte de la segunda fase de la propuesta metodológica. En esta primera categoría se presentan los principales hallazgos que permitieron Identificar el proceso de negociación de significados a través de la interacción dada en la implementación del MOPRE.

Durante el primer momento del MOPRE, se hace la formulación del problema para identificar los tipos de sensores y su aplicación en la cotidianidad en la solución de problemas reales. En este punto el docente, a través de una presentación, utiliza el lenguaje como mediador para la construcción de significados que requieren las estudiantes en cuanto a los conceptos necesarios para abordar la formulación del problema; tales como el significado, representación, proceso y aplicación de un sensor y cómo este requiere de una buena conexión al circuito, la adecuación de la corriente y el voltaje y programación para que funcione. Para esto el docente muestra los tipos de sensores haciendo uso de una *protoboard* y un microprocesador Arduino UNO o MEGA, donde se mostró la programación básica, se explican todas las conexiones que allí se tienen desde la electrónica y cada uno de los puertos (analógicos y digitales) para el correcto funcionamiento de los sensores instalados; del mismo modo se enseñaron los materiales que pueden ser utilizados a la hora de realizar el montaje para el prototipo robótico tales como: computador, IDE Arduino, sensor de luz, fotorresistencia, sensor ultrasónico, sensor de humedad y temperatura, sensor seguidor de línea o infrarrojo y el módulo Bluetooth

(Figura 2). Luego se resaltó la importancia de elegir el sensor que cada equipo utilizaría para la construcción del prototipo robótico enmarcado en la formulación del problema de la realidad que desean solucionar pensado en la funcionalidad del mismo y la relación con la física.

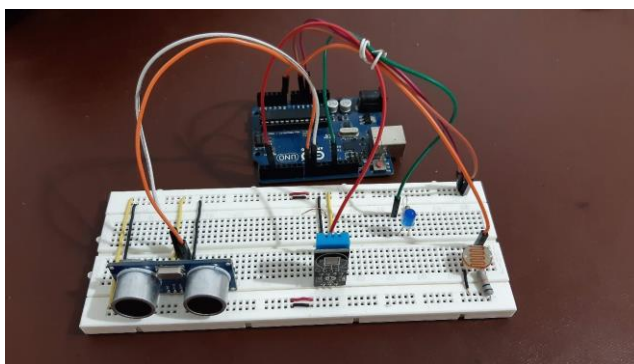


Figura 2. Tipos de sensores

Luego de la presentación de los tipos de sensores, el docente indaga por la comprensión de las estudiantes sobre los conceptos abordados durante el primer momento del MOPRE, cuyos significados fueron negociados para construir aquellos conocimientos que contribuyeron a la solución de situaciones que emergieron en la formulación del problema de la realidad; tal como se describe en la Tabla 5.

Tabla 5. Formulación del problema de la realidad a partir de preguntas orientadoras para las estudiantes.

Pregunta	Respuestas
1. ¿Cuál sería el prototipo robótico que se desea realizar en el proyecto?	<p>E1 y E4: “Carro que se pueda <u>manejar por el celular</u> si es posible”.</p> <p>E2: “Un carro <u>seguidor de línea</u>”.</p> <p>E3: “Un <u>motociclo guiado con el celular</u>. Porque tiene dos ruedas grandes y una pequeña adelante”.</p>
2. ¿Cuál sería la funcionalidad del robot?	<p>E1: “Un carrito <u>esquiva obstáculo para las personas de la tercera edad</u> o que tienen una limitación física. También nos gustaría un carro que simule una pista de carreras de fórmula 1”.</p>

	<i>E2: "El carro seguidor de línea tendría la siguiente funcionalidad: sería que sea un <u>carro eléctrico que se maneje solo</u>. Se programan rutas previamente y se pasan por un cable al sistema computo del carro. Este carro también se puede manejar por un humano, pero también se puede poner en <u>piloto automático</u>".</i>
	<i>E3: "Que se pueda manejar con el celular y que <u>se pueda meter por donde uno quiera</u>".</i>
	<i>E4: "La funcionalidad de nuestro carro es para <u>aquellas personas que son invidentes o con limitaciones de alguna clase</u>".</i>
3. ¿Qué tipo de sensor elegirían para el prototipo robótico? ¿Por qué?	<i>E1: "<u>Sensor de ultrasonido</u>. Porque nos parece muy chévere que el carrito se pueda mover solo a partir de la configuración que le hagamos. También conocer su programación interna y cómo funciona".</i> <i>E2: "<u>Sensor seguidor de línea</u>. Nos llamó mucho la atención porque se puede decir que es más innovador, porque es un carro que solo con programarlo se puede manejar solo".</i> <i>E3: "<u>Sensor bluetooth</u>".</i> <i>E4: "<u>Sensor bluetooth</u>. Porque nos llamó uno la atención a casi todas las del grupo, ya que se puede controlar desde el celular como si fuera un carrito de control remoto".</i>
4. ¿Qué conceptos de física se aplican en el robot?	<i>E1: "Movimiento, energía, distancia, frecuencia, sonido, velocidad y posición".</i> <i>E2: "Frecuencia, distancia, velocidad, ondas, luz, movimiento, mecánica y electricidad".</i> <i>E3: "Distancia, velocidad, movimiento, circuitos, aceleración y voltaje".</i> <i>E4: "Energía, masa, materia, carga eléctrica, movimiento y velocidad".</i>

A partir de las expresiones de la tabla 5, se logró identificar que los equipos presentan ideas claras y concisas de acuerdo con las preguntas realizadas. De la primera pregunta, tres equipos coincidieron en que querían un carro que se pudiera manejar con el celular (E1, E3 y E4), mientras que E2 solo mencionó el sensor que iba a llevar su carro. La segunda pregunta permitió que los equipos estuvieran mejor proyectados en cuanto al sensor; luego se decidieron por el prototipo a elaborar al momento de pensar la funcionalidad que éste tendría, teniendo en cuenta los materiales dispuestos para esta etapa; ya que en su mayoría llevaron las cosas a un contexto real, como por ejemplo un carro de fórmula 1, para personas discapacitadas y otro automatizado. Por su parte, en la descripción hecha por E3 no se logra comprender la funcionalidad que tendría su prototipo.

Ahora bien, en el momento que tienen para decidir cuál es el sensor para el prototipo robótico, fue un poco más sencillo ponerse de acuerdo dado que cada uno de los equipos

exponía sus razones debido a una negociación que tuvo lugar al interior de ellos, y a partir del cual llegaron a un consenso sobre esta decisión. E1 escoge el ultrasonido, E2 el seguidor de línea y E3 y E4 el bluetooth; finalmente, la pregunta cuatro permitió dar cuenta de una negociación sobre los conceptos de física que posiblemente adquirieran un significado para ellas en el proceso de construcción del robot, porque solo con las respuestas, que se enuncian en esta tabla no se puede dar cuenta de una construcción conceptual; algunos de estos fueron: energía, electricidad, distancia, frecuencia, sonido, ondas y luz; se resalta entonces que los conceptos en que todas coincidieron son el de velocidad y movimiento. A partir de esta pregunta se logra observar que todos los equipos encontraron conceptos a priori relacionados con la física y el robot. Durante este proceso se busca dar cuenta que “el desarrollo de aprendizajes que se da de manera progresiva en una negociación permanente de significados” (Galeano y Hernández, 2014, p. 21); por lo que en esta primera etapa del MOPRE, se pudo identificar que las estudiantes al interior de cada equipo expusieron sus ideas y a su vez negociaron los conceptos relacionados con cada tipo de sensor, tratando de trasladarlos a la realidad a la que se quería enmarcar cada proyecto; llevando paulatinamente a una construcción de significados de dichos conceptos, en el contexto de la robótica.

Luego de la formulación del problema de la realidad, se abordó la planificación y organización del proyecto que corresponde al momento 2 de la fase de implementación del MOPRE. En este punto los equipos establecieron roles para cada una de las integrantes, describieron el sensor elegido, hicieron el diseño del prototipo robótico y su funcionalidad por medio del diario de campo. Aquí el docente orientó a cada equipo en relación con las dudas que se presentaron, como se muestra en la Figura 3.



Figura 3. Formulación del problema de la realidad y planificación del proyecto

Lo primero que hicieron los equipos fue realizar un pequeño boceto del prototipo deseado. En la figura 4 se muestran los diseños de E1, E2 y E4 respectivamente, se aclara que E3 no realizó la construcción de esta etapa.

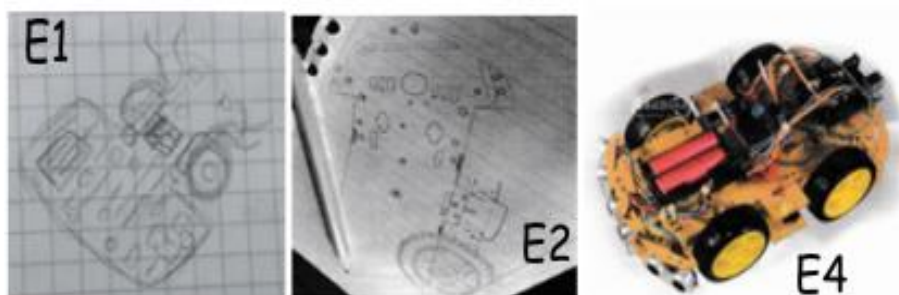


Figura 4. Diseño de los equipos sobre la construcción de un boceto para la planificación que corresponde al momento 2 del MOPRE.

Como se observa en la figura 4, todos los diseños de los equipos son distintos; sin embargo, se logra identificar que entre E1 y E2 realizan el boceto con rasgos similares del prototipo robótico; por ejemplo, tienen en cuenta cada detalle del chasis del carro, tanto los motores como las llantas son visibles; mientras que el equipo E4 logra conseguir una imagen tomada de internet relacionada con lo que se pretende construir.

Luego del boceto, los equipos hicieron una lista de los materiales necesarios para la construcción del robot teniendo en cuenta el sensor a utilizar. A partir de lo anterior, cada uno de los grupos estableció roles en donde se describe el papel que desempeña cada una de acuerdo con sus habilidades, esto se muestra en tabla 6.

Tabla 6. *Descripción de roles para la planificación del proyecto.*

Roles	Respuestas
1. Líder	Es la que tiene la responsabilidad de velar por que todo salga según lo planeado, tener claro las funciones de las demás y asegurar que cada una cumpla lo que le corresponde (E1, E2, E4).
2. Relatora	Es la que debe hacer el diario de campo, tomar nota de todos los pasos y procedimientos para construir el robot (E1, E2, E4).
3. Diseñadora	Es la encargada de hacer el boceto del prototipo, seguir los pasos que se necesitan para hacer la construcción del robot con las conexiones bien hechas (E1, E2, E4).
4. Administradora	Es la encargada de tener a disposición todos los recursos y materiales para la construcción del robot; recibir, revisar y entregar las piezas completas (E1, E2, E4).

Se puede observar que en los tres equipos hay una semejanza en el significado del criterio que tienen las estudiantes de cada uno de los roles previamente establecidos, para esto se realizó una negociación entre ellas para determinar el rol que representó cada una, teniendo en cuenta sus habilidades y las necesidades del equipo; finalmente se construyó un significado para cada uno de estos.

Después de establecer los roles y que cada miembro se ubicara en uno de ellos, cada equipo relata el procedimiento que se llevaría a cabo para la construcción del carro, esto de acuerdo con el sensor elegido por ellas.

E1: “Para empezar a armarlo decidimos que el objetivo de este sería simular carreras de fórmula 1 con el ultrasonido para medir las distancias donde el carro debía acelerar o bajar la velocidad para coger mejor una curva. Primero se debe realizar la construcción del carro con los planos de este; segundo se hacen las conexiones del Arduino y la protoboard teniendo en cuenta el plano; tercero se hace el montaje de las conexiones en el carro teniendo en cuenta las conexiones de los motores; cuarto, se hace el montaje del código con el Arduino conectado al computador; quinto, se desenchufa el carro y se comprueba que no hayan errores con la ejecución cuando se pone a prueba a andar el carrito y sexto se verifica que la distancia del programa al sensor ultrasónico sea de 15 cm; es decir, que cuando el carro se ponga a funcionar este detecte un objeto a 15 centímetros y se devuelva y tome otro camino”.

E2: “El profesor nos da los materiales que necesitamos y las herramientas, después revisamos que las cuatro llantas, cuatro motores, un módulo Bluetooth, porta baterías, un cargador y unas baterías de litio de 3700 miliamperios estén en buen estado. Primero se realizan los montajes haciendo bien las conexiones con los cables y el Arduino teniendo muy en cuenta la conexión de cada uno de los pines del Arduino y el por qué se conectaban ahí. Segundo se hace el montaje del código para que el carro se mueva y tenga una misma velocidad para que no se salga de la línea negra. Por último, se realiza la prueba por si de pronto se tienen que recalibrar el seguidor de línea si se sale del recorrido marcado por la cinta”.

E4: “Nosotras escogimos el carro Bluetooth, es una pequeña pieza de la cual depende que el bluetooth funcione, esta era el módulo Bluetooth HC-06/05. Gracias

a este módulo podemos controlar nuestro auto por medio de bluetooth,
descargando anteriormente una aplicación en nuestro celular y manejarlo desde
allí. En la mesa la encargada de administrar los recursos nos debe entregar los
materiales, antes de comenzar la líder del grupo revisa que todos los materiales
estén completos. Nuestro primer paso sería ubicar cada motor en la parte del
chasis donde corresponde, haciendo uso de tornillos, tuercas y destornillador;
luego de tener los cuatro motores ubicados se pone la parte superior del chasis y
tras sujetar con tornillos distribuidos por su estructura se ponen sus cuatro llantas
y se acomodan los cables sobresalientes de los motores. Más adelante, luego de
tener este paso se hacen las conexiones faltantes para que el auto funcione y
finalmente las conexiones ya estaban listas con el puente h ponemos el código en el
Arduino conectado al computador agregando el código de programación y
observar que el carro se gire hacia los lados, se pueda parar y acelerar con las
flechas señaladas en el celular”.

El proceso que realizan los equipos cuando piensan en el desarrollo que necesita el robot para que funcione está enmarcado en la construcción de un conocimiento mientras relatan el procedimiento que se requiere en la ejecución del prototipo robótico a utilizar por cada uno de ellos. Se observa que cada equipo identifica por lo menos un concepto físico en el momento de la ejecución del robot, por ejemplo, E1 menciona la medición de distancia que realiza el robot, acelera o baja la velocidad cuando se acerca a un obstáculo o curva. Por otro lado, E2 se refiere al movimiento cuando *se hace el montaje del código para que el carro se mueva y tenga una misma velocidad*, al igual hace referencia al recorrido de este por la línea marcada según la frecuencia elegida; aunque no es explícito que mencionan el

concepto frecuencia, se logra evidenciar que hay una comprensión cuando señalan que el carro *no se salga de la línea negra* [...] *recalibrar el seguidor de línea si se sale del recorrido marcado por la cinta*. Por el contrario, E4 solo identifica como concepto la aceleración de forma explícita, pero en el momento que hacen mención a que el carro pare y acelere, las estudiantes logran inferir la existencia de movimiento, velocidad y fuerza, ya que para determinar que se aplica aceleración es porque hay una comprensión previa de dichos conceptos. Por otro lado, se evidencia que existen algunas semejanzas entre los equipos, ya que todos hicieron énfasis en la manera en que debían ponerse los cables y resaltaron la importancia de que las conexiones estén bien hechas; también hacen referencia a la configuración del código de programación en el Arduino de acuerdo al tipo de sensor, y mencionan la comprobación y observación como factor importante para verificar si funciona el carro luego de subir el código.

Ahora bien, para terminar este momento los equipos responden a posibles dificultades que se pudieran presentar a la hora de la construcción y programación del robot y cómo les darían solución. Para esto, Monsalves (2011) señala que el trabajo con RE permite “que el estudiante se vea enfrentado constantemente a situaciones donde debe tomar decisiones o dar solución a determinados problemas, estimulándose la creatividad de los estudiantes” (p. 110); lo anterior se describe en la tabla 7.

