

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

UNA PROPUESTA TEÓRICO METODOLÓGICA PARA RESIGNIFICAR LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA A PARTIR DEL USO DE LOS SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Carlos Mario Arias Marín

Juan Diego Gallego Londoño

Andrés Mateo Gómez Copete

Universidad de Antioquia

Facultad de educación

Medellín, Colombia

2018

CC BY NC ND

Una propuesta teórico metodológica para resignificar la actividad experimental en la enseñanza de la física a partir del uso de los sistemas de adquisición de datos

Carlos Mario Arias Marín

Juan Diego Gallego Londoño

Andrés Mateo Gómez Copete

Trabajo de grado como requisito parcial para optar al título de:
Licenciado en Matemáticas y Física

Asesoras:
Mg. Mónica Eliana Cardona Zapata

Dra. Sonia Yaneth López Ríos

Línea de Investigación:
Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) para la Enseñanza de las Ciencias

Universidad de Antioquia
Facultad de Educación
Medellín, Colombia
2018.

AGRADECIMIENTOS

A nuestras asesoras; Sonia Yaneth López Ríos y Mónica Eliana Cardona Zapata, por todos los conocimientos compartidos a lo largo de este proceso, por su constancia y disciplina en la construcción de este trabajo, por su buena actitud y por creer en nosotros.

En segundo lugar, queremos agradecer a nuestras familias, que son nuestros pilares para luchar y construir nuestros sueños, por darnos todo su apoyo y alentarnos a seguir en el camino.

A la Facultad de Educación, por brindarnos el mejor proceso de formación posible, por ofrecernos los espacios para nuestra educación y por contar con unos profesores de excelente calidad.

A la Institución Educativa Presbítero Antonio José Bernal Londoño; por abrirnos sus puertas para realizar nuestras prácticas pedagógicas y permitirnos tener nuestro primer acercamiento a la actividad docente.

Al profesor Nelson Sánchez y su curso de Física Biológica III, por permitirnos implementar nuestra propuesta; además, por los conocimientos y aportes brindados a lo largo de los días.

También agradecemos al profesor Luis Felipe Ramírez, del Instituto de Física, por su tiempo y disposición para prepararnos en el manejo de los Sistemas de Adquisición de Datos. Y por sus conocimientos específicos en el área, los cuales fueron de gran ayuda para preparar e implementar la propuesta.

A nuestros compañeros y amigos de la Licenciatura en Matemáticas y Física, por llenarnos de ánimos y buenas energías para finalizar de forma exitosa este trabajo.

Por último, a todos los que hacían parte de la línea de investigación, por las recomendaciones y aportes en pro de llevar a cabo un buen proceso de investigación.

A todos, muchas gracias.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN 9
1. INTRODUCCIÓN 10
2.PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 13
3.OBJETIVOS 18
3.1 Objetivo general 18
3.2 Objetivos específicos 18
4. DISEÑO TEÓRICO 19
4.1 Revisión de literatura 19
4.2 Marco teórico 28
4.2.1 Teoría de los Campos Conceptuales de Gérard Vergnaud 28
4.2.2 Actividad experimental en la enseñanza de la física 32
4.2.3 Uso de TIC en la enseñanza de la física 34
5. MARCO METODOLÓGICO 39
5.1 Perspectiva y enfoque de la investigación 39
5.2 Contexto y participantes 41
5.3 Técnicas e instrumentos para la recolección de información 42
5.3.1 Cuestionario 42
5.3.2 Observación participante 42
5.3.3 Diario de campo 43
5.3.4 Entrevista semiestructurada 43
5.4 Descripción de la propuesta didáctica 44
5.4.1 Primer momento 46
5.4.2 Segundo momento 47
5.4.3 Tercer momento 48
5.5 Instrumentos y procedimientos para el análisis de la información 50
5.6 Categorías para el análisis de la información 51
5.6.1 Características de las situaciones que favorecen la conceptualización 52
5.6.2 Potencialidades de los SAD 53
6. ANÁLISIS Y RESULTADOS 55
6.1 Características de las situaciones que favorecen la conceptualización 55
6.2 Potencialidades de los SAD 65
6.2.1 SAD como instrumento en la toma de datos 65
6.2.2 Papel de los SAD en los procesos de representación 67

6.2.3 Papel de los SAD en las reflexiones sobre la apropiación de los maestros con el uso de las TIC en el aula de clase 70
6.3 Representaciones como externalización de la conceptualización 73
7. CONSIDERACIONES FINALES 87
7.1 Conclusiones 87
7.2 Recomendaciones 87
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 89
9. ANEXOS 92

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Revistas consultadas para la revisión de literatura.....20
Tabla 2 Ejes temáticos y autores para la revisión de literatura 21
Tabla 3 Momentos de la propuesta didáctica 45
Tabla 4 Categorías apriorísticas para el análisis de los resultados.....52
Tabla 5 Conceptos en acción y teoremas en acto identificados en el cuestionario inicial. 55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud (Construcción propia).....29
Figura 2: Etapas de un Sistema de Adquisición de Datos.....37
Figura 3: Montaje sobre la protoboard del circuito en serie batería-led-capacitor. 46
Figura 4: Montaje del circuito RC con el Arduino. 47
Figura 5: Montaje de un circuito de carga de un condensador a partir de inducción electromagnética. 49
Figura 6: Representaciones de los estudiantes en el primer momento. 74
Figura 7: Representación de E2 de la Carga y descarga de un capacitor. 81

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Consentimiento informado. 92
Anexo B. Preguntas entrevista semiestructurada individual del primer momento. 94
Anexo C. Preguntas entrevista semiestructurada individual del segundo momento. 95
Anexo D. Preguntas entrevista semiestructurada individual del tercer momento. 96
Anexo E. Formato de preguntas para el diagnóstico. 97
Anexo F. Formato de preguntas para el experimento diagnóstico. 99
Anexo G. Propuesta actividad experimental para el segundo momento. 101
Anexo H. Propuesta actividad experimental para el tercer momento. 104
Anexo I. Resumen del modelo teórico para el montaje experimenta del tercer momento. ...105
Anexo J. Preguntas de la actividad de exploración del tercer momento. 106
Anexo K. Representaciones de los estudiantes de la carga y descarga de un capacitor. 107

Anexo L. Registro fotográfico de la actividad experimental del primero momento. 109
Anexo M. Registro fotográfico de la actividad experimental del segundo momento. 110
Anexo N. Registro fotográfico de la actividad experimental del tercer momento. 111

RESUMEN

En este trabajo se analiza la contribución a la conceptualización en la actividad experimental en física, de una propuesta teórico metodológica implementada con estudiantes del curso de Física Biológica III de la Licenciatura en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad de Antioquia, Colombia. La propuesta se fundamentada en la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud (1990) y se apoya en el uso de sistemas de adquisición de datos. La investigación emplea una metodología con enfoque cualitativo utilizando como método el estudio de caso instrumental. La recolección de información se realiza a través de diferentes instrumentos como cuestionario abierto, observación participante, diario de campo y entrevista semiestructurada. Para el análisis de la información se desarrollaron los procesos de transcripción, categorización y codificación de los datos, y a la vez, se procedió con la triangulación, como proceso de validez, entre la teoría, los instrumentos y los investigadores. Finalmente, se evidencian los resultados donde se vio favorecida la conceptualización de los estudiantes que posibilitaron alcanzar tal objetivo.

1. INTRODUCCIÓN

La física pertenece a las ciencias naturales, y como tal, la construcción del campo científico se debe tanto a los análisis y procesos teóricos como a los experimentales, por lo que puede deducirse de manera directa que, así como las clases teóricas son importantes para el aprendizaje de esta ciencia, también es importante la actividad experimental, ya que a través de ella se puede relacionar la teoría con la realidad; además, permite concretar y comprender conceptos científicos como resultado de la materialización de lo abstracto. La actividad experimental posibilita un acercamiento a las metodologías y procedimientos de la ciencia, así como a los instrumentos de medida y a la familiarización con el error experimental (Romero y Aguilar, 2013). Todo esto hace de las prácticas de laboratorio, la oportunidad de mostrar la física como una de las ciencias que estudia los fenómenos reales, en contraste con el entorno ideal que usualmente se plantea cuando se aborda exclusivamente desde una perspectiva teórica.

De esta manera, comprendiendo la importancia de la actividad experimental y que es necesario revalorar algunas de las metodologías paradigmáticas de esta actividad, es necesario realizar otro tipo de propuestas que sean menos instrumentalistas y más beneficiosas para los procesos de conceptualización; además, que busquen favorecer un acercamiento y apropiación de las nuevas herramientas tecnológicas que el medio actual ofrece. En este sentido, esta investigación tiene como objetivo principal, analizar la contribución a la conceptualización en la actividad experimental en física, de una propuesta teórico-metodológica, que se apoya en el uso de Sistemas de Adquisición de Datos (SAD) y está fundamentada en la Teoría de los Campos Conceptuales de Gérard Vergnaud (1990), ya que esta teoría permite entender el proceso de conceptualización a partir del uso de diferentes elementos y procesos de la estructura cognitiva que son accionados por el individuo ante una

determinada situación.

El desarrollo de esta propuesta se realizó en el curso de Física Biológica III (Física de los campos) de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia y se enmarca en la línea de investigación en TIC y Enseñanza de las Ciencias de la Licenciatura en Matemáticas y Física.

El trabajo está compuesto por nueve capítulos en los que se presentan todos los elementos que hicieron parte de esta investigación. Seguido a este primer capítulo introductorio, donde se sintetiza todo el trabajo; se encuentra el segundo capítulo que corresponde al planteamiento y formulación del problema, en donde se describen las principales situaciones que justifican la problemática a investigar, tales como: las guías de laboratorio tipo receta, las exigencias del Ministerio de Educación para la formación de profesores de física, la responsabilidad de la universidad de formar los futuros licenciados en competencias tecnológicas y las dificultades conceptuales que se presentan en el aprendizaje de la capacitancia. De esta problemática surgen una serie de conclusiones que incentivan la formulación de una pregunta detonante para la realización de esta investigación. En consonancia con esto, son formulados un objetivo general y tres específicos, detallados en el tercer capítulo, y que permiten direccionar la investigación. En el cuarto es el diseño teórico, el cual comprende la revisión de literatura y el marco teórico. La primera parte sirve para conocer el estado actual de las investigaciones relacionadas con los referentes seleccionados para este trabajo, y también para orientar la construcción del marco teórico; de este modo, la revisión de literatura es producto de la búsqueda sobre tres ejes temáticos definidos como: la actividad experimental en la enseñanza de la física con Sistemas de Adquisición de Datos; la actividad experimental para abordar el concepto de capacitancia; y la actividad experimental desde la perspectiva de los Campos Conceptuales. Mientras que en la segunda parte

se retoman los referentes que sirven de sustento para la investigación, iniciando con la Teoría de los Campos Conceptuales de Gérard Vergnaud, continuando con la perspectiva de la actividad experimental y finalmente una descripción de las características y funcionamiento de los SAD.

El quinto capítulo corresponde al marco metodológico, en donde se describe la metodología de investigación, las características de los participantes y del contexto en el que se enmarca la práctica; también se incluye en este capítulo la descripción de la propuesta implementada y las técnicas e instrumentos de recolección y análisis de la información.

En el sexto capítulo se encuentra la discusión y análisis de los resultados obtenidos luego de codificar y categorizar la información. Seguidamente, en el séptimo capítulo se presentan las consideraciones finales, las cuales abarcan las conclusiones de la investigación también se mencionan algunas recomendaciones para futuras aplicaciones o estudios en la misma línea de investigación. En el capítulo ocho se encuentran las referencias que contribuyeron a la construcción del trabajo y por último, en el capítulo nueve se presentan los anexos que se componen de los instrumentos utilizados en la propuesta y de algunas evidencias de la misma.

2.PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Dada la importancia de la actividad experimental, en los diferentes programas de la Universidad de Antioquia como Ingeniería, Física, Licenciatura en Ciencias Naturales y Licenciatura en Matemática y Física, se destina en los cursos de física, un tiempo exclusivo para la realización de esta. Sin embargo, como los perfiles profesionales de estos programas apuntan a objetivos diferentes, la forma de abordar la práctica de laboratorio debe ser también cuestionada para asegurar que cada una corresponda a las necesidades propias de cada profesional.

A partir de la experiencia en la formación de los investigadores, se puede constatar que aún prevalece en los formatos de algunas prácticas de laboratorio, guías preelaboradas que son procedimentales y detallan el paso a paso de la experiencia a realizar y los instrumentos de medida a utilizar, centrándose especialmente en la obtención de resultados numéricos que puedan ser comparados con valores teóricos. En relación con lo anterior Jaime y Escudero (2011) manifiestan:

> …" La tarea de los futuros profesionales en la actividad experimental se suele hacer como una ilustración o verificación de contenidos teóricos previamente introducidos. Por lo general los alumnos cuentan con guías que marcan los pasos a seguir en un único sentido y que implican la aprobación del trabajo práctico solo cuando se obtiene el resultado previsto. En estos trabajos prácticos pautados, las oportunidades de poner en relación conceptos y modelos teóricos con resultados experimentales resultan limitadas no habiendo prácticamente lugar para la formulación de hipótesis ni para la toma de decisiones por parte de los alumnos" (p. 372)

En este sentido, Romero y Aguilar (2013) afirman que es necesario "reconsiderar y reanalizar el papel desempeñado por el experimento en la generación de nuevo conocimiento

y en la construcción de conceptos teóricos, en el ámbito de la formación de profesores de ciencias" (p. 18).

Se evidencia entonces un desconocimiento, para el caso particular de los estudiantes de licenciaturas, sobre las exigencias que implica la inserción profesional y el desarrollo de nuevas competencias, que requieran relacionar permanentemente la enseñanza de la física con la realidad y utilizar los fenómenos presentes en la cotidianidad de los estudiantes como punto de partida para potenciar el aprendizaje. Esto significa que el profesor debe tener la capacidad de cuestionar e interpretar acontecimientos físicos para, a partir de ellos, diseñar un lugar común donde puedan converger la teoría científica y el contexto, mediados por los conocimientos en pedagogía y la observación del entorno. En definitiva, un estudiante de licenciatura debe desarrollar la competencia para diseñar prácticas experimentales que permitan a los estudiantes una apropiación significativa de los conceptos. Por lo que no resulta apropiado, que se desarrollen siguiendo un formato "rígido "de guías, pues en el ejercicio como educador se le presentarán gran variedad de situaciones en las que se tendrá que considerar las particularidades del momento y del entorno, para ponerlos a su favor en la enseñanza de la física y facilitar la apropiación de los conceptos en sus estudiantes.

Así pues, las prácticas de laboratorio de los estudiantes de licenciatura en matemáticas y física, deben permitir que el estudiante haga parte del diseño experimental; que pueda determinar qué variables medir y a través de cuáles instrumentos hacerlo; deben contar con el tiempo y la libertad para experimentar la riqueza científica que proporciona el "resultado inesperado"; deben permitir generar, más que respuestas, nuevas preguntas; develar vacíos conceptuales y permitir consolidar la teoría desde un análisis interpretativo que vaya más allá de la verificación y cuantificación de un fenómeno mediante la experimentación, para apoyar lo anterior Medina y Tarazona (2011) dicen:

… “en el ámbito de la enseñanza cuando se logra involucrar al estudiante en la construcción de estos instrumentos, se suscitan reflexiones en torno a lo que hay tras de la construcción de un instrumento, resultando de un gran interés pedagógico analizar las propuestas que ellos hacen” (p. 19).

Porque antes que otra cosa, el futuro licenciado, tendrá que adquirir las habilidades necesarias para enseñar física en un contexto que, en su condición de estudiante, aún no puede determinar con exactitud.

Es también responsabilidad de la Universidad formar en los futuros licenciados las competencias tecnológicas; es decir, favorecer las herramientas necesarias para que integre en sus prácticas los avances tecnológicos que le permitan mejorar los espacios de enseñanza y aprendizaje (MEN, 2016). En este sentido hay que hacer un llamado a los catedráticos de las facultades de educación para que abandonen las suspicacias (y las “recetas” propuestas en sus guías) para adentrarse en la búsqueda de los elementos y avances tecnológicos que puedan ser incorporados en las prácticas de laboratorio y que, junto con sus estudiantes, propongan nuevas formas de diseñar y desarrollar dichas prácticas.

En la actualidad existen muchos elementos tecnológicos, que pueden ser utilizados para la enseñanza de la física, no solo en la formación universitaria sino también, en la educación en todos los niveles (Grisolía, 2009; Ré, Arena Y Giubergía, 2012; Capuano, 2011; Pontes, 2005; Haag, Araujo y Veit, 2005) . Uno de estos instrumentos tecnológicos que pueden ser utilizados en la enseñanza de la física, y que están a disposición en la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia, son los llamados sistemas de adquisición de datos; aunque estos instrumentos fueron diseñados pensando en solucionar problemas diferentes a los pedagógicos, tienen gran potencial en el ámbito educativo.

Los sistemas de adquisición de datos presentan algunas ventajas respecto a los

instrumentos tradicionales de medida, por ejemplo, permiten en muchos de los casos obtener una mayor precisión en las mediciones; además, se puede realizar gran cantidad de medidas en un periodo de tiempo reducido, lo que permite disponer de más tiempo para el análisis del experimento (Haag, Araujo y Veit, 2005). Otra ventaja que presentan los sistemas de adquisición es la portabilidad y versatilidad, es decir que son pequeños, fáciles de transportar y de ubicar en los montajes, cada sensor puede ser utilizado de forma sencilla, permitiendo disponer en un solo laboratorio de varios instrumentos de medida para responder a las necesidades y cuestiones que surjan en la realización del experimento.

De esta manera, se puede lograr una evolución en comparación con las actividades experimentales tradicionales que están sujetas a la verificación de una teoría mediante la toma y cálculo de datos; debido a que al reducir los periodos en estos procesos, el tiempo restante puede ser utilizado en modificar algunas variables, analizar las gráficas y sacar mejores conclusiones; lo cual puede resultar de gran interés y motivación para los estudiantes, en especial los apasionados por la investigación.

En relación con lo anterior Yanitelli, Massa y Moreira,(2010) manifiestan: el uso de sistemas informáticos de adquisición de datos en tiempo real en la resolución de actividades experimentales de Física, de nivel básico universitario, ofrece interesantes posibilidades para familiarizar a los estudiantes con los recursos informáticos (p. 21).

Junto con lo anterior, se puede decir que una buena motivación, una correcta planeación y un adecuado manejo, puede evitar que sean tomados o considerados como un instrumento más del laboratorio y se empiecen a concebir como una herramienta de grandes utilidades y potencialidades.

Por último, Yanitelli, Massa y Moreira (2010) dan otro aporte:

… “numerosas investigaciones en el campo de la Enseñanza de las Ciencias han

mostrado que estos recursos tienen mayores posibilidades de ser utilizados para mejorar el aprendizaje de las Ciencias; de ayudar al estudiante a aprender significativamente construyendo su conocimiento, de favorecer la capacidad de razonar y comprender conceptos científicos, de introducir modificaciones en variables relevantes para la aplicación de un dado modelo teórico; y establecer criterios de ajustes y de contribuir a cambiar algunas ideas previas erróneas muy frecuentes" (p. 22).

Así, podemos notar que los sistemas de adquisición de datos, favorecen la conceptualización, pues permite que estudiantes se enfrenten con mayor fluidez a la actividad experimental propuesta. Además, permite una evolución y reestructuración de los esquemas y, por lo tanto una adecuación de los invariantes operatorios.

Todo lo anterior nos lleva a formular la siguiente pregunta de investigación **¿De qué manera la actividad experimental desarrollada bajo una propuesta teórico metodológica fundamentada en la teoría de los campos conceptuales, contribuye a la conceptualización de los estudiantes de licenciatura en matemáticas y física?**

3.OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Analizar la contribución a la conceptualización en la actividad experimental en física, de una propuesta teórico metodológica fundamentada en la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud y apoyada en el uso de sistemas de adquisición de datos.

3.2 Objetivos específicos

- Identificar las características que debe tener una situación que favorezca la conceptualización a través de la actividad experimental en la enseñanza de la física.
- Identificar el papel de las representaciones para dar cuenta del proceso de conceptualización de los estudiantes.
- Determinar las potencialidades de los sistemas de adquisición de datos en la actividad experimental para la enseñanza de la física.