Tabla 7. *Dificultades y soluciones por parte de los equipos en la construcción y programación.*

Equipos	Dificultades y soluciones
---------	---------------------------

E1	<p><i>“Uno de los problemas que se nos podrían dar es que <u>conectemos mal un cable</u> y que eso haga que el carro no se mueva, <u>nos falten piezas</u>, que los motores estén malos de fábrica y que <u>nos equivoquemos en el código de programación</u> en algún comando.</i></p> <p><i>Para solucionar esto lo primero que haríamos es que <u>volvería a empezar a armar el robot</u>, <u>revisar que tengamos todo</u>, <u>si no hablar con el profesor para que nos dé el elemento que nos falta</u>, si llega malo de fábrica pedir garantía, pero si nos equivocamos en el código así llamamos al profesor para que nos ayude o miramos códigos parecidos en internet”.</i></p> <p><i>“Algunas dificultades que se pueden presentar es que no sepamos armar el robot o que se <u>nos pierda algún tornillo</u> o tuerca para armar. También que tengamos <u>problemas con el código de programación</u>, el profe nos explica, pero puede que no entendamos.</i></p>
E2	<p><i>Una posible solución a estas dificultades es que sigamos todos los pasos para <u>armar el robot y preguntarle siempre al profe Sergio</u> que si lo estamos haciendo bien, además estar pendientes que nada se nos pierda, para eso están los roles y la líder. En cuanto a la programación, es un tema un poco difícil, pero hay que prestar atención cuando el profe nos explique y si tenemos un error en el código tratamos en encontrar dónde está o en el peor de los casos volvemos a empezar el código de programación desde cero”.</i></p>

En la Tabla 5 se describen algunas dificultades que manifiestan E1 y E2, por ejemplo con la posibilidad de tener problemas con las conexiones, llegar a faltarles algún material para terminar de armar el robot o con el código de programación. Ahora bien, para las posibles soluciones a dichas dificultades, los equipos hacen una negociación para la toma de decisiones; lo que está en coherencia con lo que afirma Paredes (2018), en relación con el intercambio de significados entre los estudiantes a partir de la observación y valoración de aspectos comunes a la realidad, “desarrollan sus propias estrategias de aprendizaje, señalan sus objetivos, al mismo tiempo se responsabilizan del qué y cómo” (p. 62); asimismo, en los equipos manifiestan la importancia del apoyo del docente en la construcción y sobre todo en la programación del código para el robot; y también mencionaron que si el problema es muy difícil de detectar se iniciaría de nuevo cada uno de los procesos señalados.

Finalmente, en el momento 3 de la fase del MOPRE se realizó la construcción y la programación del prototipo robótico; el cual permitió que las estudiantes pusieran en

práctica la parte de la formulación y planificación por medio de la interacción social y construcción de significados como resultado del proceso elaborado en los dos momentos anteriores, pues desde la RE el aprendizaje del estudiante es el resultado de una construcción continua del trabajo colaborativo permeado en cada una de las actividades propuestas por el docente. Para Monsalves (2011) la construcción del robot es fundamental, ya que:

El aprendiz desarrolla su pensamiento concreto, investiga y busca la forma de construir la solución, analizando diversas opciones hasta encontrar una respuesta que satisfaga la realidad que desea representar. Fortalece el trabajo colectivo y la interdependencia. 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. (p. 112)

En la construcción del robot (Figura 5), el docente guía el proceso mediante la interacción entre los equipos, facilitando el trabajo colaborativo y la toma de decisiones entre ellas. En este punto se inicia resaltando la importancia del lenguaje como mediador para la programación entre la computadora y el robot de acuerdo al sensor y la funcionalidad señalada por los equipos.



Figura 5. Construcción del prototipo robótico.

Se inicia con la socialización de la formulación y planificación del proyecto para la construcción de significados nuevos, pues se pretende que todos los equipos sepan qué proyecto realizaron las demás compañeras. Se identifica que los equipos están en su mayoría apropiados del proyecto, logran explicar de manera sencilla la funcionalidad y propósito de este; además, el aprendizaje a causa de una negociación social de significados, no por ser únicamente transmitida sino por ponerse en discusión (Lizárraga y Díez, 2012). Sin lugar a dudas la socialización es una parte fundamental de la robótica y del aprendizaje, ya que es consecuencia del trabajo colaborativo; tal y como lo señala Vygotsky “la interacción social, es el vehículo fundamental para la transmisión dinámica del conocimiento construido” (Moreira, 2009, p.19).

Después de la socialización, el docente brinda los materiales para la construcción del robot y asesoría de cómo iniciar a programar las líneas de código para el sensor. A continuación, se realizó la construcción del prototipo robótico, siguiendo los pasos que aparecen en cada uno de los planos y explicando al mismo tiempo cómo funciona cada uno de los componentes que serán usados; se hace entrega del plano del circuito de forma

gráfica en el cual se tienen en cuenta las conexiones que debe tener el Arduino, el puente h, los motores y los sensores; por último, se realiza la programación de los prototipos robóticos explicando a cada uno de los equipos la manera en la que el Arduino procesa la información; se explican los pasos para programar el robot indicando la importancia de cada una de las líneas de código o secuencia lógica de pseudocódigo puntualizando en aquellas donde los conceptos relacionados con la física son de gran importancia (Anexo J). Por otro lado, se muestra a cada equipo las líneas de código relacionadas directamente con el sensor elegido, con el fin de indagar la comprensión y relación que ellas encuentran con la física y los conceptos que logran evidenciar en el código para el funcionamiento del carro robótico; algunos de estos son los tres cambios de velocidad, potencia media, reflexión de la luz, longitud de onda del color entre negro y blanco (seguidor de línea); también ondas electromagnéticas, distancia, espectro electromagnético, frecuencia, velocidad y movimiento rectilíneo (bluetooth); por último se tiene velocidad media para que el sensor logre detectar el obstáculo, ondas, tiempo, sonido y distancia (ultrasonido). Así como afirma Sánchez (2015), “el estudiante construye el conocimiento con base en su experiencia e interactúa con el entorno, dando como resultado un aprendizaje que rompe el paradigma tradicional” (p. 108).

En la Figura 6, se muestra el momento en que las estudiantes hacen la exposición a otros miembros de la comunidad educativa permitiendo que estos interactúen con el prototipo robótico construido.



Figura 6. Socialización del robot.

Como conclusión de esta categoría, sobre el proceso de negociación de significados durante la implementación del modelo MOPRE, se puede afirmar que dicho intercambio está dado por la interacción social que plantea Vygotsky, el cual se genera entre las estudiantes de cada equipo, desde el grupo y con el docente en las diferentes etapas de dicho modelo; y se desarrolla a través del trabajo colaborativo que surge con la RE, permitiendo que las estudiantes se desenvuelvan con facilidad en un contexto común, para la toma de decisiones en la construcción de conceptos de física. Ayuda además a estimular y desarrollar en las estudiantes capacidades sociales, de organización y de solución. Asimismo, favorece el aprendizaje desde el momento que interactúan con materiales concretos en la construcción del prototipo robótico y cuando se familiarizan con el lenguaje de programación para construir un nuevo significado desde la lógica computacional. Y finalmente permite despertar una gran motivación e interés por el aprendizaje de la física a partir de la interacción con sus compañeras y mejorar los procesos de enseñanza por parte del docente, pues durante el MOPRE desempeña diferentes roles para la construcción e intercambio de significados a partir de la interacción social y con el lenguaje mediador con la programación y conceptos relacionados con la física inmersos en los códigos. (Registro fotográfico de esta etapa se encuentra en el Anexo K).

4.2 El lenguaje de programación y pseudocódigo en la comprensión de conceptos en física.

Como se describió en la sección 3.6.2, en esta categoría se analiza el lenguaje de programación de la RE para la comprensión de conceptos de física; para esto se tomaron en cuenta diferentes instrumentos para la recolección de la información como la bitácora de las estudiantes donde cada uno de los equipos plasmó lo que entendían por pseudocódigo; la entrevista semiestructurada en la etapa final por parte de ocho estudiantes, donde se evidencia el alcance de la comprensión del lenguaje de programación en relación con conceptos de la física y por último, la observación de las participantes a través de un registro audiovisual para identificar cómo se enfrentaban a cada una de las actividades planteadas. (Registro fotográfico de esta etapa se encuentra en el Anexo L).

Se resalta la opinión de los equipos luego de la participación en la elaboración de un algoritmo para dar solución a una situación de la vida cotidiana. En este punto las estudiantes tienen el primer acercamiento a la lógica de algoritmos como lenguaje para la programación, pues este “es un sistema articulado de signos” (Moreira, 2009, p.1), al igual que para Vygotsky el más importante conjunto de signos en el desarrollo cognitivo es el lenguaje, donde las estudiantes hacen uso de él para posteriormente resolver problemas relacionados con la física, a través de pseudocódigos en el *software* PSeInt (Figur 7). A continuación, se presentan algunos fragmentos de las participantes, relacionados con su comprensión sobre el manejo del software:

El “Representar un método que facilita la programación y solución del programa. También se caracteriza por ser una forma de representación, fácil de utilizar y de

manipular, que simplifica el paso del programa al lenguaje de programación, además de su independencia al código en el que se va escribir. Aprender a escribir pseudocódigo para la resolución de un problema de física permite hacer mucho más sencilla su programación en un lenguaje convencional”.

E2 *“Es una forma de expresar los distintos pasos que va a realizar un programa, de la forma más parecida a un lenguaje de programación o algoritmo, de la forma más detallada posible utilizando un lenguaje cercano al de programación”.*

E3 *“Se utiliza en ciencias de la computación siendo un lenguaje de algoritmos, análisis numérico. PSeInt es un software que facilita escribir algoritmos en este pseudolenguaje presentando un conjunto de ayudas y asistencias, brinda herramientas que ayuda comprender la lógica de la programación por medio de pasos. También ayuda a resolver problemas de matemáticas y principalmente física”.*

E4: *“Podemos utilizar los algoritmos para beneficiarnos creando soluciones a problemas de física de una manera más sencilla y moderna haciendo uso de las TIC”.*

En las expresiones resaltadas anteriormente, es claro que los equipos E1, E2 y E3 expresan que el *software* PseInt (Figur 7), es un programa fácil de utilizar y que brinda distintos elementos de ayuda que pueden ser utilizados para la aplicación de la lógica de códigos y configuración de algoritmos. Por otro lado, E2 y E3 mencionan la palabra algoritmos como lenguaje cercano a la programación; mientras E1 se refiere a pasos como secuencia lógica. También hacen mención a que por medio de este *software* la resolución de problemas de física puede ser más sencillo e innovador, así como lo señala E4

“Podemos utilizar los algoritmos para beneficiarnos creando soluciones a problemas de física de una manera más sencilla y moderna haciendo uso de las TIC”. Tal y como lo afirman Bentolila y Clavijo (2001), son modos de presentación de la información en el computador, facilitando en los alumnos la necesidad de intercambiar impresiones y comentarios, posibilita el abordaje de problemas y la resolución de problemas de física. Por otro lado, para Vygotsky el momento de mayor construcción de significados es cuando el estudiante se apropia del lenguaje y la manera como este converge con lo que se realice en la práctica, en este caso con la física.

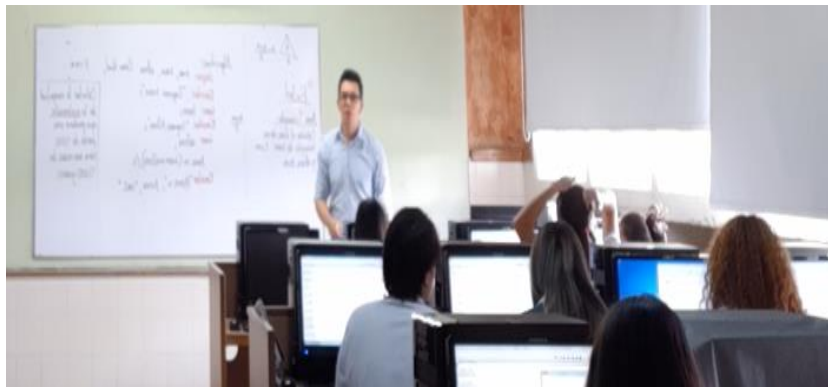


Figura 7. Orientación para programación en pseudocódigo (programa PSeint).

Las siguientes son las respuestas de los equipos que manifiestan el grado de satisfacción, luego de realizar las actividades relacionadas con la resolución de problemas a través de pseudocódigos en PSeInt donde debían encontrar la velocidad, aceleración o la resistencia; según la situaciones y magnitudes dadas en el problema (Anexo E):

El “Nos gustó mucho la actividad y aprendí también cómo resolver estos ejercicios de física”.

E2 “Nos pareció muy buena la clase, también se pueden hacer cosas en matemáticas con fórmulas y eso”.

E3 “Nos pareció al principio muy difícil, pero luego ya no”.

E4 “Nos parece muy chévere, nos deberían enseñar estas cosas más seguido en tecnología”.

De las opiniones anteriores se puede observar que las estudiantes resaltan cuánto les gustó la actividad realizada en dicho programa, encuentran diferente y divertido la posibilidad de solucionar problemas de física haciendo uso de herramientas tecnológicas; solo un equipo (E3) manifiesta que al inicio fue un poco complejo comprender dicho programa. Por otro lado, López y Andrade (2013) señalan que la motivación por medio de *software* que permiten la simulación de problemas reales logra que los estudiantes aprendan las temáticas de y para la robótica; en donde esta requiere de herramientas TIC que favorezcan la programación y construcción del prototipo.

En esta línea de discusión surge una pregunta acerca de la relación del pseudocódigo con la robótica y la programación, en donde se resalta la opinión de E1 y E2:

“Pues obvio, tiene todo que ver. Es así como se programa un robot por medio de pasos o mejor dicho códigos. Estos ejercicios que hicimos de física y que teníamos que resolver es lo mismo con las funciones que debe hacer un robot. Darle las instrucciones, pues la robótica necesita muchos componentes” (E1).

“Si, existe una relación, como tú nos dijiste antes, que este programa es como un lenguaje que se ayuda de las matemáticas para realizar funciones; y pues es lo mismo para un robot o lo que es lo mismo la robótica necesita de la programación”

para poder funcionar, porque de qué serviría un artefacto sin funciones. Sería algo quieto sin hacer nada” (E2).

De las opiniones anteriores se puede observar que las estudiantes resaltan la relación de la robótica con la programación en cuanto a que esta última es la que permite ejecutar al robot las funciones como moverse, mediante una sumatoria de códigos y/o algoritmos, permitiendo así la construcción de significados orientados a la física por medio de la secuencia lógica que ofrece la programación; esta hace parte de los elementos TIC de la robótica que permite la adquisición de conceptos básicos en el momento que el estudiante observa su aplicación (López y Andrade, 2013). Por otra parte la RE posibilita “que el sujeto tenga siempre presente que el sistema que desarrolla está formado por un conjunto de partes, las que cuentan con sus variables propias y específicas que se encuentran en constante interacción” (Monsalves, 2011, p.89).

A partir de las reflexiones realizadas por las estudiantes sobre la interpretación de lo que significa un pseudocódigo, algoritmo y la relación del lenguaje de programación, se explican los componentes más relevantes de Arduino (Figura 8), teniendo en cuenta la aplicación de esta placa como recurso innovador para la enseñanza y aprendizaje de la física en temas como mecánica, ondas, electrónica, entre otros; en donde proporciona recursos didácticos para la experimentación con material concreto (Carneiro et al, 2018). Desde la óptica de la RE, Paredes (2018) señala que esta “tiene por objeto poner en juego toda la capacidad de exploración y de manipulación del sujeto a partir de la construcción de significados” (p. 27).



Figura 8. Acercamiento a la programación de software Arduino.

Debido al lenguaje y los significados que fundamentan la programación, se enseñan conceptos mediados por el docente para la construcción del aprendizaje por parte de las estudiantes a través de la interacción entre ellas; de modo que se explica a los equipos cómo elaborar las líneas de código en el *software* (Figura 8), cómo se declaran variables, los códigos que van en la parte del *void setup*⁶ y las funciones que se describen en el *void loop*⁷, el proceso de intercambio de información que existe entre la máquina con el robot y se puntualiza en los fragmentos de código que señalan un concepto físico (Anexo J). Además, por medio del *software* de Arduino se logra potenciar en el alumno la construcción del conocimiento, promover el trabajo colaborativo, resolver problemas reales y alcanzar las competencias propias de la asignatura (Paz, 2007).

En relación con lo anterior, en la entrevista semiestructurada se identificaron algunos fragmentos que hacen alusión a lenguaje de programación, la conexión con la robótica y los conceptos de física que las estudiantes logran identificar, y se describen en la tabla 8.

Tabla 8. Representaciones de las estudiantes sobre la experiencia que tuvieron en diferentes momentos del desarrollo del MOPRE

⁶ Parte del código Arduino donde se configura inicialmente los distintos procesos que llevará a cabo el microcontrolador.

⁷ Parte del IDE de Arduino en el cual, cualquier secuencia de código se ejecutará un número infinito de veces.

Pregunta	Respuesta de las estudiantes
¿Cuál fue su experiencia con el lenguaje de programación con Arduino y lo visto desde el punto de vista del pseudocódigo (PseInt)?	<p>A1 <u>“Aprendí que basándose en la información que uno le aplique al computador por medio del Arduino el carrito desempeña las funciones y que depende de los códigos adecuados”.</u></p> <p>A2 <u>“Me parece que es importante porque uno no sabe en qué momento se pueda necesitar; y que con todos esos conceptos y todo lo que aprendimos quede para la vida y que alguna le guste tanto que lo estudie en un futuro”.</u></p> <p>A3 <u>“Pues a mí, me abrió la mente como para querer estudiarlo, porque realmente el tema me interesó bastante y pues, hablo por mi parte que me gustó lo que es el lenguaje de programación, ya que uno no entendía cómo funcionaban bien los prototipos robóticos y gracias a eso uno ve que hay un gran trabajo detrás de todo eso”.</u></p> <p>A4 <u>“A mí me pareció muy chévere cómo se podían hacer las operaciones básicas y las áreas y los problemas relacionados con la física y uno entiende más allá de lo que ve; ya aquí uno entiende cómo funciona el computador, cómo arroja los resultados tan rápido”.</u></p> <p>A5 <u>“Para mí fue una experiencia excelente porque nunca antes un profesor en este colegio nos había enseñado una base o algo básico de programación así con esa aplicación, ya que usted nos enseñaba con el ejemplo de las manzanas, los ejemplos aplicados a resolver los problemas de física de otra forma. Son cosas que a uno le llaman la atención”.</u></p> <p>A6 <u>“Por ejemplo yo he estudiado como en cuatro colegios y ninguno me habían enseñado algo de robótica, ni de programación; en tecnología siempre vemos las cosas básicas, los programas básicos como Word y todo eso, pero no cosas de programación y mucho menos cómo construir un carrito”.</u></p> <p>A7 <u>“Pues eso para nosotras fue algo nuevo, pero así con la práctica en varias clases se nos hacía cada vez más fácil. Por ejemplo, yo aprendí que esas cosas (la tecnología) no funcionan por sí solas, ya que tienen su propia forma de expresarse, darle órdenes. Los lenguajes de programación están en todo, las cosas no funcionan por sí solas, sino como que hay que ponerlas a funcionar y cada una maneja un diferente lenguaje, pero poco a poco aprendemos el de cada aparato”.</u></p> <p>A8 <u>“La experiencia fue buena porque no sabía nada, no sabía cómo manejar eso, antes si me había dado muy duro. Si en algún momento necesito algo, puedo poner en práctica lo de programación porque eso ahora se está usando mucho”.</u></p>
¿Ustedes creen que la programación ayuda a resolver problemas de la vida cotidiana?	<p>A1 <u>“la programación puede ayudar más que todo en experimentos que uno necesite para poder saber cuál es la función que va desempeñar el objeto que uno desee construir”.</u></p> <p>A2 <u>“pues sí, digamos que el carro robótico de nosotras que esquiva obstáculos, en un futuro se puede hacer un carro a mayor escala y funcionaría como un carro de rescate, que pueda detectar que hay personas y por supuesto todo esto necesita de programación”.</u></p> <p>A3 <u>“sí facilita la parte de los cálculos”.</u></p> <p>A4 <u>“no solo se pueden hacer problemas de física o aplicarlo a lo de los robot, sino que se puede hacer para matemáticas o como nos dijiste una vez también para contabilidad y esas cosas”.</u></p>
A partir de lo poco que se vio en programación ¿qué conceptos físicos le ayudó a usted a aprender?	<p>A1 <u>“Se aplicó las medidas de las distancias, desde el punto de vista del sensor ultrasónico mediante las ondas del sonido que captaba el sensor. También aprendí que el sensor se llamaba ultrasónico por que captaba sonidos y frecuencias el hombre no alcanza percibir”.</u></p> <p>E2 <u>“por ejemplo la distancia y el tiempo el robot tenía cierto tiempo para medir la distancia del obstáculo para devolverse”.</u></p> <p>A4 <u>“El proceso de programación le ayuda a recordar las fórmulas que vio dentro de la clase, ya que hay que desglosar una fórmula parte por parte, en variables para poder arrojar el resultado; pues en este caso uno le daba la orden directa”.</u></p> <p>A5 <u>“Se aplican en todos los aspectos de la vida por ejemplo en los celulares, ahí se aplica la robótica, en todo tipo de artefacto tecnológico, ya que la robótica va de la mano con la física y la ciencia”.</u></p>

A6 “Ayuda a comprender mejor las cosas porque es algo más práctico, no es lo típico que le enseñan a uno normal, conceptual, es algo más práctico que uno puede poner en práctica en la vida diaria como para construir un carrito robótico y muchas otras cosas”.

A7 “Por ejemplo el robot de nosotras que era un esquivador de obstáculos, nosotras sabíamos que el sonido es una onda, pero con esto pudimos saber cómo funciona, cómo a partir de eso puedo hacer que en este carro pueda funcionar”.

A8 “Más o menos, porque física casi no me da la cabeza, pero uno más o menos va avanzando y sabe que lenguaje o qué código es el más apropiado para carro o la aplicación para que el carro se pueda mover; a nosotras por ejemplo nos tocó el bluetooth. El concepto de física que se puede ver aplicado en este caso sería la fuerza para poder arrancar el carro y también se aplica las ondas”.

De acuerdo con las expresiones de las estudiantes presentadas en la Tabla 8, se puede identificar que se cumple con lo que afirma Monsalves (2011), en relación que a través del lenguaje de programación y posterior que el docente enseñe los conceptos básicos, la RE permite la simultaneidad entre estos para que el estudiante desarrolle confianza y convierta el aprendizaje en algo que disfruta y estimula a realizar procesos de mayor complejidad, tomar decisiones de manera simple y que construya finalmente un conocimiento propio a través de los significados adquiridos debido a la interacción con diferentes actores. Se pudo observar que a partir de la experiencia con el lenguaje de programación en Arduino y con el pseudocódigo en Pseint, las estudiantes lograron establecer una relación directa con la física en cuanto a que se pueden “resolver los problemas de física de otra forma” (A4 y A5); así como A4, A5 y A8 manifestaron el gusto y el disfrute y A1 aprendió las funciones que ofrece el software. Por otro lado, A2 resalta la importancia del aprender el lenguaje de programación para la vida; A3, A5, A6 y A7 por ejemplo lo encuentran como un elemento innovador en la enseñanza de la física y que en la actualidad es de gran relevancia; se resalta la opinión de A4, A5 y A8 donde se identifica que el lenguaje de pseudocódigo facilita la resolución de problemas, permite hacer cálculos más rápidos (A3) y sobre todo lo

encuentran unido a la parte de la robótica como una fuerte aplicación con el contexto cotidiano.

En la tercera pregunta relacionada con los conceptos de física aprendidos luego de la interacción con el lenguaje de programación se evidencia que la gran mayoría de las estudiantes (A1, A2, A3, A7 y A8) identifican por lo menos un concepto, como distancia, frecuencia, tiempo, fuerza y el más relevante en sus respuestas es: ondas; mientras A4 señala que aprendió a recordar fórmulas de física que se usan para resolver problemas y A5 menciona cómo la robótica va de la mano de la física y de la ciencia.

A partir de lo anterior puede concluirse para esta categoría sobre el papel del lenguaje de pseudocódigo de la RE, que las estudiantes presentan una comprensión de conceptos físicos producto del acercamiento a la programación en el intercambio de significados que conlleva el lenguaje como mediador en la interacción durante las actividades propuestas; ya que el aprendizaje en ciencias, en este caso de la física requiere apropiarse de una forma de construir con el lenguaje el significado de un concepto (González y García, 2016) y en este sentido es importante resaltar que Vygotsky (1988) citado en Moreira (2009) relaciona el lenguaje no solo como el instrumento que comunica, sino también el que orienta a la observación y ayuda a estructurar el pensamiento.

4.3 Características de la RE para la construcción de significados.

Para el análisis de esta última categoría se tuvo en cuenta principalmente la entrevista semiestructurada y el diario de campo de los investigadores, así como el de las estudiantes; también algunos fragmentos del registro audiovisual y la exposición que ellas realizaron en el desarrollo del MOPRE.

Inicialmente, se identifican algunas características debido a los conocimientos previos de las estudiantes sobre robótica a partir de una actividad que permitió la negociación de significados en relación a esta. Para esto construyen una lista en conjunto (Figura 9), en donde asocian una palabra a lo que ellas creen que hace alusión robótica, algunas de estas fueron: crear, innovar, inteligencia artificial, conexiones, automático, nanotecnología, facilitar, tecnología y futuro; al igual se resaltan mecánica y circuitos, ya que son conceptos de la física. Luego cada equipo construye una definición teniendo en cuenta lo anterior.



Figura 9. Acercamiento al concepto de robótica (prueba diagnóstica).

E1 “*la robótica se podría definir como la combinación entre mecánica, electricidad y programación que se encarga de crear, innovar y facilitar la vida diaria con la inteligencia artificial según las necesidades del hombre”.*

E2 “*La robótica es una estructura de la tecnología que tiene sistemas combinados de inteligencia artificial que tiene un desarrollo creativo, evolutivo y tecnológico avanzado para la construcción de robot y aparatos que ayudan al hombre”.*

E3 “*La robótica es la creación de robots y aparatos innovadores por medio de la mecánica y la tecnología de la comunicación combinando la electrónica y la*

programación con el fin de innovar y facilitar las necesidades humanas para mejorar la calidad de vida”.

E4 “*Es una ciencia o rama de la tecnología que se relaciona con la mecánica, la electrónica y la programación, estudia el diseño y la construcción de aparatos inteligentes”*

De acuerdo con lo anterior, se puede identificar que la primera característica de la robótica como herramienta educativa, es que guarda relación con la mecánica, la electricidad y la programación (E1, E2 y E4), así como con la tecnología que contribuye en el desarrollo innovador y creativo (E3). La segunda está enfocada a la aplicación que tiene la robótica en contextos cercanos a las estudiantes, por ejemplo:

E1 “*diseño y construcción de máquinas que logran desempeñarse en tareas específicas dadas por el ser humano ayudándolo en todo lo que él necesita*”.

E2 “*ayuda a las personas en su vida cotidiana permitiendo interactuar con artefactos tecnológicos*”.

E3 “*es utilizada para cumplir diversas órdenes, entre las cuales se destacan la realización de tareas funcionales, informar, educar y comprender, la más importante es ayudar y asistir a los niños, ancianos y personas discapacitadas”*

Aunque los equipos opinan que la robótica es utilizada para realizar tareas y ayuda al hombre de diferentes formas, también permite interactuar con *artefactos tecnológicos* (E2, E1) y hacen mención a la asistencia para *niños, ancianos y personas discapacitadas* (E4); es decir, tienen una mirada amplia de la aplicación que esta tiene en diversos contextos, pero no se ubican desde las potencialidades de la robótica para solucionar problemas

relacionados con la física. Pero en el momento en que se aborda de manera puntual en cuanto a las áreas que aportarían al desarrollo del proyecto con robótica, las respuestas fueron: para E1 *Química, física, matemáticas y biología*; E2 *física, mecánica y matemáticas*; E3 *física, tecnología y ciencias naturales* y E4 *física, matemáticas, química y mecánica*. Por lo anterior se logra observar que cuando la pregunta es puntual referente al área del saber, las estudiantes dan cuenta de la relación predominante que existe con la física, luego con la matemática y solo un equipo (E3) se refiere a tecnología.

Ahora bien, se realiza un experimento de circuitos (Figura 10) para su comprensión donde las estudiantes hacen una observación constante de lo que sucede en el fenómeno, con el fin de identificar algunos elementos importantes para la construcción de una serie de conceptos relacionados con dicha temática. Se hace con una breve explicación del manejo de la protoboard y las herramientas que se necesitan para formar el circuito. Luego, los equipos interactúan con los materiales como la batería, cables, leds y resistencias que ubican de forma estratégica para que la corriente circule y se complete el circuito haciendo uso de la batería e identificando su importancia. Durante toda esta actividad de construcción y comprensión, las estudiantes dan cuenta desde la mirada de la física el fenómeno, la definición de circuito, el papel que representa la corriente, el voltaje y la luminosidad del led, que se describe en la tabla 9.

Tabla 9. *Concepciones de la física por parte de las estudiantes en la orientación del montaje de un circuito.*

Pregunta	Respuesta de los equipos
¿Desde el punto de la física que sucede en el fenómeno?	E1 <i>“si las bombillas están conectadas en paralelo, las corrientes a través de las bombillas se combinan para <u>formar la corriente</u> en la batería”</i> . E2 <i>“La <u>energía</u> que se transporta por el circuito”</i> .

	E3 “ <i>Se comparte y se transmite <u>energía</u>”.</i>
	E4 “ <i>La <u>emisión de luz visible</u> que se da a través de los leds”.</i>
¿Mencione una definición de lo que usted cree que es un circuito?	E2 “ <i>Una serie de elementos que se dan en escala y que comparten energía, es como si estuvieran <u>conectadas entre sí</u>”.</i> E3 “ <i>Una <u>serie de sucesos</u> que se van llevando para que ocurra una cosa”.</i> E4 “ <i>Es un <u>proceso de varias cosas</u> para que pueda funcionar correctamente un sistema”.</i>
¿Diferencia circuito en serie y paralelo?	E1 “ <i>Un <u>circuito en serie</u> es muy diferente al circuito en paralelo y es más complicado, porque la electricidad tiene una sola vía para pasar por el circuito. Los <u>electrones</u> solo pueden seguir un mismo camino que pasa por todas partes”.</i> E2 “ <i>En <u>serie</u> todos dependen de todos. Porque si uno no funciona los demás tampoco y en <u>paralelo</u> es cuando nunca se conectan entre sí, un lado de la <u>corriente</u> no depende de otro para poder encender la luz”.</i>
¿Qué papel representa el voltaje y la corriente en el circuito elaborado?	E3 “ <i>La <u>corriente</u> es lo que pasa por ahí, es como la <u>energía</u> supongamos que transita y el <u>voltaje</u> es lo que empuja a las partículas de energía que están en la corriente”.</i> E4 “ <i>El <u>voltaje</u> es la potencia que tiene la energía y la <u>corriente</u> es la energía que pasa por todas partes, así como la electricidad por los cables de luz”.</i>
¿De qué depende la luminosidad del led?	E1 “ <i>Con un <u>led</u> es la cantidad de corriente que fluye a través de qué determina su brillo. El <u>aumento de la tensión</u> aumenta la corriente, sí, pero la región en la que ocurre sin llegar demasiado, es muy pequeña”.</i> E2 “ <i>De la <u>corriente</u>, pero el voltaje lo reparte por todo el circuito”.</i> E3 “ <i>De la <u>cantidad de la corriente</u>”.</i> E4 “ <i>Depende del voltaje. Porque si hay muchos led conectados alumbran menos que si solo estuvieran uno o dos”.</i>
¿En dónde podemos ver aplicado los circuitos en serie y paralelo?	E1 “ <i>En una tostadora, lámpara, un <u>secador de pelo</u>, una plancha, un computador y un horno”.</i> E2 “ <i>En las <u>luces navideñas</u> las carreras de obstáculos, es cuando hay un equipo en una carrera de relevos, entonces depende de todos para ganar o completar la carrera”.</i> E3 “ <i>En las <u>farolas de los carros</u> y en los semáforos”.</i> E4 “ <i>En los <u>bombillos de la habitación</u> son circuitos en paralelo y cuando en un barrio se va la luz y en el otro no y eso de ver a la distancia todo chévere”.</i>

A partir de las reflexiones previas realizadas por los equipos luego de interactuar y observar el fenómeno, las estudiantes socializan de forma continua sus apreciaciones; pues como bien se sabe la construcción de significados parte de la interacción social que surge gracias al trabajo en conjunto para la negociación y comprensión de conceptos de física. Los equipos identifican que el fenómeno que ocurre en el circuito es la energía eléctrica (E2 y E3) debido al movimiento de electrones; E2, E3 y E4 definen el circuito como una

serie de sucesos conectados entre sí que transporta energía; se observa que E1 y E2 encuentran una diferencia común entre un circuito en serie y paralelo, vinculando el concepto de corriente y electricidad; por otro lado E3 y E4 señalan que la corriente es la energía que pasa y el voltaje es el que empuja a los electrones. De las anteriores afirmaciones se logra identificar que los equipos hasta el momento reconocen los conceptos más relevantes relacionados con los circuitos al igual que la aplicación que este tiene en la cotidianidad, así como en el secador de cabello (E1), las luces de navidad (E2), las farolas de los carros (E3) y los bombillos de las habitaciones (E4). Por tanto, el estudiante negocia significados a partir de la observación y valoración de aspectos de la realidad que son comunes, “desarrollan sus propias estrategias de aprendizaje, señalan sus objetivos, al mismo tiempo se responsabilizan de qué y cómo” (Paredes, 2018, p. 62). Asimismo, la robótica, a la luz del referente teórico, favorece el desarrollo cognitivo mediante la interacción social durante los procesos educativos de carácter activo, participativo y cooperativo de los estudiantes (Paredes, 2018), para la formulación y construcción de significados de física como los mencionados previamente.