4. DISEÑO TEÓRICO

4.1 Revisión de literatura

En este apartado se presenta los hallazgos de una revisión literaria que sirvió como base para el planteamiento y direccionamiento de la investigación y son referentes teóricos de apoyo para sustentar la importancia y utilidad de este trabajo en la enseñanza de la física.

En este sentido, para la estructuración de nuestra búsqueda, se definieron tres ejes temáticos: actividad experimental en la enseñanza de la física con sistemas de adquisición de datos, actividad experimental para abordar el concepto de capacitancia, actividad experimental desde la perspectiva de los campos conceptuales.

Para concretar la búsqueda sobre el estado actual de las investigaciones en estos ejes, se establecieron como términos claves: enseñanza de la física con sistemas de adquisición de datos, TIC en la enseñanza de la física, sistemas de adquisición de datos en la educación y Teoría de los Campos Conceptuales; y se determinó revisar los hallazgos que estuvieran en el rango comprendido entre los años 2007 – 2017. De esta manera, se seleccionaron once revistas especializadas en educación, enseñanza de las ciencias, educación en ciencia y tecnología y enseñanza de la física; nueve de ellas de carácter internacional y dos de carácter nacional..

Se encontraron 75 artículos de posible relevancia que se analizaron según los siguientes criterios: artículos donde se resalta el uso de los sistemas de adquisición de datos o sensores en la actividad experimental en la enseñanza de la física; artículos donde se aborde el tema de capacitancia desde la actividad experimental y que la teoría de aprendizaje esté basada en los Campos Conceptuales de Vergnaud.

De los 75 artículos seleccionados inicialmente sólo fueron tenidos en cuenta 31; los demás se descartaron porque no cumplían los criterios establecidos para la investigación. De esta

manera, 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	- Revista Educación y Pedagogía	1
Enseñanza de las ciencias	- Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias	1
	- Investigações em Ensino de Ciências	3
	- Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	1
	- Revista Virtual Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias	1
Educación en ciencia y tecnología	- Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología	2
Enseñanza de la física	- Enseñanza de la física	6
	- Latin American Journal of Physics Education	7
	- American Journal of Physics	2
	- Caderno Brasileiro de Ensino de Física	5
	- Física na Escola	2
Total artículos		31

En la tabla 2 se clasifican los autores de los artículos en relación con los ejes temáticos.

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

Ejes temáticos	Autores
Actividad experimental en la enseñanza de la física con sistemas de adquisición de datos.	Ferrini y Aveleyra (2007), Pimentel, Alves, Willer, Oliveira, Ikebara, Bottaro y Lopes (2010), Yanitelli, Massa y Moreira (2011), Hurovich, Azpiazu Cucci y Joselevich (2015), Bordone, Bigliani y Capuano (2015), Christiansen, Hanna, Agüero y Pereyra (2016), Werner da Rosa, Trentin, Becker da Rosa y Giacomelli (2016).
Actividad experimental para abordar el concepto de capacitancia.	Garg, Sharma y Dhingra (2010), Guisasola, Zubimendi, Franco y Ceberio (2010), , Giacosa, Giorgi y Maidana (2012), Macedo, Dickman y Andrade (2012), , Santana, Menezes Jr y da Silva Santana (2015), Fragoso y Torres (2017).
Actividad experimental desde la perspectiva de los campos conceptuales.	Moreira, Andrés, Pesa (2006), Jaime y Escudero (2011), Otero y Figueroa (2011), Alzugaray, Massa y Moreira (2014), Castaño, Meneses y Andrés (2014), Bravo y Pesa (2016).

Los SAD constituyen una herramienta de gran potencial al momento de trabajar la actividad experimental en la enseñanza de la física, tanto en la educación básica y media como a nivel universitario, desde este punto de vista, el uso de sistemas informáticos de adquisición de datos en tiempo real en la resolución de actividades experimentales de física, ofrece interesantes posibilidades para familiarizar a los estudiantes con los recursos informáticos y el interesante dominio de la automatización de gran importancia en la ciencia moderna (Yanitelli, Massa y Moreira, 2011). Respecto al primer eje temático, se encontraron diversos trabajos que se apoyan en referentes teóricos como, el aprendizaje significativo de Ausubel (Aveleyra, Chiabrando y Ferrini, 2008), la teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird (Yanitelli, Massa y Moreira, 2011), el método de indagación científica (Hurovich, Azpiazu, Cucci y Joselevich, 2015); además se destacan diferentes estrategias

como, el trabajo colaborativo (Bordone, Bigliani y Capuano, 2015), el uso de nuevas tecnologías (Christiansen, Hanna, Agüero y Pereyra, 2016) y el trabajo con materiales tecnológicos alternativos (Werner da Rosa, Trentin, Becker da Rosa y Giacomelli, 2016).

La mayoría de estos trabajos desarrollan una investigación de carácter cualitativo y se realizaron en los primeros semestres de estudios universitarios (Aveleyra, Chiabrando y Ferrini, 2008; Yanitelli, Massa y Moreira, 2011; Bordone, Bigliani y Capuano, 2015; Christiansen, Hanna, Agüero y Pereyra, 2016), y otros pocos en la educación básica y media (Hurovich, Azpiazu, Cucci y Joselevich, 2015; Werner da Rosa, Trentin, Becker da Rosa y Giacomelli, 2016), abordando conceptos tales como: cinemática, caída libre, distancia, movimiento, péndulo simple, aceleración de la gravedad y conducción del calor.

En cuanto al uso de los SAD, se encontró que en las diferentes investigaciones se utilizaron diferentes tipos de sensores tales como: sensores de fuerza y posición, fotocompuertas, sensores electrónicos de distancia, sensores sonoros computarizados, sensores infrarrojos, sensores fotocompuerta en arduino y sensores de temperatura en arduino. En relación con el uso de sensores, Yanitelli, Massa y Moreira (2011) han manifestado que constituyen el centro de un nuevo enfoque en la enseñanza, el aprendizaje y la innovación al favorecer el desarrollo de habilidades tales como observar, comparar y juzgar; de esta forma la enorme cantidad de valores obtenidos puede tratarse con *softwares* adecuados que operan sobre los mismos proporcionando resultados analíticos y gráficos casi instantáneos.

Entre los hallazgos más relevantes a nivel universitario, se encontró que el uso de los SAD en la actividad experimental en física, permiten potenciar la enseñanza de la física (Christiansen, Hanna, Agüero y Pereyra, 2016), puesto que en el desarrollo de la actividad experimental, generalmente se tienen que recurrir a casos hipotéticos debido a la imprecisión

en la medición por errores humanos; además los SAD permiten una mejor capacidad y precisión en la toma de datos (Bordone, Bigliani y Capuano, 2015), lo cual es considerado una ventaja porque proporciona un mejor análisis de las situaciones que se estén abordando; también, la exactitud, velocidad y manejo de estos dispositivos genera mayor interés y motivación en los estudiantes (Bordone, Bigliani y Capuano, 2015), a la hora de realizar nuevas prácticas. Por último, se encontró que el uso de estas herramientas genera representaciones mentales en los estudiantes (Yanitelli, Massa y Moreira, 2011), favoreciendo el análisis e interpretación de los resultados experimentales.

Por otro lado, a nivel básico y medio se encontró que el uso de los SAD permite ajustar la experiencia y los parámetros de la misma en tiempo real y repetir los movimientos las veces que fuera necesario hasta obtener lo buscado de una manera más dinámica (Hurovich, Azpiazu, Cucci y Joselevich, 2015), este monitoreo en tiempo real permite comprender mucho más profundamente la naturaleza del fenómeno que se está estudiando, ya que ofrece posibilidades de ir modificando las condiciones en función de los datos que están siendo obtenidos; además, la inserción de los sensores y de la placa Arduino asistida por el computador se muestra como un atractivo para la realización de la actividad experimental, así como desarrollar la curiosidad de los estudiantes en lo que se refiere al funcionamiento de estas tecnologías (Werner da Rosa, Trentin, Becker da Rosa y Giacomelli, 2016).

Aunque esto permite plantear una mayor cantidad de situaciones a los estudiantes, se hace necesario que los profesores estén capacitados en el manejo de estos instrumentos (Hurovich, Azpiazu, Cucci y Joselevich, 2015), porque un inadecuado manejo puede llevar al fracaso en el desarrollo de la actividad y, por ende, a desvirtuar las características mencionadas anteriormente.

En cuanto al segundo eje temático, se encontraron algunos trabajos desarrollados en los

primeros cursos de física a nivel universitario, los cuales se apoyan en referentes teóricos y estrategias como: Secuencia didáctica de enseñanza desde la teoría socio-constructivista de Vigotsky (Guisasola, Zubimendi, Franco y Ceberio, 2010), aprendizaje asistido por computación utilizando Sistemas de Adquisición de Datos (Garg, Sharma y Dhingra, 2010), entornos virtuales utilizando applets y simulaciones (Giacosa, Giorgi y Maidana 2012) y resolución de problemas a partir de la actividad experimental (Fragoso y Torres 2017).

Por otra parte, se encontraron dos trabajos llevados a cabo en la enseñanza básica y media, uno de ellos apoyado en un referente teórico: momentos pedagógicos de Delizoicov: problematización inicial, organización del conocimiento y aplicación del conocimiento (Macedo, Dickman y Andrade 2012), y otro utilizando como estrategia la actividad experimental (Santana, Menezes Jr y da Silva Santana 2015). Además, cabe resaltar que, en las investigaciones mencionadas anteriormente se abordaron conceptos en física tales como: capacitancia, carga eléctrica, inducción electromagnética, campo magnético, corriente eléctrica y resistencia eléctrica.

Entre los hallazgos más importantes a nivel universitario, se encontró que respecto al concepto de capacitancia, la mayoría de los estudiantes explican el proceso basándose en el paso de carga desde donde hay una mayor cantidad hacia donde hay una menor cantidad de carga (Guisasola, Zubimendi, Franco y Ceberio, 2010), a su vez, describen que el movimiento de cargas es debido a la diferencia de la cantidad de cargas existente entre dos cuerpos unidos por un cable o, entre la batería y el cuerpo; por tanto, el concepto de capacitancia se restringe al de la cantidad de carga que un cuerpo puede acumular, asociándolo al tamaño y despreciando su forma geométrica. Asimismo, los estudiantes presentan dificultades en identificar el proceso de carga y descarga de un capacitor, relacionar las magnitudes físicas involucradas que varían en el tiempo (carga, corriente eléctrica,

diferencia de potencial) e identificar las representaciones gráficas de las funciones matemáticas que las describen (Giacosa, Giorgi y Maidana 2012), donde la mayoría de los problemas resueltos se realizan de una forma cuantitativa y no se detienen a analizar lo que está ocurriendo en el fenómeno.

Además, un número significativo de estudiantes utilizan las fórmulas de potencial eléctrico y de capacidad eléctrica sin dotarlas de significado (Fragoso y Torres 2017), parece ser, que cuando los estudiantes no atribuyen significado a estos conceptos se refugian en sus definiciones operativas y razonan en base a estas fórmulas. Pero, por otro lado, a través del uso de SAD y herramientas de análisis gráfico, permitió mejorar la comprensión del concepto de capacitancia (Garg, Sharma y Dhingra, 2010), donde los estudiantes pueden evitar la recopilación manual de datos y análisis, dedicando más tiempo a observar el fenómeno físico, aplicando variaciones e interpretando el resultado.

Por otra parte, entre los hallazgos más importantes en la educación básica y media, se encontró que la capacitancia se presenta como un elemento complejo y difícil de observar por los estudiantes (Macedo, Dickman y Andrade 2012), donde la mayoría de las veces, estos conocimientos sólo se dan por medio de fórmulas matemáticas complicadas y muchas de ellas no permiten una verificación directa por el alumno, ya sea por observaciones o experiencias de laboratorio. Además, los estudiantes también presentan serias dificultades en el aprendizaje de un modelo de la naturaleza eléctrica de la materia que explique los fenómenos electrostáticos básicos como la capacitancia (Santana, Menezes Jr y da Silva Santana 2015), donde la falta de conocimiento sobre la naturaleza eléctrica de la capacitancia ha sido señalada como una de las razones de los problemas de los estudiantes para explicar fenómenos.

Respecto al tercer eje temático, la Teoría de Campos Conceptuales (Vergnaud, 1990)

constituye un marco referencial cognitivo para el estudio del desarrollo y aprendizaje de competencias complejas. Su potencialidad para la investigación sobre el aprendizaje de la Física radica en la posibilidad de comprender procesos que subyacen a la cognición, en particular, a la construcción de representaciones internas del sujeto (Andrés, Pesa y Moreira, 2006), donde la actividad experimental en la enseñanza de la física juega un papel fundamental para integrar lo conceptual y lo fenomenológico; estableciendo una conexión dialéctica entre datos y teoría; y sobre todo, promover el desarrollo de una visión de la naturaleza de la ciencia más cercana al quehacer científico (Hodson, 1994).

En cuanto a la revisión de los trabajos seleccionados, cada uno de ellos se desarrollaron desde la actividad experimental, teniendo como referente teórico la Teoría de Campos Conceptuales (TCC) propuesta por Gérard Vergnaud, pero utilizando diferentes metodologías y estrategias, tales como: trabajos prácticos desde el modelo "MATLaF" (Andrés, Pesa y Moreira, 2006), paradigma interpretativo (Jaime y Escudero, 2011), resolución de problemas (Otero y Figueroa, 2011), trabajos prácticos a partir de un *software* de simulación (Alzugaray, Massa y Moreira, 2014), laboratorios virtuales (Castaño, Meneses y Andrés, 2014), propuesta didáctica desde una perspectiva interpretativa (Bravo y Pesa, 2016); donde se abordaron conceptos desde la TCC como: situaciones, representaciones, esquemas, invariantes operatorios; y desde la física como: campo eléctrico, campo magnético, interferencia y difracción de la luz.

Entre los hallazgos más relevantes, se destaca que la Teoría de los Campos Conceptuales es un aporte teórico con gran potencial para comprender y facilitar el proceso de aprendizaje durante la resolución de problemas de las tareas y subtareas propias de la actividad experimental (Andrés, Pesa y Moreira, 2006), ya que permite analizar la relación entre conocimientos explícitos y conceptualizaciones implícitas a partir de las acciones de los

sujetos en situaciones específicas; además, los estudiantes realizan un acercamiento entre la teoría (modelos científicos) y los fenómenos, ya que el problema experimental es comprensible, y no es irreal o intrascendente (Jaime y Escudero, 2011), avanzando en la construcción de relaciones entre la realidad de la vida cotidiana y la realidad de los modelos científicos que incluyen conceptos, leyes y teorías y los distintos sistemas de signos necesarios para su representación externa; así mismo, este referente teórico en la actividad experimental, permite detectar en los estudiantes invariantes operatorios y esquemas asociados a las principales dificultades en el campo de la física y a la resolución de situaciones problemas (Otero y Figueroa, 2011), donde la identificación de estos invariantes resulta relevante para guiar el desarrollo conceptual de los estudiantes, pues son precursores para la construcción de nuevos esquemas asociados a nuevas situaciones.

Por otro lado, favoreció para que los estudiantes potencien la noción de simetría y visualicen singularidades en el comportamiento del campo eléctrico (Alzugaray, Massa y Moreira, 2014), donde se destaca eficacia para promover una evolución en el pensamiento de los alumnos hacia una comprensión de los conceptos involucrados; de igual manera, se observa la reutilización permanente de invariantes operatorios en distintas situaciones, otorgándoles de esta manera cada vez más sentido, y el incremento de reglas de acción asociadas a la identificación de metas a lograr en cada actividad (Castaño, Meneses y Andrés, 2014), activando esquemas más consolidados; por último, se detecta la incorporación paulatina de nuevos conceptos y teoremas en acción del ámbito de la óptica ondulatoria (Bravo y Pesa, 2016), asociados al incremento de inferencias y de reglas de acción que van determinado la organización de la conducta frente a las situaciones.

Finalmente, a partir de la descripción de los hallazgos más importantes de los trabajados encontrados, podemos mencionar que esto nos sirvió para resaltar la importancia, en primer

lugar de la Teoría de los Campos Conceptuales en la enseñanza de la física, la cual tiene un gran valor para orientar la implementación de estrategias que favorezcan el aprendizaje de los estudiantes a través del uso de las TIC; y en segundo lugar es importante destacar que al utilizar herramientas como los Sistemas de Adquisición de Datos en la actividad experimental en la enseñanza de la física, estas tienen un amplio valor porque favorece el aprendizaje de conceptos científicos, impulsan la motivación, el interés por parte de los estudiantes y permite que a partir de un conjunto de metodologías y estrategias favorezca los procesos de conceptualización en física.

4.2 Marco teórico

En este apartado se presenta la fundamentación teórica que soporta el presente trabajo y consta en principio de la Teoría de los Campos Conceptuales de Gérard Vergnaud; posteriormente se hace referencia a la actividad experimental en la enseñanza de la física; y por último, el uso de las TIC en la enseñanza de la física.

4.2.1 Teoría de los Campos Conceptuales de Gérard Vergnaud

El principal fundamento teórico de este trabajo es la Teoría de los Campos Conceptuales de Gérard Vergnaud, esta es una teoría cognitivista que proporciona elementos que buscan propiciar la conceptualización en los estudiantes, entendiendo por esta la construcción e identificación de los objetos del mundo, de sus propiedades, relaciones y transformaciones; de este modo reduce la incertidumbre que genera el enfrentarse a situaciones, bien sean nuevas o desconocidas (Sudera y Otero, 2011).

La Teoría de los Campos Conceptuales además busca favorecer el aprendizaje de algunas competencias, en especial las que se refieren al campo de las ciencias. Así mismo, pretende desarrollar conocimientos y comprender en estos el saber hacer como el saber expresado (Vergnaud, 1990). Desde esta teoría se concibe el conocimiento como una construcción del

sujeto para adaptarse al medio (Sudera y Otero, 2011).

Los campos conceptuales se pueden definir entonces como "un conjunto informal y heterogéneo de problemas, situaciones, conceptos, relaciones, estructuras, contenidos y operaciones del pensamiento, conectados unos a otros y, probablemente, entrelazados durante el proceso de adquisición" (Moreira, 2002, p. 2).

Dentro del campo conceptual, uno de los elementos más importantes es el concepto; este es definido como un triplete conjuntos C=(S, I, Γ), así:

> **S** es el conjunto de situaciones que dan sentido al concepto (la referencia); **I** es el conjunto de invariantes sobre los cuales reposa la operacionalidad de los esquemas (el significado); y **Γ** es el conjunto de las formas lingüísticas y no lingüísticas que permiten representar simbólicamente el concepto, sus propiedades, las situaciones y los procedimientos de tratamiento (el significante). (Vergnaud, 1990, p. 7)

En la figura 1 puede observarse un esquema donde se presentan las relaciones que se dan entre los principales elementos de la Teoría de los Campos Conceptuales retomados en la presente investigación.

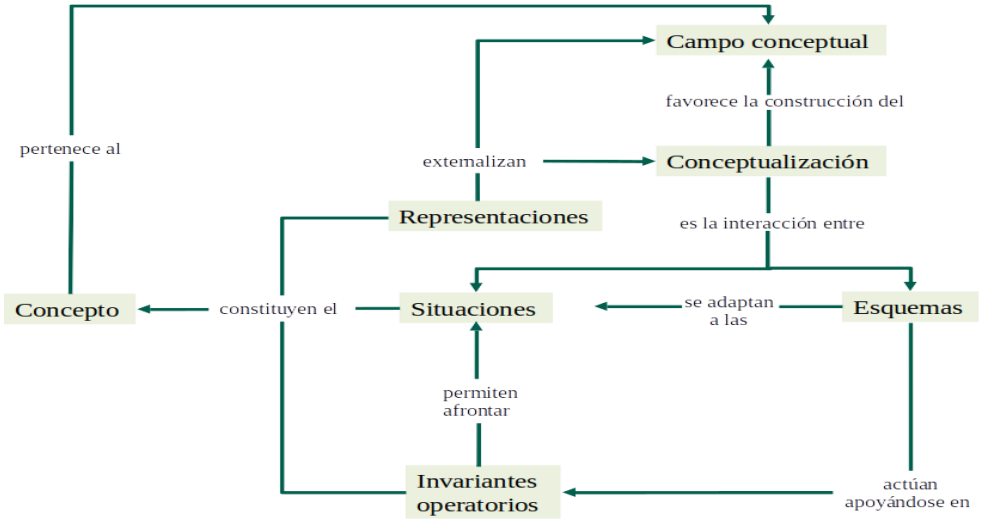


Figura 1: Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud (Construcción propia).