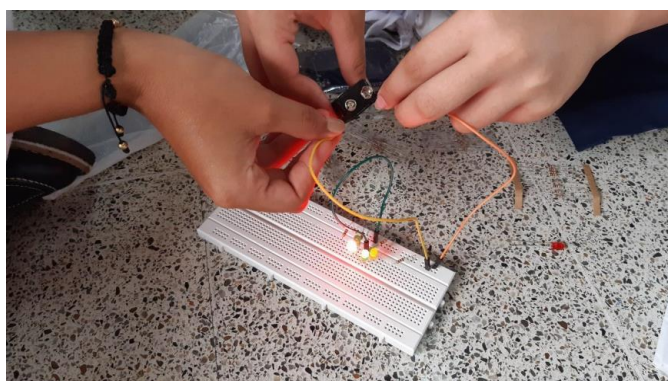


Figura 10. Orientación de montaje de un circuito.

Como etapa final se eligieron dos preguntas (entrevista semiestructurada, anexo B) que permitieron caracterizar la robótica como herramienta para la construcción de significados

fundamentales para el análisis de esta categoría, e indagaban sobre el trabajo colaborativo evidenciado durante toda la propuesta y la valoración de la experiencia de la robótica en la enseñanza de la física. Las respuestas se presentan en la tabla 10.

Tabla 10. *Características de la RE en el trabajo colaborativo y para la enseñanza de la física.*

Pregunta orientada a la caracterización	Respuesta de estudiantes
¿Crees que el trabajo colaborativo fue importante durante el proyecto?	<p>A1 “Sí, porque al ayudar todas, cada una pone su forma de pensar de las cosas que se están haciendo”.</p> <p>A2 “Cada una con una función asignada, <u>el trabajo fue más fácil y más ameno</u>; entonces no todas éramos mirando o haciendo lo mismo, si no que cada uno <u>desempeñaba su rol con responsabilidad</u>”.</p> <p>A3 “Primero <u>es la base de cómo realizar bien las cosas</u>, realmente muchas como no sabían muy bien cómo hacerlos y se apoyaban en otras para poder realizar mejor el trabajo. Entonces pues el trabajo de otras personas también <u>influyó mucho en la mejora del salón como tal en la parte de robótica</u>”.</p> <p>A4 “<u>Todas nos complementamos por ejemplo cuando no sabíamos armar el circuito, prender el led, siempre nos colaboramos entre nosotras</u> cuando usted estaba ocupado, algunas ya sabían y nos hacíamos varias preguntas entre nosotras”.</p> <p>A5 “<u>A mí me aportó en varios aspectos</u>, ya que usted pudo ver el proceso en varios de mis trabajos, y todo eso; que a mí no me gusta trabajar en equipo, principalmente me gusta hacer las cosas sola porque en muchas ocasiones no me gustan como las demás hacen las cosas, ya que varias personas me han dicho que si no es a mi modo a mí no me gusta nada. <u>Me ayudó a aceptar más la forma de trabajar del otro y aceptar la forma de cada uno y hacerlas mediante distintas actividades</u>”.</p> <p>A6 “A mí me aportó que todas nos complementamos entre sí, entonces no era como que una lo hiciera todo, sino que <u>todas aportamos algo al trabajo, nos ayudábamos y todas aprendimos</u>”.</p> <p>A7 “Sí, porque muchas cosas uno no es capaz de hacerlo solo, se le dificulta más, entonces <u>cuando trabajamos en equipo nos dividimos diferentes roles, cada una tenía que cumplir una función para que ese robot al final del trabajo pudiera funcionar</u>”.</p> <p>A8 “A mí sí me aportó mucho, porque cuando la profesora Mónica definió los roles como la supervisora, la jefe de campo y todo eso, <u>cada una hacía su parte pero todas nos ayudábamos</u>”.</p>
¿Cómo valora la experiencia de la robótica en la enseñanza de la física?	<p>A1 “A mí me parece que sí, pues hace rato veníamos viendo fórmulas que se necesitan para <u>distancias, para tiempo, velocidad, medidas</u> y todo; esto me puede servir para saber también si tengo vocación para esto y estudiar algo que tenga que ver con física y robótica me puede servir”.</p> <p>A2 “yo creo que sí, porque muchas veces <u>los conceptos se ven más teóricamente en cambio así con la parte de la robótica es un método distinto</u>. Por ejemplo, <u>yo aprendo más fácil ya que estoy haciendo cosas aplicadas a la física, no simplemente copiando y prestando atención</u>”.</p> <p>A3 “Es una nueva forma de explicar lo que es la física, que ya no es la misma teoría de siempre, monótono, sino que es distinto, o sea, te enseña de una forma más movida de algo</p>

que te atrae; a mí me atrajo todo lo que es la programación como tal, porque es como tan distinto, pero a la vez como tan a la mano de lo que es la física. Por eso me gustó mucho”.

A4 “Creo que durante las clases uno siempre era siguiendo la fórmula para resolver un problema, pero no siempre se veía la práctica, en cambio con la robótica uno ya tenía que mirar los lados positivos, los negativos, calcular, estar pendiente, y así sucesivamente”.

A5 “Claro que sí, es un tema que se aplica en la vida diaria; dependiendo de lo que vayamos a hacer en cualquiera de los aspectos, siempre lo vamos a estar aplicando por ejemplo en el celular, usando el portátil, todo eso. Nos ayuda a tener un pensamiento más cerca de lo que podemos hacer con la robótica para los seres humano”.

A7 “Por ejemplo uno muchas veces en clase hay temas que uno solo ve por obligación y siento que nunca lo voy a necesitar en la vida; pero ya con la robótica, vemos cómo todos esos conceptos en realidad sí nos sirven para algo y no nos van a servir solamente para pasar el año y ya, solo por ver el tema. Entonces es como ver el tema y ponerlo en práctica de una manera creativa. A mí me gustaría ver robótica desde el primer periodo y más que todo desde el punto de vista de un proyecto, porque yo veo esto más que todo como un examen, pues ya que uno no tiene que estudiar para un examen o algo como tan teórico, se puede evaluar por parte de un robot o algún prototipo robótico, es algo que nos motiva ya que es algo más creativo”.

A8 “Si me parece importante, pues las clases de física unas veces me parecen muy aburridas, pero con la robótica y todo eso uno va aprendiendo y la clase se vuelve más creativa. Uno aprende mucho de estas cosas y lo motiva a uno a venir bien feliz a la clase. Me gustaría que empezáramos desde el primer periodo realizando un robot para aplicar las fórmulas que se ven en clase”.

En cuanto al trabajo colaborativo que posibilita la robótica, Ruiz y Velasco (2007) y Odorico (2004) coinciden en que la RE se fundamenta en la participación activa de los estudiantes, generando aprendizaje a partir de la propia experiencia durante el proceso de construcción del robot; así como para Vygotsky, el trabajo en conjunto o interacción social, es el centro para la construcción del conocimiento del estudiante, donde intervienen diferentes instrumentos que posibilitan el desarrollo cognitivo. Se logra observar que las estudiantes evidencian desde su experiencia el papel que desempeñó el trabajo en equipo durante la implementación del proyecto, el cual posibilitó el alcance de sus objetivos, que era construir e interactuar con su robot ya terminado y mostrarlo a la comunidad educativa. Todas las estudiantes describen que el trabajo fue más sencillo realizado de este modo, A7 y A8 encontraron gran importancia en los roles y la responsabilidad como lo

desempeñaron, A4 y A6 rescatan la ayuda que se brindaron y el aprendizaje alcanzado; además, se resalta la opinión de dos estudiantes: una de ellas señala que el trabajo colaborativo es la base para hacer bien las cosas y que la realización de la investigación influyó en mejorar el ambiente dentro del grupo (A3), y la otra estudiante reconoce que le sirvió para aceptar que el trabajo en equipo no siempre es malo y que puede aprender de las demás (A5). (Registro fotográfico de esta etapa se encuentra en el Anexo M).

Es valioso reconocer que las estudiantes encuentran significativa la experiencia de la robótica en la enseñanza de la física, ya que permite evidenciar que logran observar a esta estrategia como un componente diferente y creativo para abordar la enseñanza. A1 reconoce los conceptos de distancia, tiempo, velocidad y medida en la construcción del robot, A1, A3 y A4 por su parte veían la física como aburrida, teórica y poco práctica y con la robótica esto cambió, pues le permite aprender más fácilmente y lo que reflejan en el momento que identifican muchos de los conceptos que vieron en años anteriores, por otra parte, A7 y A8 sugieren que este proyecto se debe llevar a cabo desde inicio del primer periodo.

De las consideraciones expuestas anteriormente y como conclusión de esta última categoría, surgen elementos de gran importancia para caracterizar la robótica como una herramienta educativa para la construcción de significados en física. En primer lugar, las estudiantes puntualizan la importancia del trabajo colaborativo en cada una de las actividades realizadas, que favorece el aprendizaje; segundo, logran realizar una conceptualización a partir de su propia experiencia, ya sea desde la observación de fenómenos o la elaboración misma del robot para lograr la construcción de un conocimiento, teniendo en cuenta la robótica como herramienta TIC para la enseñanza, y

por último se resalta que las estudiantes relacionaron la física con la RE y los diferentes conceptos que allí se logran aplicar desde el concepto mismo y en la vida cotidiana.

A partir de los resultados expuestos en cada una de las categorías de análisis, se considera que la propuesta de enseñanza a partir del modelo MOPRE favoreció en las estudiantes la construcción de significados relacionados con la física, producto de la interacción social en cada una de las etapas señaladas en la implementación de la investigación. Además, dichos resultados permitieron dar respuesta al planteamiento del problema de este trabajo, al identificar la RE como una herramienta TIC que favorece los procesos de enseñanza de forma creativa, innovadora para el desarrollo de habilidades como la toma de decisiones y cómo contribuye a la comprensión de conceptos físicos a través del lenguaje de programación como mediador.

5. Consideraciones finales

En este capítulo se presentan las principales conclusiones en relación con la pregunta de investigación y los objetivos de este trabajo; luego de hacer la implementación de la propuesta de enseñanza y realizar el análisis de la información recolectada con el propósito de dar a conocer cómo la interacción social favorece la construcción de significados en física a partir del modelo MOPRE; asimismo, se describen algunas consideraciones para futuras investigaciones.

5.1 Conclusiones

En el presente trabajo se expone la contribución que hace el uso de la Robótica Educativa para la enseñanza de la física. En primera instancia, se resalta el proceso de negociación de significados que tuvo lugar durante la implementación del modelo MOPRE, y que fue producto del trabajo colaborativo efectuado en cada una de las etapas, favoreciendo la capacidad de organización, investigación, planificación de estrategias para la toma de decisiones, de dar respuesta ante dificultades en la construcción y programación del robot de forma creativa, y a problemas relacionados con fenómenos físicos en el intercambio de conceptos. Asimismo, se estimula el desarrollo de habilidades enfocadas al trabajo colectivo en el momento que el estudiante se encuentra motivado a lograr el desarrollo del prototipo, siendo consciente del proceso de aprendizaje vinculado con la RE y la física en cada una de las etapas que propone este modelo.

Por otra parte, Vygotsky como referente teórico para el diseño de la propuesta de enseñanza enfocada a la comprensión de conceptos físicos, señala la importancia de la negociación de significados producto de la interacción social generada en cada una de las actividades planeadas. El proceso de formulación y planificación del proyecto ayudó a que

las estudiantes identificaran conceptos relacionados con la física y la robótica, debido a que eran ellas las que elaboraban las propuestas para construir y desarrollar un prototipo robótico; identificar características de los circuitos eléctricos, el funcionamiento de los sensores y cómo estos se aplican a contextos cercanos a ellas. De la misma manera, la comprensión de todo el proceso que se requiere para la construcción de un robot, desde la toma de decisiones, el lenguaje de programación, establecer roles y negociar significados respecto a la física y a la robótica como herramienta TIC, permitió que las estudiantes establecieran una mejor relación entre sus saberes previos, y aquellos conocimientos que pusieron en juego durante la planificación, diseño y organización, necesarios para la construcción y programación del robot.

Esta herramienta TIC favoreció que las estudiantes durante la socialización a la comunidad educativa de cada uno de los prototipos elaborados, divulgaran los conocimientos construidos y adquiridos durante toda la investigación, dando cuenta de la apropiación de cada uno de los elementos, conceptos relacionados con la física, puntualizando en el funcionamiento del sensor y el papel que representa en el robot; y respondiendo con propiedad a cuestionamientos planteados por docentes y estudiantes.

Por otro lado, el papel del lenguaje de programación y de pseudocódigo fueron de vital importancia para la comprensión de conceptos de física, permitiendo un acercamiento a la lógica que se aborda en las líneas de código como una sucesión de algoritmos que facilita la solución de problemas a través del programa PSeInt. Se logró identificar que las estudiantes tuvieron mayor motivación y apropiación cuando dichos problemas se plantearon orientados a la física. Lo mismo sucede con el uso del software Arduino, como un elemento diferenciador para el aprendizaje de conceptos más específicos de la física; ya que a través

de éste se realizó la programación del robot, las estudiantes se enfrentaron a códigos más complejos; pero se evidenció que el interés fue mayor en el momento de abordar el lenguaje propio de cada sensor y finalmente las estudiantes realizaron una reflexión resaltando el papel del lenguaje de programación como un elemento didáctico y como una herramienta TIC que facilita el aprendizaje de conceptos de física.

Cabe resaltar que algunas características de la RE que potencializan la construcción de significados en física son la motivación, creatividad y el interés que despierta en las estudiantes por ser una herramienta TIC; que permite la mediación continua entre ellas gracias a la interacción social durante los momentos de la implementación, favorece el aprendizaje de conceptos construidos durante la observación y la exploración de fenómenos reales desde una mirada científica y por último, fortalece la toma de decisiones en el intercambio mediado por el lenguaje que se genera entre los equipos y el docente en la construcción y programación del prototipo.

Por último, se destaca que el uso de la RE para la enseñanza de conceptos físicos contribuye en gran medida el aprendizaje del alumno en tanto se logra una mayor comprensión de significados relacionados con dicha ciencia. Además, con la robótica como herramienta TIC se pueden proponer nuevas situaciones donde el estudiante sea partícipe en la construcción de su propio conocimiento a partir del lenguaje como mediador en la interacción social; así mismo, permite que otras áreas se vinculen en el proceso de aprendizaje siendo esto de gran utilidad para el afianzamiento y construcción de conceptos en el desarrollo de proyectos desde una mirada transversal.

5.2 Recomendaciones

Teniendo en cuenta el desarrollo de la presente investigación y de los resultados obtenidos en la misma, a continuación, se realizan algunas recomendaciones con el propósito del mejoramiento de futuras propuestas de implementación para la comprensión de conceptos de la física.

La primera recomendación va encaminada al rol del docente, pues se hace necesario que éste tenga un buen dominio de las herramientas tecnológicas, sobre todo orientado al pseudocódigo, los diferentes *softwares* que existen y los tipos de lenguaje de programación que se vinculan con la robótica. Además, debe tener claro los procesos de inducción que se deben realizar con los estudiantes para que logren comprender la lógica que tienen las líneas de código e identificar cuál de ellas se relaciona de manera directa con conceptos físicos. Primero se debe explicar qué es un código y hacer diagramas de flujo, luego desde el programa PSeInt acercar al alumno a un lenguaje en pseudocódigo para comprender los conceptos fundamentales de los algoritmos con instrucciones sencillas e intuitivas; posteriormente familiarizarlo con la programación por bloques que permite hacer simulaciones con robot y demás situaciones reales, ambas en español; y por último abordar la programación desde el *software* Arduino que requiere ciertos conocimientos previos en cuanto a la lógica de cómo abordar los códigos y que suele ser compleja por estar en inglés.

La segunda recomendación está orientada hacia los conceptos básicos que un estudiante de la media académica debe saber sobre electrónica; de no ser así el docente debe tomarse el tiempo suficiente para abordar de manera estratégica actividades que permitan al estudiante dicha conceptualización, ya que es importante que para cada uno de los momentos requeridos en la construcción del robot, el estudiante sea consciente de lo que

está haciendo y cómo esto se relaciona con la física; pues la robótica, desde una perspectiva educativa tiene como propósito el aprendizaje.

Por último, se recomienda a los docentes en el ejercicio de futuras investigaciones y en pro de su formación, abordar la enseñanza de la física por medio de la Robótica Educativa como herramienta TIC, se realice por medio de proyectos transversales; es decir, que no sólo la física intervenga, sino que también diversas áreas de conocimiento converjan entre sí, para que el estudiante desarrolle diversas capacidades y competencias a través del trabajo colaborativo para la construcción de significados que contribuyan a su formación.