Como se observa en la figura 1, la conceptualización es un proceso que favorece la construcción del campo conceptual. En este proceso ocurre una constante interacción entre las situaciones, entendidas como un conjunto de tareas complejas que confrontan al sujeto y que estimulan procesos cognitivos que le permitan superar o dominar dichas tareas; y los esquemas, que son definidos como "la organización invariante de la conducta para una clase de situaciones dada" (Vergnaud, 1990, p. 2); es decir, en los esquemas se encuentran los elementos cognitivos que permiten actuar frente a una situación (Andrés, Pesa y Moreira, 2006).

Los esquemas están conformados por diferentes elementos como son: las metas, que se pueden definir como el objetivo o la motivación generada por determinada situación, que provoca la activación de un esquema en particular; las reglas de acción, son las formas de actuar que se seleccionan para buscar o transformar la información y para realizar las diferentes acciones que permitan sortear la situación; los invariantes operatorios, son como tal los conocimientos contenidos en los esquemas, pueden ser implícitos o explícitos y le permiten al sujeto orientarse y determinar las metas, las reglas de acción y los objetos necesarios para una situación; por último, están las inferencias, que son los razonamientos que se hacen en el acto; es decir, ante una situación la acción que se ejecuta no es automática sino que partiendo de los invariantes operatorios el sujeto realiza análisis sobre las características locales de la situación.

Así pues, los esquemas se adaptan a las situaciones y actúan apoyándose en los invariantes operatorios; estos últimos tienen dos categorías constitutivas importantes que son: los conceptos en acción y los teoremas en acción. Los primeros son los que hacen referencia a la pertinencia de la información y no distingue susceptibilidades entre verdad y falsedad; es

decir, el conocimiento que tiene el estudiante implícito, pero no encuentra la forma de exteriorizar. Mientras que los teoremas en acto son una proposición que es considerada como verdadera en la actividad (Andrés, Pesa y Moreira, 2006).

Otro elemento importante de la Teoría de los Campos Conceptuales es el de las representaciones, estas, son las formas en que los individuos externalizan la conceptualización, los invariantes operatorios, los conceptos y los demás componentes del campo conceptual. Las representaciones son las actividades lingüísticas (símbolos, signos, expresiones, entre otros) utilizadas como instrumento de comunicación; pero cabe aclarar que este es apenas uno de los papeles que cumple, pues para Vergnaud (1990) las representaciones también favorecen la realización de las tareas y la resolución del problema propuesto, ya que permiten establecer relaciones pertinentes entre la acción y la situación, además organizar y controlar las acciones.

A partir del lenguaje es posible representar diferentes elementos de la actividad intelectual como son las informaciones pertinentes y las operaciones del pensamiento. Las primeras se expresan en términos de objetos (argumentos), de propiedades y de relaciones (funciones proposicionales), de teoremas (proposiciones), y las segundas en términos de la acción, es decir, de la selección de información, de las inferencias y de las operaciones a realizar (Vergnaud, 1990).

Así pues, la teoría de los campos conceptuales brinda las herramientas suficientes y pertinentes para la realización de este trabajo de investigación. Permite entender y utilizar la actividad experimental como un espacio para plantear situaciones que demanden enfrentar diversos tipos de tareas que pueden entenderse como actividades cognitivas complejas (Andrés, Pesa y Moreira, 2006). Además, los invariantes operatorios y las representaciones permiten identificar los procesos de conceptualización que se ejecuten a partir de dichas

situaciones.

Además, como estudiantes de licenciatura, esta teoría de aprendizaje también tiene valor en el sentido en que reconoce el papel del profesor para favorecer la incorporación y el dominio de un campo conceptual por parte del estudiante; es el profesor, a través de su acción mediadora, quien debe suministrar situaciones de aprendizaje fructíferas que permitan desarrollar el conjunto de esquemas y representaciones de los estudiantes (Moreira, 2002).

4.2.2 Actividad experimental en la enseñanza de la física

La tarea de experimentar en un laboratorio, generalmente se ha concebido por los estudiantes como un proceso sin trascendencia y de difícil ejecución; junto con esto, Hodson (1994) plantea que estas prácticas tal y como se llevan a cabo, presentan demasiadas barreras innecesarias para el aprendizaje. Esto se da principalmente porque los mismos profesores no tienen clara la idea de actividad experimental y mucho menos cuáles son los principales objetivos que se pretenden alcanzar; de modo que hacen referencia a ella como una tarea de medición o visualización, y no como una oportunidad para adquirir y desarrollar habilidades respecto a los fenómenos vistos (Antúnez, Pérez y Petrucci, 2008).

El creer que la actividad experimental consta de una dimensión instrumental, sería considerar solamente una de las intenciones que tiene esta dinámica y, por lo tanto, impide que se comprenda como un proceso de construcción propio de la actividad científica (Malagón, Ayala y Sandoval, 2010). En este sentido, Hodson (1994) propone que la actividad experimental debe ser un espacio donde se propicien oportunidades y diversas formas de actuar para que los estudiantes exploren las capacidades que tienen en diferentes situaciones, y al mismo tiempo puedan comprender y evaluar modelos o teorías.

De igual manera, Caamaño (2004) menciona que una de las concepciones que se puede tener del trabajo experimental es aquella en la que se genera la oportunidad de trabajar como

científicos en tanto se promueve la resolución de problemas; lo que implica construir conocimiento, comprender procesos y generar nuevas preguntas. Esto, a su vez, ayuda a que los estudiantes refuercen el papel de sus ideas, puedan estar inmersos y participar en la elaboración de diseños experimentales.

En relación con la construcción de las actividades experimentales, se hace necesario que provoquen conflictos conceptuales en los estudiantes, pues esto los lleva a tomar conciencia de las debilidades de sus ideas; por ello el profesor debe tomar el papel de generador de teorías alternativas (Pozo, 1990; citando en Caamaño, 2004) e incitar al desarrollo de la experiencia desde una perspectiva investigativa. Lo que concuerda con el interés de la investigación, especialmente con el propósito de que la actividad experimental sea concebida como un espacio donde tanto los profesores como estudiantes sean agentes activos durante todo el proceso de experimentación, y en conjunto, puedan potenciar esta actividad para favorecer la conceptualización.

Para promover la forma de enfrentarse a los trabajos prácticos, Caamaño (2012) propone las siguientes etapas: la primera hace referencia al planteamiento del problema, en la que el profesor propone y contextualiza el problema a resolver; la segunda etapa va encaminada a una planeación inicial, en donde se requiere que el estudiante conceptualice el problema y piense un método general de resolución; luego está la planificación del método de resolución en donde se debe diseñar el procedimiento de contrastación de hipótesis; a continuación va la etapa de realización que implica el montaje experimental y el tratamiento informático de los datos que se obtienen; posterior a ello, se lleva la evaluación del resultado que consiste en el análisis y la valoración de la información obtenida; y por último está la fase de comunicación que implica la redacción de un informe sobre la actividad realizada.

Al utilizar este método en la enseñanza de la física genera mayor participación en los

estudiantes ya que posibilita el espacio para que surjan preguntas sobre un problema real y permite que existan lugares para la valoración y discusión de resultados, lo que conlleva a desarrollar progresivamente habilidades características del trabajo científico (Caamaño, 2004).

4.2.3 Uso de TIC en la enseñanza de la física

El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en Colombia, en el artículo 6 de la Ley 1314 de 2009 define las TIC como el conjunto de recursos, herramientas, equipos, programas informáticos, aplicaciones, redes y medios, que permiten la compilación, procesamiento, almacenamiento, transmisión de información como voz, datos, texto, video e imágenes.

En este sentido, Grisolía (2009) expone en su estudio sobre la importancia del uso de las TIC en la enseñanza de las física, que varios autores concluyen acerca de la necesidad por parte de los docentes de "diversificar las estrategias y adaptarlas a las situaciones particulares de enseñanza y aprendizaje para contribuir a mejorar el proceso educativo en el área de las ciencias"(p.440); por esta razón, se plantea que una forma de lograr esa diversificación y adaptación en la enseñanza de la física en particular, es incluyendo en sus clases algunas estrategias basadas en las TIC; pues según Ré, Arena y Giubergia (2012), por ejemplo, el papel de las computadoras ha sido importantísimo, permitiendo realizar cálculos y experimentos impensables hasta hace unos pocos años; hecho que resulta con un alto significado para el aprendizaje de la física.

De acuerdo con esto, se propone la implementación de las TIC como una posible solución a la necesidad de reconsiderar las prácticas de enseñanza, debido a que han sido reconocidas como recursos innovadores que "permiten diseñar un conjunto de estrategias en las prácticas docentes, capaces de producir una verdadera revolución educativa en general y en la

enseñanza de las Ciencias Naturales en particular" (Capuano, 2011, p.79). Su presencia se puede dar en diferentes ámbitos, ya sea en las clases teóricas, en clases de resolución de problemas y en clases experimentales, ayudando a mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Además, con el uso de las TIC se presentan ventajas tales como,

> ...mejorar el aprendizaje, ayudar a desarrollar las capacidades y el potencial de cada estudiante, así como encontrar nuevas formas de construir, organizar y aplicar los conocimientos, actuar como instrumentos facilitadores en los procesos de aprendizaje, como herramientas para el proceso de la información, y como contenidos implícitos de aprendizaje (Grisolía, 2009, p. 440).

De esta manera, el recurso ofrece grandes posibilidades desde el punto de vista de la comunicación interactiva, donde se destaca la simulación de fenómenos o experimentos, la construcción de modelos y analogías, la resolución de problemas, el acceso a la información, el manejo de todo tipo de datos y el diseño de materiales didácticos o de cursos virtuales completos (Pontes, 2005). Todo esto se puede adaptar teniendo en cuenta las necesidades y características de los diferentes tipos de alumnos.

En los últimos años se ha visto un gran crecimiento en el desarrollo de herramientas tecnológicas en nuestra sociedad, y en el ámbito educativo esto no ha sido la excepción; donde a través de estas se busca mejorar los procesos de enseñanza y de aprendizaje, utilizándose como un medio facilitador en la enseñanza de la física. Algunas de las herramientas tecnológicas más comunes que vienen haciendo presencia en el aula son: vídeos, televisión, sistemas multimedia, applets, laboratorios virtuales, los blogs y el lenguaje de programación (Capuano, 2011)

No obstante, según Capuano (2011), dentro del grupo de las TIC que pueden aplicarse a la

enseñanza de la física, y en especial a la actividad experimental se encuentra “la transmisión de datos de un equipo experimental a un sistema de computación (interfase en una práctica experimental) y la incorporación de sensores que permiten llevar a cabo precisas mediciones” (p. 80).

Así pues, una de las herramientas tecnológicas de mayor actualidad y que permite elaborar diversas aplicaciones para la enseñanza de la física, son los llamados Sistemas de Adquisición de Datos (SAD); estos son dispositivo de medición que permiten que datos experimentales sean obtenidos a partir de sensores que pueden medir diversas magnitudes físicas que son leídas automáticamente, almacenadas y analizadas por un *software* computacional (Gil y Rodríguez, 2001, citados en Pontes 2005), El *software*, permite procesar y monitorear las variables del sistema físico en tiempo real, mientras que los sensores son dispositivos que reciben señales físicas y las convierten en señales eléctricas, posteriormente esta señal es enviada a un circuito electrónico compuesto de microprocesadores que reciben, procesan y transforman la señal para generar una salida que pueda ser representada en un *display* u otro dispositivo de lectura (Cardona y López, 2017).

En la figura 2 se representan las etapas de un SAD para la medición de una variable en un sistema físico, donde:

> ...en la etapa transductora, el transductor o sensor, siendo sensible a esta variable, la transforma en una señal eléctrica, que luego ingresa a la etapa de acondicionamiento de señal. En esta etapa la señal es amplificada o filtrada en frecuencias, para luego ser llevada al conversor análogo-digital donde es acoplada al sistema digital (Cardona y López, 2017, p. 2).

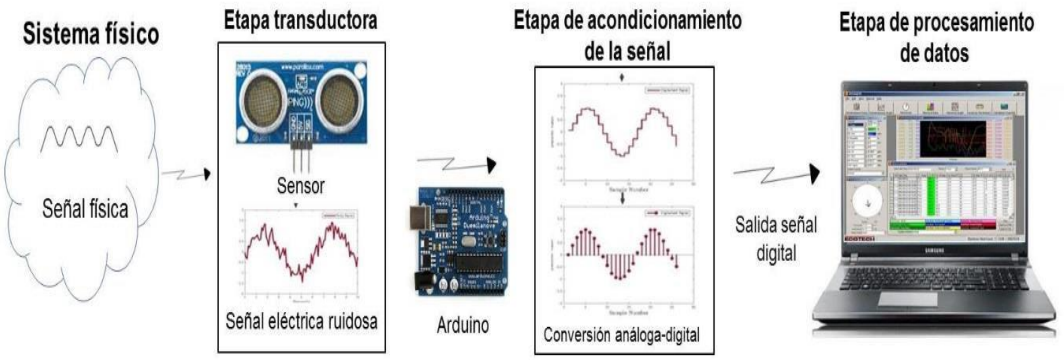


Figura 2: Etapas de un Sistema de Adquisición de Datos (Tomado de Cardona y López, 2017)

Existen diferentes placas electrónicas que permiten acondicionar y aplicar operaciones sobre la señal obtenida por el sensor, entre ellas, se encuentra el Arduino que es una plataforma de *hardware* y *software* libre que cuenta con diversas entradas y salidas, tanto análogas como digitales y que permiten realizar una gran variedad de montajes electrónicos.

De esta manera, la versatilidad de los SAD abre un amplio campo de posibilidades y alternativas para trabajar las actividades experimentales en física, ya que reduce de manera considerable la cantidad de tiempo que se requiere en el registro de los datos y permite obtener con mayor grado de precisión las medidas de las diferentes magnitudes; esto favorece a los estudiantes pues hace posible un análisis más profundo y acertado sobre la información registrada, además permite desarrollar otras competencias como por ejemplo la capacidad de resolver situaciones problemáticas, la oportunidad de explorar, elaborar explicaciones, reflexionar y pensar en función de modelos.

Así mismo, según Haag, Araujo y Veit (2005), otra de las ventajas de incorporar los SAD en la enseñanza es que:

> ...permiten enriquecer las experiencias de aprendizaje propiciando otras alternativas para que el alumno comprenda y relacione los resultados obtenidos con los conceptos

> que se vinculan a la fundamentación teórica del experimento; y así atrapen la física escondida entre los números y las fórmulas para el "mundo real". (p. 70).

En conclusión, los SAD además de ser una herramienta actual y que puede ser llamativa y motivar el trabajo de los estudiantes, permite, en correspondencia con la Teoría de los Campos Conceptuales, la posibilidad de generar actividades experimentales partiendo de situaciones novedosas, que favorezcan la conceptualización y la diversificación de los esquemas de los estudiantes; lo que será analizado en esta investigación a partir de las diferentes formas de representación que surjan durante el desarrollo de la propuesta aquí descrita.

5. MARCO METODOLÓGICO

El presente capítulo se compone de seis apartados; el primero de ellos hace referencia a la perspectiva y el enfoque que se lleva a cabo en la investigación; en el segundo se mencionan los participantes y el contexto donde se desarrolla la propuesta; en el tercer apartado se discuten los diferentes instrumentos para la recolección de la información; en el cuarto se describe la propuesta didáctica implementada; en el quinto se mencionan los diferentes instrumentos y procedimientos para el análisis de la información y por último se hace referencia a las diferentes categorías que se utilizan para el análisis de los datos.

5.1 Perspectiva y enfoque de la investigación

Este trabajo de investigación está fundamentado en un paradigma de investigación cualitativa, dicha perspectiva busca comprender e interpretar la realidad humana y social para intentar transformarla, centrando su interés en las relaciones de los sujetos en su vida cotidiana; implicando un acercamiento del investigador a dichas subjetividades, para interpretar las descripciones que los individuos realizan de su ser y estar en el mundo. De este modo convergen varias realidades, por lo menos las de los participantes, la del investigador y la que se produce mediante la interacción de todos los actores; estas realidades producen las fuentes de datos y se van modificando conforme transcurre el estudio Hernández, Fernández y Baptista (2010), .Además, para los autores mencionados anteriormente, esta perspectiva puede concebirse como un conjunto de prácticas interpretativas que hacen al mundo visible, lo transforman y convierten en una serie de representaciones en forma de observaciones, anotaciones, grabaciones y documentos. Donde el investigador es el principal instrumento de medida, pues es quien “estudia la realidad en su contexto natural, tal y como sucede, intentando sacar sentido de, o interpretar, los fenómenos de acuerdo con los significados que tienen para las personas implicadas” (Rodríguez, Gil y García, 1996, p. 10).

En este sentido, se considera pertinente abordar esta metodología, ya que la investigación cualitativa le posibilita al investigador la posibilidad de interactuar con los individuos en su contexto social, tratando de captar e interpretar el significado y el conocimiento que tienen de sí mismos y de su realidad, pues se busca una aproximación global y naturalista a las situaciones sociales y a los fenómenos humanos con el propósito de explorarlos, describirlos y comprenderlos a partir de un proceso de interpretación y construcción teórica.

Dentro de este paradigma de investigación cualitativa, se aborda para efectos de este trabajo, el enfoque de estudio de casos (Stake, 2010**),** el cual se centra en el análisis de una particularidad de un caso singular para comprender su actividad en determinadas circunstancias y bajo la perspectiva de la teoría de aprendizaje seleccionada. Al respecto, Stake (2010) plantea que el estudio de casos permite obtener un mejor panorama o claridad acerca de un aspecto teórico en específico, debido a que permite indagar de manera particular un fenómeno o condición general. Lo que posibilita entablar nuevas relaciones y conceptos, dando lugar al descubrimiento de nuevos significados y a la ampliación de las perspectivas a investigar.

El caso puede ser una institución, un grupo, un programa o una persona; aunque estos dos últimos son los que principalmente interesan en la educación y en los servicios sociales. El caso es uno entre muchos y el interés debe estar centrado sólo en él.

Dentro de este enfoque existen tres tipos de casos, el intrínseco, el instrumental y el colectivo. En vista de que el tema del estudio viene dado por la necesidad que surge en las clases de física de la facultad de educación, para esta investigación se ha elegido el estudio de caso instrumental, pues se busca comprender de forma general la manera como se puede desarrollar la actividad experimental en los cursos de física.

Es decir, los casos seleccionados para realizar el estudio no son el objeto de la

investigación, sino el instrumento desde el que se obtiene información para profundizar en el análisis del tema en complemento con la teoría.

5.2 Contexto y participantes

Esta investigación fue llevada a cabo en el curso de Física Biológica III de la Licenciatura en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental; este programa pertenece a la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia, ubicada en el municipio de Medellín. Es importante destacar que la elección de este curso se dio por el interés de abordar temáticas relacionadas con los conceptos de electricidad, particularmente el concepto de capacitancia.

El curso es ofrecido en el cuarto nivel del programa, luego de haber aprobado las asignaturas correspondientes de Introducción a la Física, Física Mecánica (Física Biológica I) y Física de Ondas (Física Biológica II), por lo cual se espera que los estudiantes tengan un dominio básico de algunos elementos a trabajar. Además de esto, y en relación con la intención de la línea de investigación que hace énfasis en las TIC para la enseñanza de las ciencias, los estudiantes de este pregrado deben cursar dos asignaturas que tienen un enfoque en el uso de las nuevas tecnologías, estas son: Ciberculturas, Medios y Procesos Educativos, que se encuentra en el sexto nivel del plan de estudios; y Nuevas Tecnologías en Educación, que se encuentra en el séptimo nivel. Así pues, al momento de realizar este trabajo los estudiantes no habían cursado ninguna materia relacionada con las TIC.

El curso en el que se realizó la intervención contaba con un total de 18 estudiantes matriculados entre el cuarto y sexto nivel de la licenciatura, de los cuales para el análisis de la información se seleccionaron cinco estudiantes, dos hombres y tres mujeres, con edades que oscilaban entre los dieciocho y veintitrés años. Al ser la universidad una institución de carácter público, el estrato socioeconómico de los estudiantes se encuentra entre los niveles

uno y tres.

Por último, es importante destacar que inicialmente se realizó una contextualización a los estudiantes sobre el proyecto de investigación y se les entregó un consentimiento informado (Anexo A), que fue firmado por cada de uno.