Como perspectivas de futuras investigaciones, se considera que la implementación de la RE puede fortalecer la enseñanza de la física y de otras ciencias que se integran en la solución de problemas que contemplen la construcción de prototipos robóticos; por tanto, se sugieren como posibles preguntas de investigación: ¿Cuál sería la contribución de una propuesta de enseñanza en ciencias con RE a partir de la construcción de proyectos transversales? ¿De qué manera el estudiante aprende conceptos relacionados con la física si se aborda la programación como eje principal de la robótica?

6. Referencias bibliográficas

- A, Soriano., L, Marín., R, Juan., J, Cazalilla., A, Valera., M, Vallés., P, A. (2013).
Plataforma robótica de bajo coste y recursos limitados basada en Arduino y
dispositivos móviles. 3, 9. <https://doi.org/10.1524/ncrs.1997.212.jg.485>
- Aguilar, M. (2012). Aprendizaje y tecnologías de información y comunicación: Hacia
nuevos escenarios educativos. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y
Juventud*, 11(2), 28. <https://doi.org/10.1179/143307507X196626>
- Alimisis, D. (2015). Automatic detection of bad programming habits in scratch: A
preliminary study. *Themes in Science & Technology Education*, 2015-
Febru(February), 63–71. <https://doi.org/10.1109/FIE.2014.7044055>
- Arlegui, J., Menegatti, E., Moro, M., & Pina, A. (2008). Robotics, Computer Science
curricula and Interdisciplinary activities. *Workshop Proceedings of SIMPAR*, 10–21.
Retrieved from
http://www.terecop.eu/downloads/simbar2008/arlegui_menegatti_moro_pina_final.pdf
- Atmatzidou, S., Markelis, I., Dimitriadis, S. (2008). The use of LEGO Mindstorms in
elementary and secondary education: game as a way of triggering learning. En
*Workshop Proceedings of SIMPAR 2008 Intl. Conf. on On Simulation, Modeling and
Programming for Autonomous Robots*, pp. 22-30.
- Ausubel, D.P (1976). *Psicología Educativa. Una perspectiva cognitiva*. Ed. Trillas. México.
- Baquero, J. T., Bland, C. R., Mart, R., Castelblanco, Y., Hern, C. A., Mar, A., ... Mas, C.
F. (2007). Instituto Colombiano Para El Fomento De La Educación Superior – Icfes-
Fundamentación Conceptual. 105.

- Bautista C., N. (2011). Proceso de la Investigación Cualitativa: Epistemología Metodología y Aplicaciones. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, pp. 1689–1699). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Bentolila, S., & Clavijo, P. (2001). La computadora como mediador simbólico de aprendizajes escolares: análisis y reflexiones desde una lectura vigotskiana del problema. *Fundamentos En Humanidades*, (3), 109–143.
- Bonilla Castro, E., & Rodríguez Sehk, P. (1995). Más Allá Del Dilema De Los Métodos.
- Bravo Sánchez, Flor Ángela; Forero Guzmán, A. (2012). La robótica como un recurso para facilitar el aprendizaje y desarrollo de competencias generales. *Teoría de La Educación. Educación y Cultura En La Sociedad de La Información.*, 13, 12' – 136.
- Brito, K. Y. U. (2009). Experimento: Una Herramienta Fundamental Para La Enseñanza De La Física. *Noviembre*, 4(1), 35–40.
- Cahnspeyer, M. F. (2019). Guía de orientación Saber 11 2019-2. 12. Retrieved from <https://www2.icfes.gov.co/documents/20143/193560/Guia+de+orientacion+de+saber+11-2019+-+2.pdf/8e305a8c-61fb-411e-4a2d-1fc4abe1f520>
- Calderón Morales, M. Á. (2015). Diseño e implementación de un brazo robótico basado en la plataforma arduino, orientado para prácticas en el laboratorio de hardware. Tesis, (Proyecto de factibilidad técnica, económica y financiera del cultivo de ostra del pacífico en la parroquia manglaralto, cantón santa elena, provincia de santa elena), 121. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.90.4.644>
- Capuano, V. (2011). El uso de las TIC en la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Virtualidad, Educación y Ciencia*, 2(2), 79–88.

- Carneiro, Moreira; Cavalcante, Marilton; Vieira, Francisco; Oliveira, F. (2018). Contribuições do Arduino no ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 15(2), 2017–2019. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.3.66178>
- Carrillo, L., & Flores, F. (2014). La robótica en la enseñanza de la física en el bachillerato. *Latin American Journal of Science Education*, 1, 1–12.
- Cavalcante, M., Rodrigues, T. y Bueno, D. (2014). Controle Remoto: observando códigos como Arduino (parte 2 de 2). *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 31 (3), 614-641.
- Chavarría, M., & Saldaño Mella, A. (2010). La robótica educativa como una innovativa interfaz educativa entre el alumno y una situación-problema. *Didáctica y Educación*, 2(2), 1–12. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4227111&info=resumen&idioma=SPA>
- Cisterna Cabrera, F. (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. *Theoria*, 14(1), 61–71.
- Corchuelo Sanchez, M. (2015). Propuesta de lineamientos para el desarrollo de ambientes de aprendizaje en robótica a través del estudio de experiencias. Universidad de La Sabana.
- D'Ausilio, A. (2012). Arduino: A low-cost multipurpose lab equipment. *Behavior Research Methods*, 44(2), 305–313. <https://doi.org/10.3758/s13428-011-0163-z>
- Educativa, D. d. (2011). Guía Didáctica para el responsable del Programa de Robótica Educativa. Sinaloa.

- Escudero, C., Gonzalez, S., & Garcia, M. (2016). Resolución de Problemas en el Aula de Física: Un análisis del discurso de su enseñanza y su aprendizaje en nivel medio. *Investigações em Ensino de Ciências*, 4(3), 229-251.
- Farías, L., & Montero, M. (2005). De la transcripción y otros aspectos artesanales de la investigación cualitativa. *International Journal of Qualitative Methods*, 4(1), 1–14.
- Galeana, L. (2016). Aprendizaje basado en proyectos. *The British Journal of Psychiatry*, 112(483), 211–212. <https://doi.org/10.1192/bjp.112.483.211-a>
- Galeano, A., & Hernández, C. (2014). Orientaciones para el área de Ciencias Naturales.
- Gil, S. (1997). Nuevas tecnologías en la enseñanza de la física oportunidades y desafíos. *34(1428)*, 1–10.
- Gómez, F., & Mejía, R. (1999). Vygotsky: La perspectiva vygotskyana. *Correo Pedagógico*, 4, 3–6.
- Gonzalez Sonia, & Garcia, M. (2016). Resolución de problemas en el aula de física: un análisis del discurso de su enseñanza y su aprendizaje en nivel medio. *4(3)*, 229–251.
- Graham, G. (2012). El análisis de datos cualitativos en investigaciones cualitativas.
- Lizárraga, C., & Díaz, S. (2012). Uso de software libre y de internet como herramientas de apoyo para el aprendizaje. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 10(1), 83–100. <https://doi.org/10.5944/ried.1.10.1016>
- López Ramírez, P. A., & Andrade Sosa, H. (2013). Aprendizaje de y con robótica, algunas experiencias. *Revista Educación*, 37(1), 43–63. <https://doi.org/10.7195/ri14.v13i1.754>
- Lucci, M. A. (2007). La propuesta de vygotsky: la psicología socio- histórica 1. *2(2006)*, 1

11.

- Márquez, Jairo; Ruiz, J. (2015). Robótica Educativa aplicada a la enseñanza básica secundaria. *DIM: Didáctica, Innovación y Multimedia*, (30), 1–12.
- Martínez M., M. (1999). *La investigación cualitativa etnográfica en educación* (Vol. 1).
- Medina, J., & Tarazona, Mi. (2013). El papel del experimento en la construcción del conocimiento físico, el caso de la construcción del potencial eléctrico como una magnitud física. elementos para propuestas en la formación inicial y continuada de profesores de física. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ministerio de Educación Nacional. (2018). *Plan vive digital. TIC y educación*. Bogotá.
- Monsalves, S. (2011). Estudio sobre la utilidad de la robótica educativa desde la perspectiva del docente. *Revista de Pedagogía*, 32(90). Retrieved from <http://www.redalyc.org/html/659/65920055004/>
- Moreira, M. A. (2009). Subsidios teóricos para el profesor investigador en enseñanza de las ciencias: comportamentalismo, constructivismo y humanismo. 1–66.
- Moreno, Iveth; Muñoz, Lilia; Serracín, José Rolando; Quintero, Jacqueline; Pittí Patiño, Kathia; Quiel, J. (2012). La robótica educativa, una herramienta para la enseñanza-aprend.... *Teoría de La Educación. Educación y Cultura En La Sociedad de La Información*, 13, 74–90.
- Ocaña, G., Romero, I., Gil, F., & Codina, A. (2015). Implantación de la nueva asignatura: robótica; en enseñanza secundaria y bachillerato. *Investigación En La Escuela*,

87(October), 65–79. Retrieved from

<https://www.facebook.com/photo.php?fbid=161372787329055&l=4daa9f2ea9>

- Odorico, A. H. (2005). La robótica desde una perspectiva pedagógica. *Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales*, 2(5), 33–48.
- Paredes Poco, J. A. (2018). *La Robótica Educativa Y Su Influencia En El Aprendizaje Colaborativo En Estudiantes De Primero De Secundaria De La I.E. General José De San Martín*. 198.
- Paz, L. S. (2007). Modelo de aprendizaje basado en proyectos en la enseñanza introductoria de la asignatura de electrónica y el lenguaje de programación del sistema embebido Arduino. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*.
- Pittí, Kathia; Curto Diego, Belén; Moreno Rodilla, V. (2010). Experiencias constructoras con robótica educativa en el centro internacional de tecnologías avanzadas.
- Pittí Patiño, K., Curto Diego, B., Moreno Rodilla, V., & Rodríguez Conde, M. J. (2014). Uso de la Robótica como Herramienta de Aprendizaje en Iberoamérica y España. *IEEE VAEP-RITA*, 2(1), 41–48.
- PIA. (2018-2020). Plan de área Ciencias Naturales de la Institución Santa Clara de Asís.
- Pozo, E. G. (2005). *Técnicas para la Implementación de la Robótica en la Educación Primaria*. Recuperado el 10 de mayo de 2011, de Complubot:
http://complubot.educa.madrid.org/actividades/inrerdidac_robotica_primaria.pdf.
- Ré, M. A., Arena, L. E., & Giubergia, M. F. (2012). Incorporación de TICs a la enseñanza

de la Física. *Revista Iberoamericana de Educación En Tecnología y Tecnología En Educación*, 8, 16–22. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10915/25525>

Rivera, Y., & Turizo, L. (2014). ABP (Aprendizaje Basado en Problemas) para la enseñanza y el desarrollo de Proyectos Tecnológicos Interdisciplinarios basados en Arduino.

Romero Ariza, M., & Quesada, A. (2014). Nuevas tecnologías y aprendizaje significativo de las ciencias. *Enseñanza de Las Ciencias*, 32(1), 101–115.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.433>

Ruiz, E., Beauchemin, M., Rodríguez, A., Martínez, P., García, J., Rosas, L., & Velázquez, M. (2006). *Robótica Pedagógica: Desarrollo de entornos de aprendizaje con tecnología*. *Virtual Educa*, 17. Retrieved from [file:///C:/Users/Anderson Clavijo/Downloads/78-ERS.pdf](file:///C:/Users/Anderson%20Clavijo/Downloads/78-ERS.pdf)

Salamanca, M., Lombana, N., & Holguín, W. (2010). Uso de la robótica educativa como herramienta en los procesos de enseñanza. *Ingeniería, Investigación y Desarrollo “I2+D,”* 10(1), 15–23. Retrieved from http://revistas.uptc.edu.co/revistas/index.php/ingenieria_sogamoso/article/viewFile/912/912

Sandoval, C. (2002). *Investigación cualitativa*. Programa de Especialización en Teoría, Métodos y Técnicas de Investigación Social. Retrieved from http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/humanas/mtria%7B%5C_%7Dedu/2021085/un%7B%5C_%7D2/pdf/casilimas.pdf

Savage, T., Sánchez, A. , I., O’Donnell, F. & Tangney, B. (2003). *Using Robotic*

Technology as a Constructionist Mindtool in Knowledge Construction. En Proceedings of the The 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'03).

Serrano, L., & Prendes, P. (2012). La enseñanza y el aprendizaje de la física y el trabajo colaborativo con el uso de las TIC. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa-RELATEC*, 11(1), 95–108. Retrieved from <http://digitum.um.es/xmlui/bitstream/10201/37459/1/825-3629-2-PB.pdf>

Sinarcas, V., & Solbes, J. (2013). Dificultades en el aprendizaje y la enseñanza de la física cuántica en el bachillerato. *Ensenanza de Las Ciencias*, 31(3), 9–25. <https://doi.org/10.5565/rev/enscien/v31n3.768>

Stake, R. E. (1999). *Investigación con estudio de casos* (5^a ed.). España: Ediciones Morata.

Steinberg, R., Redish, E., & Wittmann C., M. (2003). Understanding and addressing student reasoning about sound waves. *International Journal of Science Education*, 25(8), 991–1013.

Tacca, R. (2010). La Enseñanza De Las Ciencias Naturales En La Educación Básica. *Investigación Educativa*, 14(26), 139–152. Retrieved from <https://educra.cl/wp-content/uploads/2016/07/DOC1-ensenanza-de-las-ciencias.pdf>

Trejo, M., Llaven, G., & Culebro, E. (2014). Retos y desafíos de las Tic y la innovación educativa. *Atenas*, 4(28), 130–143.

Tsupros, N., R. Kohler, and J. Hallinen, (2009). *STEM education: A project to identify the missing components*, Intermediate Unit 1 and Carnegie Mellon, Pennsylvania.

Vázquez, J., & Rua, A. (2007). Actividades manipulativas para el aprendizaje de la Física.

Revista Iberoamericana de Educación, 43(1), 7.

Vygotsky, L.S. (1988). A formação social da mente. 2a ed. brasileira. São Paulo: Martins

Fontes.

Vigotsky, L. S. (2007). Apuntes de psicología general. 1–7.

UNESCO (2019) Las TIC en la educación. Recuperado de: <https://es.unesco.org/themes/tic-educación>.

7. Anexos

Anexo A. Consentimientos informados.

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

Robótica educativa una propuesta de enseñanza para la construcción de significados en física.

En los últimos años, se ha visto un gran avance en las tecnologías de la información y la comunicación TIC en nuestro país, en la ciudad; y el colegio Santa clara de Asís no es ajeno a esto, es por lo anterior que se pretende implementar la robótica educativa en el curso de física de las estudiantes del grado décimo; que tiene como objetivo identificar las distintas dificultades y aciertos en el aprendizaje de los conceptos en física, generar diferentes espacios y contextos actuales que vayan de la mano de la ciencia mediante las diferentes tecnologías y la construcción de significados a partir del aprendizaje colaborativo.

Por tanto, las estudiantes del colegio Santa clara de Asís se beneficiarán de participar en la propuesta de intervención y así acercarse al conocimiento de las nuevas tecnologías en la construcción del conocimiento científico y de nuevos significados en ciencias.

la propuesta de investigación se realizará durante el cuarto período del año escolar que corresponde a partir del 24 de septiembre del presente año. durante la investigación el proceso de intervención se pretende llevar a cabo toma de datos o recolección de información propias de la investigación cualitativa, las cuales constan de observación, entrevistas semiestructuradas videos, fotos, actividades propuestas y diarios de campo.

De ser aprobada la propuesta de intervención por el padre de familia, es de vital importancia que el participante se comprometa con el tiempo que se invertirá en la investigación y con los diferentes datos que han de tomarse (fotos, videos, entrevistas) que aporten contenido al proceso de intervención. De igual manera, la estudiante que no desee participar en el proceso de intervención se requiere también realizar las actividades pactadas, ya que hacen parte del proceso de evaluación de desempeños del colegio correspondientes al período en curso.

Durante los procesos de recolección de datos, se hará uso adecuado y discrecional de la información recolectada con el fin de lograr los objetivos propuestos en el trabajo de investigación. los datos recogidos sólo serán evaluados por los docentes investigadores quienes recolectaron la información necesaria para la correcta construcción de éste, evitando la alusión de nombres propios y valorando el aporte de cada uno de los participantes, haciendo saber los resultados finales, los cuales serán publicados en el informe final de la investigación.

Habiendo conocido la información anterior, autoriza la participación del estudiante _____ en el proceso de investigación robótica educativa: una propuesta de enseñanza para la construcción de significados en física.

Firma padre de familia o acudiente.

Firma estudiante participante.

PROTOCOLO DE COMPROMISO ÉTICO Y ACEPTACIÓN DE LOS REPRESENTANTES DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SANTA CLARA DE ASÍS

Nombre de la Investigación: Propuesta de enseñanza para la construcción de significados en física con el modelo pedagógico de robótica educativa (MOPRE)

Investigadores: Sergio Andrés Correa Díez
Alejandra Pérez Arango

Grupo investigado: Décimo

Presentamos ante ustedes nuestro compromiso ético. Entendemos como imperativo y debe, hacer uso adecuado y discrecional de la información recolectada en el marco de esta investigación, con el único fin de lograr los objetivos del estudio en cuestión y en la perspectiva de contribuir con aportes para el mejoramiento de la enseñanza de la Física a partir de la implementación de la Robótica Educativa como herramienta facilitadora para la adquisición de nuevos conocimientos a través de una propuesta didáctica en el contexto de la Institución Educativa Santa Clara de Asís, así como contribuir con cuestiones teóricas y metodológicas a la línea de investigación en Tecnologías de la Información y la Comunicación para la Enseñanza de las Ciencias y la Matemática del programa Licenciatura en Matemáticas y Física de la Universidad de Antioquia.

El uso discrecional y adecuado de la información recogida y de su análisis, implica que la misma sólo será utilizada para los propósitos enunciados en el marco de este trabajo investigativo, que se evitará la alusión a nombres propios y se valorará con respeto y responsabilidad los aportes de cada uno de los participantes. Los análisis y resultados serán dados a conocer en primera instancia a los participantes.

Desde esta perspectiva, 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 bases de datos para dicha investigación.

Gracias por su atención y colaboración.

FIRMA COORDINADORA

FIRMA DIRECTORA DE GRUPO

FIRMA DEL RECTOR

Anexo B. Preguntas entrevista semiestructurada tercera fase.

1. ¿De qué manera le aportó el trabajo colaborativo durante el proyecto?
2. ¿Cuál fue la experiencia que tuvo al utilizar el lenguaje de programación para el robot?

3. A partir del lenguaje de programación ¿qué conceptos de física le ayudó a comprender?
4. ¿Cómo valora la experiencia con robótica educativa para la enseñanza de la física?

Duración: 1 hora

Anexo C. Formato de preguntas diagnóstico.

Actividad diagnóstica: A continuación, se presentan algunas preguntas relacionadas con robótica. Se tiene como propósito realizar una serie de cuestionamientos que se puedan argumentar de forma breve y oral, para socializar grupalmente desde lo que cada estudiante

pueda saber sobre robótica y de llegar a una sola conclusión a partir de la negociación de significados.

1. ¿Qué creen que la robótica?
2. ¿Cuáles son las posibles aplicaciones que tiene la robótica?
3. En el colegio Santa Clara de Asís la mayoría de las clases de educación física se están desarrollando dentro del aula de clase, debido a la contaminación del aire que se presenta en Medellín. Teniendo en cuenta esta problemática formule y planifique una posible solución por medio de un prototipo robótico, el cual se pueda ejecutar como un proyecto en la institución.
4. ¿Qué áreas creen que aportarían al desarrollo del proyecto con robótica?
5. Si en sus manos está diseñar un robot. ¿Cuál sería y qué problema solucionaría?

COLEGIO SANTA CLARA DE ASÍS

Práctica experimental

Objetivo: Identificar los conocimientos previos de los estudiantes sobre electrónica y robótica.

Actividad inicial #1: Se representa una secuencia experimental, en donde el docente desempeña el papel de guía en la construcción de un circuito en serie y paralelo, con el fin de que las estudiantes logren identificar algunos conceptos importantes de la electrónica a partir de la negociación de significados que surge por la interacción de los grupos y el docente, el cual son necesarios tenerlos en cuenta a la hora de hacer el ensamblaje del prototipo robótico. Finalmente, durante el proceso se realizarán una serie de preguntas relacionadas al experimento que las estudiantes deberán responder de forma oral.

Materiales

- Protoboard.
- Leds.
- Cables jumper (macho – macho).
- Resistencias.
- Batería de 9v.
- Porta batería.

Procedimiento: Las estudiantes deben conformar grupos de tres integrantes para el montaje del circuito con los materiales previamente mencionados. Luego se hace una breve explicación del manejo de la Protoboard como el siguiente: se ha encontrado que se tienen diferentes términos para definir el mismo concepto; en este caso la Protoboard se divide en dos partes diferentes: buses y pistas, los buses tienen conexión a lo largo de toda la sección roja mientras que las pistas (sección azul) deben ser conectadas adicionalmente por un cable jumper para poder electrizar esta zona.

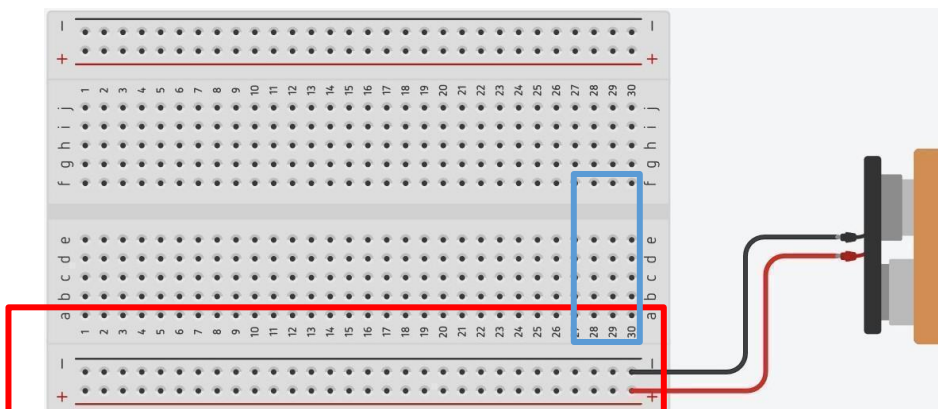
Ahora bien, se pide a las estudiantes que conecten la batería a la Protoboard, teniendo en cuenta que el cable rojo está conectado a la parte positiva (+) y el cable negro conectado en la parte negativa (-). Luego se debe ubicar el led y la resistencia de tal forma que la corriente circule y se complete el circuito haciendo uso de la batería e identificando la importancia de su utilización; en este punto es importante que las estudiantes dialoguen entre sí sobre el procedimiento adecuado de realizar las conexiones; después de tener esto

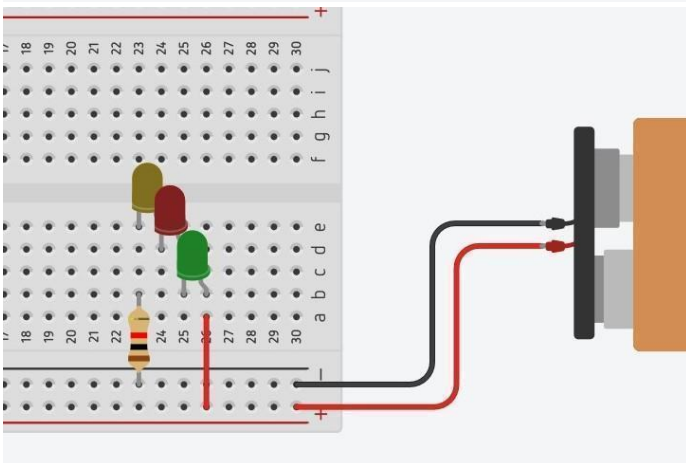
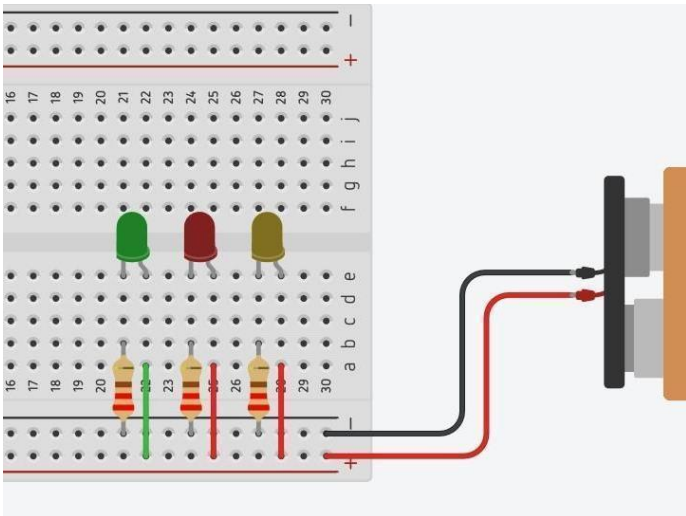
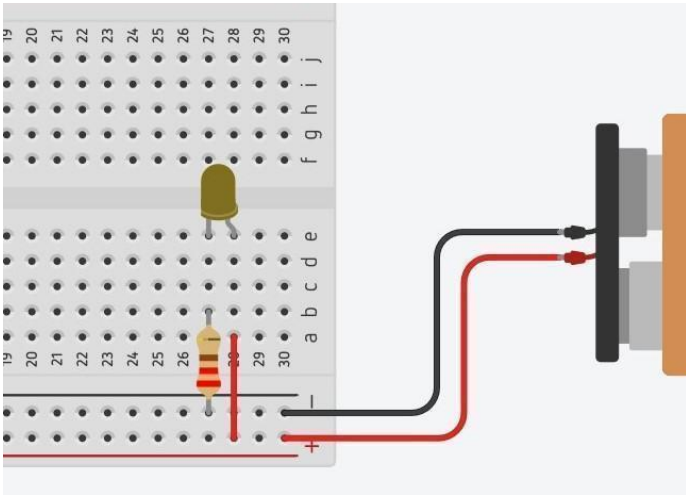
listo se pide realizar el mismo proceso, pero utilizando más leds con el fin de establecer diferencia y característica cuando estos están en serie y en paralelo.

Importante que el docente mientras las estudiantes hacen el respectivo montaje realice preguntas y planteamientos tales como:

- Desde el punto de vista físico, ¿qué creen que sucede en el fenómeno?
- Teniendo en cuenta lo observado, mencionar una definición con sus propias palabras de lo que sería entonces un circuito.
- ¿Cuál es la diferencia que establecen entre circuito en serie y paralelo?
- ¿Qué papel representa el voltaje y la corriente en el circuito elaborado?
- ¿De qué creen que depende la intensidad lumínica de los leds?
- Dentro de cada uno de los equipos identifiquen los posibles escenarios reales donde se logre observar el fenómeno que se realizó y mencionar que otros conceptos de física están relacionados.

A continuación, se anexan algunas imágenes que ayudan como guía al docente para ejemplificar mejor el montaje del circuito.





COLEGIO SANTA CLARA DE ASÍS
Práctica programación con pseudocódigo

Objetivo: Realizar un acercamiento a los conceptos básicos en la lógica de programación.

Actividad inicial #2: En esta etapa el docente debe tomar en gran medida la dirección de la actividad, el cual se torna un poco tradicional, ya que se muestra paso a paso cómo funciona el programa PseInt y resalta la importancia del uso adecuado del lenguaje de signos y símbolos que ofrece la programación. Se presentan una serie de ejercicios relacionados con movimiento rectilíneo, movimiento parabólico, ley de Ohm, entre otros; en donde el docente explica y acompaña los primeros tres problemas y luego se deja que las estudiantes los resuelvan solas.

Materiales

- Computador
- Link para descargar de PseInt (<http://pseint.sourceforge.net/>)

Procedimiento: Se debe tener el programa ya instalado en cada computador, luego de abrir el programa interactúa un poco conociendo las diferentes opciones. Después se hace una breve explicación de todo lo que se puede hacer en PSeInt (en este punto se hace un pequeño resumen explicando para que sirve el programa y sus respectivas opciones de funcionamiento, además se hace referencia a la lógica matemática y la relación con la programación). Posteriormente se plantean los siguientes problemas relacionados con la física y resolverlos a través de códigos de programación y observar lo que sucede dentro del programa.

- a. Describa el paso a paso de la siguiente pregunta, haciendo uso de una secuencia lógica. ¿A qué velocidad debe circular un auto de carreras para recorrer 1200 m en un cuarto de hora?

A continuación, se plantea una situación la cual debe ser resuelta por medio de un algoritmo en el programa PSeInt relacionado con un problema de física en específico.

- b. Calcular la magnitud de la aceleración que produce una fuerza cuya magnitud es de 50 N a un cuerpo cuya masa es de 13000 gramos.

```

1 Algoritmo SegundaLeyNewton
2   Definir fuerza, aceleración, masa Como Real;
3   Escribir "Ingrese la fuerza:"
4   Leer fuerza;
5   Escribir "Ingrese la masa del cuerpo en kilogramos:"
6   Leer masa;
7   aceleración= fuerza/masa;
8
9   Escribir "La magnitud de la aceleración que se produce es:", aceleración, "m/s^2";
10
11 FinAlgoritmo
12

```

- c. Calcula la resistencia atravesada por una corriente con una intensidad de 5 amperios y una diferencia de potencial de 11 voltios.

```

1 Algoritmo LeyDeOhm
2   Definir corriente,resistencia, voltaje Como Real;
3   Escribir "Ingrese el voltaje:"
4   Leer voltaje;
5   Escribir "Ingrese el valor de la corriente:"
6   Leer corriente;
7   resistencia= voltaje/corriente;
8
9   Escribir "El valor de la resistencia es:", resistencia, "Ohm";
10
11 FinAlgoritmo
12

```

Ahora se plantean los siguientes problemas para que las estudiantes resuelvan teniendo lo aprendido previamente y haciendo uso de la lógica y de los pseudocódigos trabajados hasta el momento.

- Un ciclista que está en reposo comienza a pedalear hasta alcanzar los 16.6km/h en 6 minutos. Calcular la distancia total que recorre si continúa acelerando durante 18 minutos más.
- Desde una ventana de un edificio situada a 20 m del suelo se lanza una pelota con una velocidad de 15 m/s formando un ángulo de 60^0 con la horizontal. Determinar: ¿Cuál es la altura máxima alcanzada? y b) calcular el tiempo en alcanzar el suelo y el alcance.

Finalmente, se hace un diálogo entre todas las estudiantes respecto a lo aprendido durante la actividad y la relación que estas encuentren con la robótica y la programación.

COLEGIO SANTA CLARA DE ASÍS

Presentación tipos de sensores

Objetivo: Identificar los tipos de sensores y su aplicación en la cotidianidad para la solución de problemas reales.

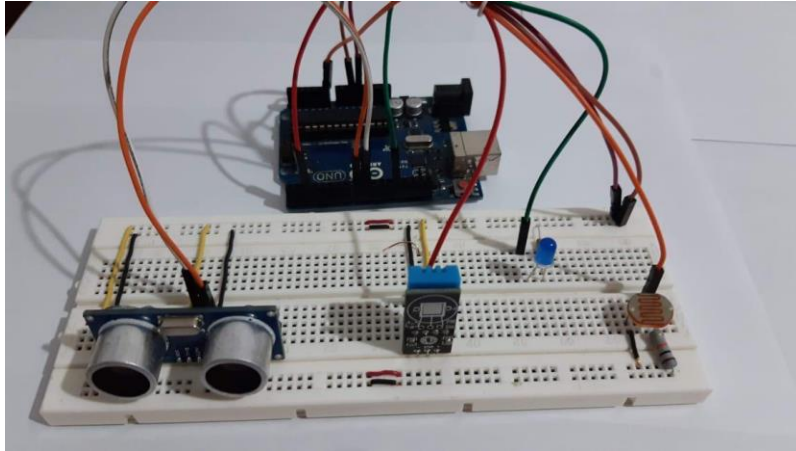
Actividad MOPRE #1: En este punto el docente es quien orienta el desarrollo de la actividad; éste realiza una presentación sobre el uso de los diferentes tipos de sensores que se podrán tener en cuenta para la construcción del prototipo robótico y puntualizar en la funcionalidad de cada uno.

Materiales

- Computador
- Link para descargar de Arduino (<https://www.arduino.cc/en/main/software>)
- Sensor de luz: Fotorresistencia, cables jumper, protoboard, Arduino, led y lcd interfaz I2C.
- Sensor de humedad y temperatura: sensor temperatura, sensor humedad, cables jumper, protoboard, Arduino, led.
- Sensor medidor de distancia: sensor ultrasónico HC-05, cables jumper, protoboard, Arduino, led.
- Sensor seguidor de línea: sensor infrarrojo seguidor de línea o sensor óptico seguidor de línea, cables jumper, protoboard, Arduino.

Descripción: El docente hace una presentación mostrando cada uno de los sensores que se pueden tener en cuenta para la construcción del prototipo robótico. Primero describe cómo se realiza el montaje en la protoboard de cada sensor; posteriormente, el docente realiza una breve explicación del código de programación que se tuvo en cuenta para cada uno de los sensores y la aplicación que tiene este en la realidad, con el fin de que las estudiantes comprendan mejor su funcionamiento; finalmente orienta de forma general cuáles son los posibles proyectos que se pueden llevar a cabo con cada uno de los sensores.