5.3 Técnicas e instrumentos para la recolección de información

En esta investigación se utilizaron diferentes técnicas e instrumentos de recolección de la información como: el cuestionario, la observación participante, la entrevista semiestructurada, el diario de campo, y el informe de laboratorio. A continuación se presenta con más detalle cada uno de ellos.

5.3.1 Cuestionario

Un cuestionario se compone de un conjunto de preguntas que están orientadas a obtener información en relación con diferentes aspectos (Hernández, Fernández y Baptista, 2010); en este sentido, este instrumento es útil porque permite indagar sobre asuntos y categorías de análisis precisas que son de interés para la investigación. Por otra parte,, se necesita dar libertad en las respuestas para poder obtener información sobre las diferentes representaciones que utilizan los estudiantes. Así, las preguntas abiertas son las más convenientes para el cuestionario utilizado en esta investigación pues este tipo de preguntas proporcionan una información más amplia y sirven en situaciones donde se desea profundizar una opinión o los motivos de un comportamiento (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

5.3.2 Observación participante

En esta investigación se busca determinar los aportes de una propuesta teórica-metodológica aplicada por los investigadores, quienes desempeñan un papel activo dentro del contexto en el que se realiza el registro de la información. En este sentido, la observación participante es una técnica que permite estar atento a los detalles y eventos que suceden en un

momento determinado; además, permite adentrarse en la profundidad de ciertas situaciones (Hernández, Fernández y Baptista, 2010)

Aunque es cierto que la información que se busca obtener con esta técnica sólo puede ser definida una vez se esté en el campo de acción, sí es posible determinar previamente algunos intereses investigativos generales (Taylor y Bogdan, 1987); por ejemplo, para esta investigación se utilizó la observación participante, pues favorece la identificación de diferentes elementos, tales como los invariantes operatorios y las representaciones que fueran expresados por los estudiantes, y que pudieran pasar desapercibidos en otros instrumentos de recolección de información.

5.3.3 Diario de campo

El diario de campo "es un tipo de registro continuo y sistemático, que contiene un acopio de apreciaciones, observaciones, sentimientos, opiniones y reacciones sobre la realidad que queremos comprender" (Alzate y Sierra, 2000 p. 11). En este sentido, este instrumento es de gran utilidad pues complementa la observación participante, ya que como lo dicen Bonilla y Rodríguez (1997), el diario de campo permite realizar un monitoreo constante del proceso de observación y ayuda a partir de la ponderación de la información a encontrar vacíos o deficiencias en los datos. De esta manera, este instrumento enriquece la práctica investigativa al permitir el análisis de los acontecimientos con mayor profundidad, que desde la observación se asignan como relevantes para la investigación.

5.3.4 Entrevista semiestructurada

Según Macoby y Macoby (1954) "la entrevista personal puede definirse como una conversación o 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" (citado por Bonilla y Rodríguez, 1997, p. 93).

En particular, en la entrevista semiestructurada se da un procedimiento de conversación libre con el entrevistado, que se acompaña de una escucha receptiva del investigador con el fin de recoger la información por medio de preguntas abiertas, reflexivas y circulares, las cuales podrán develar las categorías de interés para su análisis (Bautista, 2011). De esta forma se da una conversación de carácter amistosa entre el participante y el investigador, donde este último se convierte en alguien que escucha con atención, no da ninguna interpretación o punto de vista sobre las respuestas, sino que va guiando el curso de la entrevista hacia los temas que son de interés en la investigación. Es decir, la entrevista semiestructurada no se rige estrictamente a una guía de preguntas preelaboradas, esa técnica lo que permite es partir de unos tópicos o cuestiones predefinidas que son de interés y posibilitan direccionar la entrevista, pero siempre otorgando libertad en el rumbo de la conversación.

En este sentido la entrevista semiestructurada permite conocer las opiniones de los participantes y también brinda la posibilidad de encontrar en los estudiantes formas de representación desde la oralidad. Con este propósito, en la recolección de la información se utilizó la entrevista semiestructurada en tres momentos. Primero en la etapa de diagnóstico se realizó una entrevista individual (Anexo B) a cada uno de los participantes en un tiempo estimado de cinco minutos, con el fin de conocer acerca de su formación y sus experiencias en prácticas anteriores. Para el segundo momento la entrevista estuvo dirigida a conocer su experiencia al interactuar con los SAD (Anexo C). Y en el tercer momento se realizó la última entrevista (Anexo D) a los participantes con un tiempo aproximado entre 10 y 15 minutos, con el propósito de conocer sus apreciaciones acerca de esta actividad experimental.

5.4 Descripción de la propuesta didáctica

Esta propuesta está dividida en tres momentos, cada uno de ellos fundamentado en la

Teoría de los Campos Conceptuales; de esta manera, se direccionaron principalmente a proponer situaciones de confrontación enmarcadas en el uso de SAD y otros elementos electrónicos; y a generar espacios propicios para el uso de diferentes representaciones que hicieran posible identificar procesos de conceptualización.

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*

	Objetivo	**Duración**	**Actividad**	**Experimento**	**Instrumentos de recolección de datos**
Primer momento: Diagnóstico.	Identificar las representaciones e invariantes operatorios iniciales de los estudiantes asociados al campo conceptual.	90 minutos	Cuestionario	Montaje de un circuito en serie conformado por una batería, un led y un capacitor.	Observación Diario de campo Cuestionario Entrevista
Segundo momento: Intervención.	Identificar el proceso de conceptualización de los estudiantes asociado con las subtareas propiamente experimentales.	120 minutos	Actividad experimental	Realizar el montaje de un circuito RC y analizarlo usando un sistema de adquisición de datos basado en Arduino.	Observación Diario de campo Entrevista
Tercer momento: Evaluación del nivel de conceptualización final.	Evaluar los aprendizajes logrados y comparar las expectativas de los estudiantes con los logros	120 minutos	Actividad experimental	Carga de un condensador por inducción electromagnética.	Observación Diario de campo Informe de laboratorio

obtenidos.	Entrevista

5.4.1 Primer momento

El propósito principal de este momento fue identificar en los estudiantes los invariantes operatorios y las representaciones iniciales asociados al concepto de capacitancia. Para ello, lo primero que se realizó fue entregar a cada estudiante un cuestionario inicial (Anexo E) que fue resuelto a partir de sus conocimientos previos.

Después del cuestionario inicial se realizó una breve exposición donde se presentaron algunos componentes electrónicos como el condensador, la resistencia y el led, se explicó el funcionamiento de estos elementos y además algunas nociones básicas sobre el montaje y comportamiento de los circuitos electrónicos.

A continuación, se propuso una actividad experimental que consistió en montar un circuito en serie en una *protoboard* con una batería, un led y un condensador, como se puede ver en la Figura 3. Los estudiantes debían observar el fenómeno que ocurría y, además, experimentar modificando algunas variables del circuito como el valor de la capacitancia de los condensadores (Anexo L).

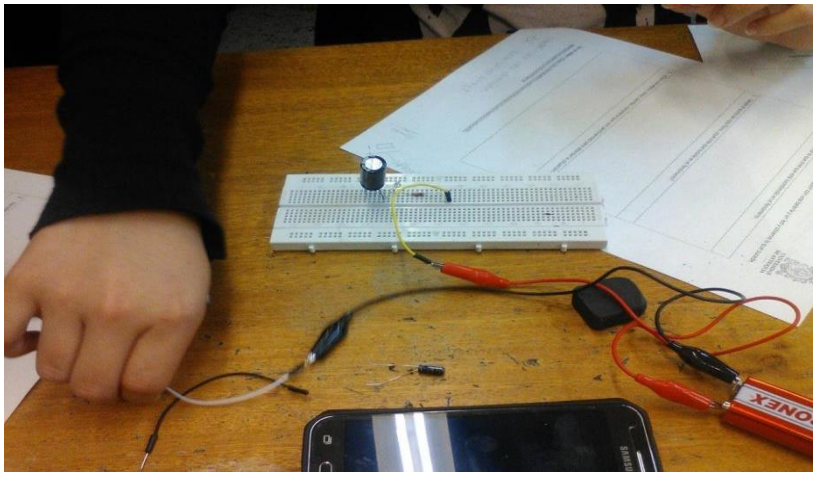


Figura 3: Montaje sobre la protoboard del circuito en serie batería-led-capacitor.

Al terminar el experimento, se entregó un segundo cuestionario (Anexo F) con preguntas abiertas sobre lo explorado en el montaje electrónico.

Este primer momento se finalizó con una entrevista individual (Anexo B), que permitió un mayor acercamiento a los estudiantes para identificar el tipo de actividades experimentales realizadas en cursos anteriores y su percepción sobre dichas metodologías, y también, conocer las expectativas con la propuesta presentada en este trabajo.

5.4.2 Segundo momento

Este momento se enfocó en identificar el proceso de conceptualización de los estudiantes a partir de la experimentación con los SAD y de la interpretación de los datos obtenidos con este instrumento. La sesión se inició con una breve recapitulación del primer momento y una explicación de algunas relaciones entre la capacitancia, el voltaje y la corriente.

A continuación, se dio comienzo a la actividad experimental que consistió en el análisis de un circuito RC; para esto, se hizo entrega de un formato (Anexo G) que sirvió para orientar en el montaje del circuito y la instalación y programación del SAD, basado en la placa Arduino que se observa en la Figura 4.

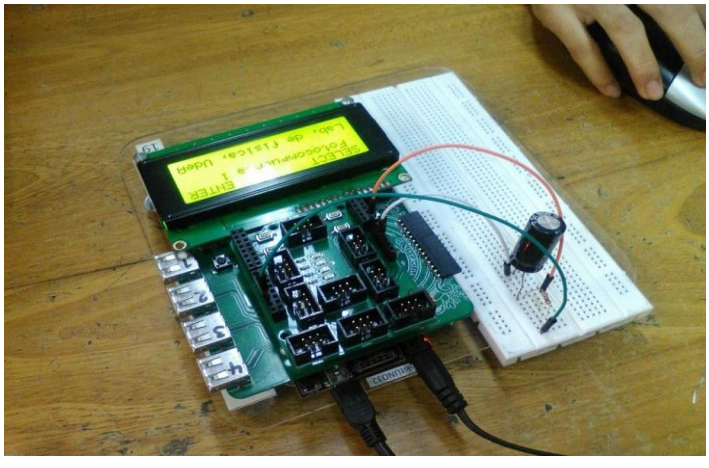


Figura 4: Montaje del circuito RC con el Arduino.