Montaje de los sensores:



De ser necesario el docente abre un espacio para resolver dudas particulares para cada uno de los equipos que ayude a ubicar a los estudiantes en la construcción final del prototipo.

Luego se pide a las estudiantes que por medio del diario de campo respondan a los siguientes cuestionamientos relacionados con la elección del tipo de sensor que cada grupo realizará para el robot; además, la planificación, diseño y explicación del funcionamiento que este tendrá. Aquí el docente asesora a cada uno de los grupos y explica que las preguntas se pueden responder por medio de argumentos breves, dibujos o imágenes que les ayudarán en la etapa de construcción del robot. Luego que los grupos terminen se hace una socialización general de lo realizado.

Preguntas diario de campo:

1. ¿Cuál sería el prototipo robótico que se desea realizar en el proyecto?
2. ¿Cuál sería la funcionalidad del robot?
3. ¿Qué tipo de sensor elegirían para el prototipo robótico? ¿por qué?
4. ¿Qué conceptos de física se aplican en el robot?

COLEGIO SANTA CLARA DE ASÍS
Planificación y organización del proyecto

Objetivo: Indagar el comportamiento de fenómenos existentes, planificar las estrategias para modificar o diseñar una nueva forma de aplicación al contexto.

Actividad MOPRE #2: Iniciar la planificación del proyecto mediante el diario campo, donde se describa el tipo de sensor a elegir, el diseño para el prototipo robótico y su funcionalidad.

Descripción: Para el desarrollo de esta actividad es fundamental que las estudiantes se agrupen con las personas que realizarán el proyecto, y por ende en la construcción del prototipo. Luego se les pide que por medio del diario de campo describan el proceso que se llevará a cabo para el diseño, construcción y funcionalidad del robot. Para esto deberán tener en cuenta lo trabajado hasta el momento y realizar búsqueda de información de ser necesario. Además, se explica que a las preguntas le pueden dar respuesta por medio de argumentos breves, dibujos o imágenes que les ayudarán en la siguiente etapa. Luego que los grupos terminen se hace una socialización general de lo realizado.

En el diario de campo se debe tener lo siguiente:

- Realice un boceto del robot.
- Materiales que se necesitan para la construcción el robot.
- Describa de manera breve cómo sería la construcción del robot.
- Describa el papel que desempeñaría cada uno de los miembros del equipo.
- Enuncie posibles dificultades que se podrían presentar a la hora de construir y de programar el robot y cómo se podrían resolver.

Duración: 2 horas

Anexo H. construcción y programación del prototipo robótico.

COLEGIO SANTA CLARA DE ASÍS

Construcción y programación de robot

Objetivo: Fortalecer el trabajo en equipo a través del análisis de diversas opciones para construir el prototipo robótico y estimular habilidades psicomotoras y psicológicas.

Explorar y aprender el funcionamiento del software con nuevas posibilidades de usar el lenguaje de programación.

Actividad MOPRE #3 y #4: Ensamble del prototipo robótico y realización del código de programación para el funcionamiento del robot utilizando la plataforma Arduino.

Materiales: (depende de los sensores elegidos y del proyecto a ejecutar por las estudiantes, se muestran algunos ejemplos)

- **Robot guiado por Bluetooth:**

Portapilas

Módulo bluetooth

Cargador de batería

Robot circular

Puente H

Cables macho-hembra (10-15)

Batería de litio (2)

- **Robot esquivador de obstáculos:**

Portapilas

Base para sensor ultrasonido

Cargador batería

Robot car

Puente H

Cables macho-hembra (10-15)

Batería de litio (2)

Kit de tornillos

Ultrasonido

- **Robot seguidor de línea:**

Porta baterías

Cargador batería

Robot 4 llantas

Puente H

Cables macho-hembra (10-15)

Batería de litio (2)
Kit de tornillos
Seguidor de línea

Nota: Se puede elegir el tipo de carro que se desee según lo que se vaya a trabajar o según el gusto de la persona.

Descripción: Se continúa con la formación de los equipos del proyecto, en este punto las estudiantes ya deben tener claro el tipo de sensor a utilizar y el robot a realizar. Luego se da el inicio a la construcción del robot con los materiales previamente establecidos; en este punto el docente acompaña los procesos de construcción y ensamble de cada una de las partes, aclarando y apoyando en alguno de los pasos del robot en donde se requiera. Es importante que las estudiantes trabajen en equipo y se comuniquen entre sí.

Luego de tener el robot listo se pasa a la programación, el acompañamiento del docente es mayor, ya que comprender el código suele ser complejo; lo importante es que las estudiantes logren interpretar el código y desarrollen la capacidad de identificar las variables más representativas y modificarlas según cada robot. En este punto es importante aclarar que al inicio es probable que el robot no funcione al instante, si no que se genera desde la interacción con el prototipo y con cada miembro del equipo, además se fortalece la construcción de significados y llegar a una posible negociación de los mismos, esto originado en los momentos que el robot o el cogido presente fallas, ya que debido a esto también se generan aprendizajes desde lo colaborativo, además es necesario que las estudiantes potencien el trabajo en equipo y la toma de decisiones a partir de los errores cometidos en el ensamble o en la programación para ser mejorados para llegar al producto final.

Códigos de programación de acuerdo al tipo de sensor:

Seguidor de línea
<pre>#define PIN_EN_MOTOR_I 10 #define PIN_A_MOTOR_I 9 #define PIN_B_MOTOR_I 8 //Motor Derecho #define PIN_EN_MOTOR_D 3 #define PIN_A_MOTOR_D 4 #define PIN_B_MOTOR_D 5</pre>

```

//Se definen los movimientos individuales de los dos motores
#define MOTOR_I_ADELANTE digitalWrite(PIN_A_MOTOR_I, HIGH); digitalWrite(PIN_B_MOTOR_I, LOW)
#define MOTOR_I_ATRAS digitalWrite(PIN_A_MOTOR_I, LOW); digitalWrite(PIN_B_MOTOR_I, HIGH)
#define MOTOR_I_PARAR digitalWrite(PIN_A_MOTOR_I, HIGH); digitalWrite(PIN_B_MOTOR_I, HIGH)
#define MOTOR_D_ADELANTE digitalWrite(PIN_A_MOTOR_D, HIGH); digitalWrite(PIN_B_MOTOR_D, LOW)
#define MOTOR_D_ATRAS digitalWrite(PIN_A_MOTOR_D, LOW); digitalWrite(PIN_B_MOTOR_D, HIGH)
#define MOTOR_D_PARAR digitalWrite(PIN_A_MOTOR_D, HIGH); digitalWrite(PIN_B_MOTOR_D, HIGH)

//Se combinan los movimientos de modo que se crean los comandos de movimiento enteros
#define CARRO_PARAR MOTOR_I_PARAR; MOTOR_D_PARAR //Para detener el carro se paran el
motor izquierdo y derecho

#define CARRO_ADELANTE MOTOR_I_ADELANTE; MOTOR_D_ADELANTE
#define CARRO_ATRAS MOTOR_I_ATRAS; MOTOR_D_ATRAS
#define CARRO_IZQUIERDA MOTOR_D_ADELANTE; MOTOR_I_ATRAS //Para girar, un motor se dirige
adelante y el otro atras
#define CARRO_DERECHA MOTOR_I_ADELANTE; MOTOR_D_ATRAS

//La energia que reciben los PIN EN son la que dicta la velocidad
//Esta es el cambio de velocidad y es enteramente cambiabile el numero para modificarle la velocidad deseada

#define LENTO_VELOCIDAD analogWrite(PIN_EN_MOTOR_I, 85); analogWrite(PIN_EN_MOTOR_D, 85)
//Para que gire en unas lineas muy cortantes por ejemplo se pone la velocidad en 80, y si son loineas simples se sube la
velocidad, es solo cosmetico subirle la velocidad

#define MEDIA_VELOCIDAD analogWrite(PIN_EN_MOTOR_I, 210); analogWrite(PIN_EN_MOTOR_D, 210)
//El giro debe ser mas rapido que el aceleras ya que detiene el momento que consiguio, pero no muy alto porque se sale
de la linea

#define TODA_VELOCIDAD analogWrite(PIN_EN_MOTOR_I, 255); analogWrite(PIN_EN_MOTOR_D, 255)
//Esta no la uso pero esta ahi si se quiere ir a todo el potencial

int BOTON = A15;int sal = 0;
int IZQUIERDA=0; int DERECHA=0; int CENTRO=0; //No usé el sensor del centro

```



```

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  pinMode(PIN_EN_MOTOR_I, OUTPUT);
  pinMode(PIN_A_MOTOR_I, OUTPUT);
  pinMode(PIN_B_MOTOR_I, OUTPUT);
  pinMode(PIN_EN_MOTOR_D, OUTPUT);
  pinMode(PIN_A_MOTOR_D, OUTPUT);
  pinMode(PIN_B_MOTOR_D, OUTPUT);
  pinMode(A0,INPUT); pinMode(A1,INPUT); pinMode(A2,INPUT); MEDIA_VELOCIDAD;

  //Es el codigo del boton para iniciar el carro, se puede quitar solo borrando esta parte
  pinMode(52,OUTPUT); pinMode (A15,INPUT); digitalWrite(52,HIGH);
  BOTON = digitalRead (A15);
  while(BOTON==LOW){
    BOTON = digitalRead (A15);
  }
}

void loop(){ //Uso el WHILE en vez del IF, porque el WHILE es instantaneo y el IF hace que se demore unos
milisegundos en dejar de girar
  analogWrite (12,10);

  DERECHA=analogRead (A2);
  while(DERECHA<35){
    CARRO_DERECHA;
    MEDIA_VELOCIDAD;
    DERECHA=analogRead (A2);
  }

  IZQUIERDA=analogRead (A0);
  while(IZQUIERDA<35){
    CARRO_IZQUIERDA;
    MEDIA_VELOCIDAD;
    IZQUIERDA=analogRead (A0);
  }
}

```

```
    }  
    CARRO_ADELANTE;  
    LENTO_VELOCIDAD; //Gira en media velocidad y avanza mas lento para que pueda reaccionar  
}
```

Bluetooth

```
//UNCOMMENT THE LINE OF THE ARDUINO WHAT YOU ARE USING  
//#define USING_ARDUINO_MEGA  
#define USING_ARDUINO_UNO  
  
#include "SerialManager.h"  
  
#ifndef USING_ARDUINO_UNO  
#include <SoftwareSerial.h>  
#endif  
  
/*****Definitions*****/  
#define serial_pc Serial  
#ifdef USING_ARDUINO_UNO  
SoftwareSerial serial_bluetooth(10, 11); // RX, TX  
#else  
#define serial_bluetooth Serial1  
#endif  
  
#define BAUD_RATE 9600  
#define PIN_LED 13  
  
#define PIN_EN_MOTOR_L 6  
#define PIN_A_MOTOR_L 7  
#define PIN_B_MOTOR_L 5  
#define PIN_EN_MOTOR_R 3  
#define PIN_A_MOTOR_R 2
```

```

#define PIN_B_MOTOR_R 4

#define MOTOR_L_FORWARD digitalWrite(PIN_A_MOTOR_L, HIGH); digitalWrite(PIN_B_MOTOR_L, LOW)
#define MOTOR_L_BACKWARD digitalWrite(PIN_A_MOTOR_L, LOW); digitalWrite(PIN_B_MOTOR_L, HIGH)
#define MOTOR_L_STOP    digitalWrite(PIN_A_MOTOR_L, HIGH); digitalWrite(PIN_B_MOTOR_L, HIGH)
#define MOTOR_R_FORWARD digitalWrite(PIN_A_MOTOR_R, HIGH); digitalWrite(PIN_B_MOTOR_R, LOW)
#define MOTOR_R_BACKWARD digitalWrite(PIN_A_MOTOR_R, LOW); digitalWrite(PIN_B_MOTOR_R, HIGH)
#define MOTOR_R_STOP    digitalWrite(PIN_A_MOTOR_R, HIGH); digitalWrite(PIN_B_MOTOR_R, HIGH)

#define CAR_STOP      MOTOR_L_STOP; MOTOR_R_STOP
#define CAR_FORWARD   MOTOR_L_FORWARD; MOTOR_R_FORWARD
#define CAR_BACKWARD  MOTOR_L_BACKWARD; MOTOR_R_BACKWARD
#define CAR_LEFT      MOTOR_R_FORWARD; MOTOR_L_BACKWARD
#define CAR_RIGHT     MOTOR_L_FORWARD; MOTOR_R_BACKWARD

#define HALF_SPEED false
#define HIGH_SPEED true

#define CAR_HALF_SPEED    current_speed = HALF_SPEED; analogWrite(PIN_EN_MOTOR_L, 125);
                           analogWrite(PIN_EN_MOTOR_R, 125)
#define CAR_HIGH_SPEED    current_speed = HIGH_SPEED; analogWrite(PIN_EN_MOTOR_L, 255);
                           analogWrite(PIN_EN_MOTOR_R, 255)

boolean current_speed;

SerialManager serial_manager_pc(serial_pc);
SerialManager serial_manager_bluetooth(serial_bluetooth);

void stringReceptorPC(String string_received);
void stringReceptorBluetooth(String string_received);
void setup() {
    serial_pc.begin(BAUD_RATE);
    serial_bluetooth.begin(BAUD_RATE);

```

```

serial_manager_pc.attachRxCallback(stringReceptorBluetooth);
serial_manager_bluetooth.attachRxCallback(stringReceptorBluetooth);

pinMode(PIN_LED, OUTPUT);
pinMode(PIN_EN_MOTOR_L, OUTPUT);
pinMode(PIN_A_MOTOR_L, OUTPUT);
pinMode(PIN_B_MOTOR_L, OUTPUT);
pinMode(PIN_EN_MOTOR_R, OUTPUT);
pinMode(PIN_A_MOTOR_R, OUTPUT);
pinMode(PIN_B_MOTOR_R, OUTPUT);
CAR_HIGH_SPEED;
}

void loop() {
  //No delete, mandatory lines
  serial_manager_pc.onSerialRxEvent();
  serial_manager_bluetooth.onSerialRxEvent();
}

void stringReceptorPC(String string_received) {  /*This function is called when a string finished with "\r\n" is
received

  Serial.println("String received PC: " + string_received);
}

void stringReceptorBluetooth(String string_received) {  /*This function is called when a string finished with "\r\n" is
received

  Serial.println("String received Bluetooth: " + string_received);

  if (string_received.equals("FORWARD")) {
    CAR_FORWARD;
  } else if (string_received.equals("BACKWARD")) {
    CAR_BACKWARD;
  } else if (string_received.equals("LEFT")) {
    CAR_LEFT;
  } else if (string_received.equals("RIGHT")) {
    CAR_RIGHT;

```

```

} else if (string_received.equals("STOP")) {
    CAR_STOP;
} else if (string_received.equals("SPEED")) {
    if(current_speed == HIGH_SPEED){
        CAR_HALF_SPEED;
    }else{
        CAR_HIGH_SPEED;
    }
}
}
}

```

Ultrasonido

```

#define PIN_EN_MOTOR_L 6
#define PIN_A_MOTOR_L 7
#define PIN_B_MOTOR_L 5
#define PIN_EN_MOTOR_R 3
#define PIN_A_MOTOR_R 2
#define PIN_B_MOTOR_R 4

#define MOTOR_L_FORWARD digitalWrite(PIN_A_MOTOR_L, LOW); digitalWrite(PIN_B_MOTOR_L, HIGH)
#define MOTOR_L_BACKWARD digitalWrite(PIN_A_MOTOR_L, HIGH); digitalWrite(PIN_B_MOTOR_L, HIGH)
#define MOTOR_L_STOP digitalWrite(PIN_A_MOTOR_L, HIGH); digitalWrite(PIN_B_MOTOR_L, HIGH)
#define MOTOR_R_FORWARD digitalWrite(PIN_A_MOTOR_R, LOW); digitalWrite(PIN_B_MOTOR_R, HIGH)
#define MOTOR_R_BACKWARD digitalWrite(PIN_A_MOTOR_R, HIGH); digitalWrite(PIN_B_MOTOR_R, LOW)
#define MOTOR_R_STOP digitalWrite(PIN_A_MOTOR_R, HIGH); digitalWrite(PIN_B_MOTOR_R, HIGH)

#define CAR_STOP MOTOR_L_STOP; MOTOR_R_STOP
#define CAR_FORWARD MOTOR_L_FORWARD; MOTOR_R_FORWARD
#define CAR_BACKWARD MOTOR_L_BACKWARD; MOTOR_R_BACKWARD
#define CAR_LEFT MOTOR_R_FORWARD; MOTOR_L_BACKWARD
#define CAR_RIGHT MOTOR_L_FORWARD; MOTOR_R_BACKWARD

```

```

#define HALF_SPEED    analogWrite(PIN_EN_MOTOR_L, 125); analogWrite(PIN_EN_MOTOR_R, 125)
#define HIGH_SPEED    analogWrite(PIN_EN_MOTOR_L, 255); analogWrite(PIN_EN_MOTOR_R, 255)

const int pinecho = 8;
const int pintrigger = 9;
const int pinled = 13;

// VARIABLES PARA CALCULOS
unsigned int tiempo, distancia;

void setup() {
  pinMode(PIN_EN_MOTOR_L, OUTPUT);
  pinMode(PIN_A_MOTOR_L, OUTPUT);
  pinMode(PIN_B_MOTOR_L, OUTPUT);
  pinMode(PIN_EN_MOTOR_R, OUTPUT);
  pinMode(PIN_A_MOTOR_R, OUTPUT);
  pinMode(PIN_B_MOTOR_R, OUTPUT);
  //digitalWrite(PIN_EN_MOTOR_L, HIGH);
  //digitalWrite(PIN_EN_MOTOR_R, HIGH);
  HIGH_SPEED;

  // CONFIGURAR PINES DE ENTRADA Y SALIDA
  pinMode(pinecho, INPUT);
  pinMode(pintrigger, OUTPUT);
  pinMode(13, OUTPUT);
}

void loop() {
  // ENVIAR PULSO DE DISPARO EN EL PIN "TRIGGER"
  digitalWrite(pintrigger, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(pintrigger, HIGH);
  // EL PULSO DURA AL MENOS 10 uS EN ESTADO ALTO

```

```

delayMicroseconds(10);
digitalWrite(pintrigger, LOW);

// MEDIR EL TIEMPO EN ESTADO ALTO DEL PIN "ECHO" EL PULSO ES PROPORCIONAL A LA
DISTANCIA MEDIDA

tiempo = pulseIn(pinecho, HIGH);

// LA VELOCIDAD DEL SONIDO ES DE 340 M/S O 29 MICROSEGUNDOS POR CENTIMETRO

// DIVIDIMOS EL TIEMPO DEL PULSO ENTRE 58, TIEMPO QUE TARDA RECORRER IDA Y VUELTA UN
CENTIMETRO LA ONDA SONORA

distancia = tiempo / 58;
if(distancia >=20){
    CAR_FORWARD;
}
else{
    CAR_STOP;
}
delay(2000);
CAR_RIGHT;
    delay(500);
}

```

Duración: 4 horas

Anexo I. Socialización del proyecto.

COLEGIO SANTA CLARA DE ASÍS
Socialización del proyecto

Objetivo: Identificar el aprendizaje logrado en el desarrollo de la intervención en la construcción del robot comparado con el primer momento.

Actividad final: Exposición por grupos en forma de carrusel del proyecto robótico.

Descripción: Las estudiantes deberán organizar un lugar donde muestren el robot que se construyó y explicar el proyecto elaborado con las características que este tiene y la funcionalidad del prototipo realizado; además deben decir los conceptos de física que se aprendieron durante la investigación y mostrar el diario de campo que cada grupo realizó para aquellas personas que estén interesados en conocer más detalladamente el proyecto. Las estudiantes podrán utilizar cualquier otro medio que les ayude a ilustrar mejor lo que quieren transmitir o mostrar a los miembros invitados, tales como, diapositivas, carteleras, póster entre otros.

Duración: 2 horas

Anexo J. Explicación código de programación.

A continuación, se enseñan las líneas de código más relevantes a cada uno de los equipos de acuerdo con el tipo de sensor y que se relacionaba con algún concepto de física. A modo de aclaración, donde inician las dos barras (//) es porque en el código se agrega un comentario de aclaración o explicación que facilita el entendimiento de ellas:

Código seguidor de línea:

```
#define LENTO_VELOCIDAD    analogWrite(PIN_EN_MOTOR_I,  
85);    analogWrite(PIN_EN_MOTOR_D, 85  
  
//Para que gire de una mejor forma se inserta la velocidad a 80  
para que tenga mejor ángulo de giro y a la vez pueda leer los datos  
desde el sensor.  
  
#define MEDIA_VELOCIDAD    analogWrite(PIN_EN_MOTOR_I,  
210);    analogWrite(PIN_EN_MOTOR_D, 210) //El giro debe ser más  
rápido que el aceleras ya que detiene el momento que consiguió,  
pero no muy alto porque se sale de la línea.  
  
#define TODA_VELOCIDAD    analogWrite(PIN_EN_MOTOR_I,  
255);    analogWrite(PIN_EN_MOTOR_D, 255) //Esta no la uso pero está  
ahí si se quiere ir a todo el potencial
```

En esta parte del código seguidor de línea se controlará toda la parte de la velocidad del prototipo robótico, teniendo así tres tipos de velocidades. Estos motores estarán conectados a un pin analógico, el cual puede tener valores entre 0 y 255, siendo 0 el nivel más bajo de velocidad y 255 el valor máximo; como el robot será un seguidor de línea este debe tener una potencia media para que este no se salga de la línea que debe seguir.

```
void loop(){ //Uso el WHILE en vez del IF, porque el WHILE es  
instantaneo y el IF hace que se demore unos milisegundos en dejar de  
girar  
  
    analogWrite (12,10);  
    DERECHA=analogRead (A2);  
    while(DERECHA<35){  
        CARRO_DERECHA;  
        MEDIA_VELOCIDAD;  
        DERECHA=analogRead (A2);  
    }  
    IZQUIERDA=analogRead (A0);  
    while(IZQUIERDA<35){  
        CARRO_IZQUIERDA;  
        MEDIA_VELOCIDAD;  
        IZQUIERDA=analogRead (A0);  
    }  
    CARRO_ADELANTE;  
    LENTO_VELOCIDAD; //Gira en media velocidad y avanza más lento para que  
pueda reaccionar}
```

Esta es la parte del código más importante, ya que es donde se calibran los sensores seguidores de línea; es importante ponerlas en las superficies oscuras y claras para poder

tomar los valores por medio del sensor e ir registrando desde el Monitor Serial del IDE de Arduino, donde por medio de una comunicación serial con el computador se pueden observar valores entre 0 y 1023. En este caso, si ponemos el sensor en una parte oscura el reflejo de la luz va a dar un valor de 1023, mientras que si la ponemos en una parte clara como es el baldosín blanco se notará que los valores se reducen en aproximadamente 35. Estos valores serán de referencia para poder calibrar el carro dependiendo del color que debe seguir, teniendo ambos motores conectados a los pines analógicos A2 y A0. En esa parte se puede trabajar todo lo que tiene que ver con la reflexión de la luz, pero en ese caso todo medido desde los sensores que se les dio, midiendo distintos valores en diferentes regiones, por ejemplo, si ponemos el sensor en una parte café va a tomar un valor, si se pone en una parte oscura tomará otro valor y si se pone en una parte blanca como es el baldosín de laboratorio tomará otro valor. Todo esto funciona mediante ondas electromagnéticas las cuales serán de referencia para el color que estos deben seguir.

Código carro Bluetooth:

```
#ifndef USING_ARDUINO_UNO
SoftwareSerial serial_bluetooth(10, 11); // RX, TX
#else
#define serial_bluetooth Serial1
#endif

#define BAUD_RATE 9600
```

En esta parte del código se establecerá conexión tanto con el prototipo robótico como con el celular por medio del módulo Bluetooth, el cual funciona mediante ondas electromagnéticas, transmitiendo información a cortas distancias las cuales no pueden abarcar más de 10 metros; es decir, en el momento en que se establezca conexión con el carro Bluetooth éste no puede irse más de 10 metros ya que la información que se suministre del celular no le alcanzará a llegar. Dentro del espectro electromagnético se pueden encontrar distintos tipos de señales dependiendo de las características de la onda, ustedes consultan podrán observar todo el espectro electromagnético dentro de las normas que se establecen teniendo en cuenta la salud del ser humano. Aparte de eso para lograr una comunicación entre el Arduino y el módulo Bluetooth hay una velocidad de información la cual se denomina baudios, los baudios se consideran como la cantidad de información que pasa en un segundo; es algo así parecido como la frecuencia (Hertz). Podemos notar que la velocidad de información dentro del pc puede estar a 9600 como la cantidad mínima de información y como la cantidad máxima información que le podemos suministrar a un dispositivo dentro del monitor serial es de 115200. Esta velocidad de comunicación también se puede ver en el monitor serial de Arduino IDE (interfaz de programación de Arduino).

```
#define HALF_SPEED false

#define HIGH_SPEED true
#define CAR_HALF_SPEED current_speed =
HALF_SPEED; analogWrite(PIN_EN_MOTOR_L, 125);
analogWrite(PIN_EN_MOTOR_R, 125)
```

```

#define CAR_HIGH_SPEED      current_speed =
HIGH_SPEED; analogWrite(PIN_EN_MOTOR_L, 255);
analogWrite(PIN_EN_MOTOR_R, 255)
boolean current_speed;

```

En esa parte del código se establecerá los pines digitales usados en la construcción del Arduino en el prototipo robótico establecerán la velocidad de este en donde cero es el valor mínimo de velocidad y 255 es el valor máximo de velocidad. Para tener más control del carro se establecen pins en analógicos teniendo una velocidad de 125 . Se debe tener en cuenta que si el carro va a ser un movimiento rectilíneo o se comparará velocidades con otro carro es necesario ponerlo en el valor máximo de velocidad de 255, procurando tener las baterías muy cargadas ya que a mayor velocidad mayor es el gasto de la batería.

Código sensor ultrasónico:

```

#define HALF_SPEED          analogWrite(PIN_EN_MOTOR_L, 125);
analogWrite(PIN_EN_MOTOR_R, 125)
#define HIGH_SPEED          analogWrite(PIN_EN_MOTOR_L, 255);
analogWrite(PIN_EN_MOTOR_R, 255)

const int pinecho = 8;
const int pintrigger = 9;
const int pinled = 13;

// VARIABLES PARA CALCULOS
unsigned int tiempo, distancia;

```

Dentro de esta parte del código se establecen las velocidades a las cuales deben de ir los motores siendo 0 la mínima velocidad y 255 la máxima velocidad. Es importante establecer una velocidad media ya que como se va a trabajar con el sensor ultrasónico este no puede ir a mucha velocidad para que pueda detectar los obstáculos rápidamente y poder tomar decisiones. Ideal que se establezca una velocidad media en los pines analógicos de 125. Por otro lado el sensor ultrasónico funciona por medio de ondas, tanto en la emisión como en la recepción; por tanto se establecen los pines analógicos, el pin de recepción está conectado directamente al pin 8, el pin de emisión está conectado al pin 9 del Arduino y se hace una conexión de manera aleatoria al pin 13 conectando un led que pueda dar información de un obstáculo, es decir que cuando el LED se conecte al pin 13 y encuentre un obstáculo este se prenderá.

```

// CONFIGURAR PINES DE ENTRADA Y SALIDA
pinMode(pinecho, INPUT);
pinMode(pintrigger, OUTPUT);
pinMode(13, OUTPUT);

```

Activamos el pin trigger como salida emitiendo una onda y el pin que recibe la onda y lo establecemos como input (recepción de la señal). Estos valores se establecen como altos y bajos output o input respectivamente).

```

void loop() {

```

```

        // ENVIAR PULSO DE DISPARO EN EL PIN "TRIGGER"
        digitalWrite(pintrigger, LOW);
        delayMicroseconds(2);
        digitalWrite(pintrigger, HIGH);
        // EL PULSO DURA AL MENOS 10 uS EN ESTADO ALTO
        delayMicroseconds(10);
        digitalWrite(pintrigger, LOW);

        // MEDIR EL TIEMPO EN ESTADO ALTO DEL PIN "ECHO" EL PULSO ES
        PROPORCIONAL A LA DISTANCIA MEDIDA
        tiempo = pulseIn(pinecho, HIGH);

```

En esta parte se mide el tiempo en estado alto y se agrega como pin de entrada o encendido y el tiempo que dure el pulso se administra en la variable tiempo.

```

        // LA VELOCIDAD DEL SONIDO ES DE 340 M/S O 29 MICROSEGUNDOS POR
        CENTIMETRO
        // DIVIDIMOS EL TIEMPO DEL PULSO ENTRE 58, TIEMPO QUE TARDA RECORRER
        IDA Y VUELTA UN CENTIMETRO LA ONDA SONORA
        distancia = tiempo / 58;

```

En esa parte se tiene en cuenta que aproximadamente la velocidad del sonido en condiciones normales es de 340 m/s y que viaja en el espacio tomando sólo 9 microsegundos por centímetro. Ahora se divide el tiempo del pulso entre 58 y ese es el tiempo que tarda en recorrer la honda, ida y vuelta (tiempo desde la emisión hasta la recepción).

```

        if(distancia >=20 ){
            CAR_FORWARD;
        }else{
            CAR_STOP;

```

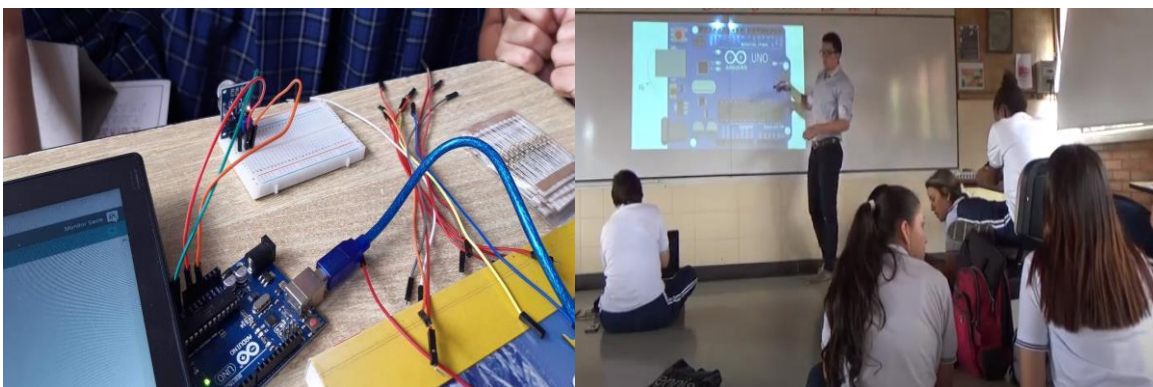
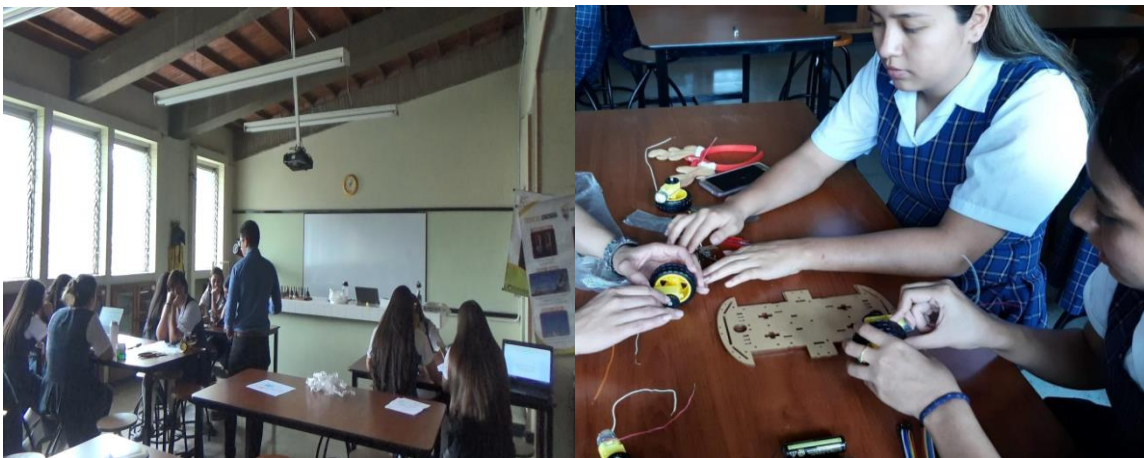
Por último, se establece la condición, teniendo en cuenta la distancia o el cálculo que se hace cada 10 microsegundos detecte un obstáculo. Si el obstáculo está a más de 20 cm el carro seguirá adelante, pero de lo contrario el carro realizará un pare. Esa es la parte más importante del código ya que aquí es donde se establecen los pines como altos o bajos. El pulso entre cada emisión y cada recepción dura al menos 10 microsegundos en estado alto; esto quiere decir que cada 10 microsegundos se estará enviando y recibiendo una señal o en otras palabras, el sensor estará advirtiendo de un obstáculo cada 10 microsegundos.

Anexo K. Registro fotográfico de la implementación del modelo MOPRE.

Primer momento: Formulación del problema de la realidad y planificación del proyecto.



Segundo momento: Construcción y programación del robot.



Tercer momento: Socialización del proyecto.



Anexo L. Registro fotográfico acercamiento a la programación desde PSeInt y Arduino