En esta actividad los estudiantes obtuvieron mediante el programa *HyperSerialPort* una tabulación de datos que relacionaba la carga del condensador contra el tiempo; así pues, cuando llevaron estos datos a una hoja de cálculo pudieron observar la curva que describe el proceso de carga y descarga de un condensador (Anexo M).

Es de anotar, que, en el desarrollo de esta actividad experimental, los investigadores a la vez que realizaban la observación, también participaron como orientadores en las diferentes mesas de trabajo. Al final de este segundo momento se realizó una nueva entrevista individual (Anexo C) a los participantes del caso. Las preguntas fueron orientadas principalmente a conocer las reacciones respecto al trabajo con los SAD y a indagar si consideraban que estos dispositivos implican alguna transformación en la actividad experimental en comparación con las metodologías que venían utilizando.

5.4.3 Tercer momento

Este fue el último momento y su principal objetivo fue identificar qué grado de conceptualización habían logrado los estudiantes. Para esto se les planteó una actividad experimental buscando observar si habían adquirido o transformado los invariantes operatorios y las representaciones pertenecientes al campo conceptual

Además, otra de las intenciones de la propuesta, fue enlazar a partir de la actividad experimental otro concepto perteneciente al campo conceptual del electromagnetismo, el cual era inducción electromagnética; así pues, esta práctica sirvió como un preámbulo a la teoría y además promocionaba una visión más holística de la ciencia.

De esta manera, la actividad experimental que se propuso (Anexo H) consistió en realizar un circuito electrónico que permitiera cargar un condensador por medio del movimiento de un imán al interior de una bobina, como puede verse en la Figura 5. Después de cargar el condensador, se conectaba a un buzzer (zumbador) que permitía monitorear a partir de una

señal sonora, el proceso de descarga del condensador.

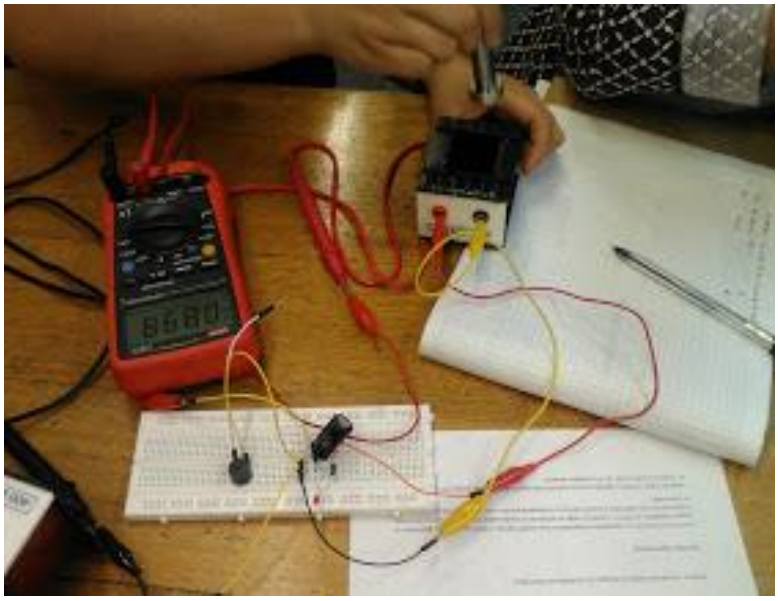


Figura 5: Montaje de un circuito de carga de un condensador a partir de inducción electromagnética.

Para esta actividad experimental, cada equipo contaba con un juego de ocho bobinas, un led, capacitores, resistencias, un multímetro y un buzzer. Además, se les facilitó el resumen del modelo teórico (Anexo I); con la intención de que experimentaran he hicieran análisis de cada una de las variables que intervenía en este experimento. De modo que se les pidió que reflexionaran acerca de las transformaciones de energía que ocurrieron en el circuito y que experimentaran realizando modificaciones para cargar con más eficiencia el condensador (Anexo N).

Por último, para la evaluación, se les solicitó un informe tipo artículo científico, en donde debían describir la experiencia del segundo y tercer momento y dar solución a una serie de preguntas realizadas en una actividad de exploración propuesta (Anexo J).

Finalmente, se realizan entrevistas personalizadas a cada uno de los estudiantes entrevistados en los dos momentos anteriores.

5.5 Instrumentos y procedimientos para el análisis de la información

Dentro de la investigación, el análisis de la información es uno de los procesos de mayor importancia y que requiere sumo cuidado, pues permite develar los datos útiles que se convierten en insumo para responder a los objetivos planteados. En este sentido, Rodríguez, Gil y García (1996) afirman que:

> …el análisis es un proceso que se usa sobre los datos recolectados con "el fin de extraer significado relevante en relación al problema de investigación" además "Todo análisis persigue alcanzar un mayor conocimiento de la realidad estudiada […] Y busca la elaboración de modelos conceptuales explicativos" (p. 199-200).

Por consiguiente, se consideró que los procedimientos más pertinentes para realizar el análisis de datos de esta investigación son: la transcripción de datos, la categorización y la codificación; además, se realizó un proceso de triangulación con la teoría, entre investigadores y con los diferentes instrumentos de recolección de la información, como criterio para dar validez a los resultados arrojados en la investigación.

En primera instancia, sobre la transcripción de datos; Farias y Montero (2005) recomiendan que este proceso debe ser llevado por el mismo investigador y no por terceros; puesto que no es un proceso de escribir de forma literal lo dicho; sino que implica el análisis de ciertas características del entrevistado, tales como gestos y actitudes; además, requiere tener en cuenta "a quién, en qué contexto, por qué y qué es lo que esas palabras significan o podrían significar" (p. 5).

Después de la transcripción de la información se hace necesario el proceso de categorización, que de acuerdo con Cisterna (2005), permite seleccionar y ordenar los datos por ejes o temas de interés, generando la posibilidad de comenzar a establecer relaciones

entre los objetivos de la investigación y la información recolectada. Son estos ejes o tópicos los que determinan las categorías y subcategorías, que las hay de dos tipos; las apriorísticas que son aquellas definidas antes del proceso de recopilación de datos y que generalmente surgen a partir de los objetivos de investigación; y las emergentes que son aquellas que surgen en el proceso de categorización y análisis de la información (Cisterna, 2005).

De la mano con la categorización se encuentra el proceso de codificación, con el cual se asigna un indicativo, código o marca a las diferentes categorías y subcategorías, para de esta manera poder identificar cada una de ellas dentro de la información recopilada. Es una forma fácil y práctica de trabajar con la información para enmarcarla dentro de determinados núcleos temáticos. Además de favorecer el proceso de análisis de la información, la categorización y codificación son procesos que generan validez y confiabilidad en la etapa investigación (Bautista, 2011).

De la misma manera, el proceso de triangulación también respalda los métodos utilizados y los resultados de la investigación. La triangulación consiste en "la acción de reunión y cruce dialéctico de toda la información pertinente 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).

5.6 Categorías para el análisis de la información

Así pues, entendiendo cuales son los diferentes instrumentos y procesos utilizados para el análisis de la información, en la Tabla 4 se presentan las diferentes categorías definidas para esta investigación, que en este caso son apriorísticas y surgen de los objetivos planteados.

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

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	CATEGORÍAS	SUBCATEGORÍAS
Analizar la contribución a la conceptualización en la actividad experimental en física, de una propuesta teórico metodológica fundamentada en la teoría de los campos conceptuales y apoyada en el uso de sistemas de adquisición de datos.	Identificar las características que debe tener una situación que favorezca la conceptualización a través de la actividad experimental en la enseñanza de la física.	Características de las situaciones que favorecen la conceptualización.	
	Determinar las potencialidades de los sistemas de adquisición de datos en la actividad experimental para la enseñanza de la física.	2. Potencialidades de los SAD.	2.1 SAD como instrumento en la toma de datos 2.2 Papel de los SAD en los procesos de representación 2.3 Papel de los SAD en las reflexiones sobre la apropiación de los maestros con el uso de las TIC en el aula de clase.
	Identificar el papel de las representaciones para dar cuenta del proceso de conceptualización de los estudiantes.	Representaciones como externalización de la conceptualización.	

5.6.1 Características de las situaciones que favorecen la conceptualización

A la luz del referente teórico que enmarca este trabajo, se definen las situaciones como un conjunto de tareas complejas. Así, las situaciones planteadas para esta propuesta están orientadas a la activación de esquemas y al proceso de conceptualización; entendiendo este último como la reducción de la incertidumbre de un estudiante al enfrentarse a una acción.

5.6.2 Potencialidades de los SAD

Los SAD son instrumentos de gran utilidad en las áreas de las ciencias aplicadas debido a que permiten la puesta en marcha de muchos procesos físicos y tecnológicos que antes resultaban complejos o inalcanzables. La gran potencialidad y versatilidad de estos sistemas, sumado a la accesibilidad y sencilla implementación, han logrado que tome fuerza en el campo de la enseñanza; de esta manera, se abre un abanico de posibilidades para innovar en las formas de proceder en la actividad experimental. Es necesario entonces identificar cuáles son las ventajas de los SAD a la hora de experimentar y cómo estos pueden transformar las elaboraciones conceptuales de los estudiantes. Para entender con más precisión las diferentes potencialidades de los SAD, se considera pertinente analizar individualmente tres subcategorías.

5.*6.2.1 SAD como instrumento en la toma de datos*

Estos instrumentos permiten la toma de datos en tiempo real, lo que da pie a la construcción e interpretación de la información de una manera más eficiente, en tanto se puede analizar, matematizar e inferir acerca de diferentes fenómenos físicos.

De este modo, se buscará en los estudiantes, principalmente mediante entrevistas, conocer sus diferentes puntos de vista o perspectivas ante el manejo de estos instrumentos y la diferencia que pueden generar en una actividad experimental como esta y otras experiencias cotidianas; esto en relación con el tiempo que les tomó recolectar los datos, el manejo de los instrumentos y la precisión de los mismos.

5.*6.2.2 Papel de los SAD en los procesos de representación*

Como ya se ha mencionado, las representaciones son todas las expresiones lingüísticas o no, que resultan en el proceso de externalizar la información. En concordancia con esto, se buscaron, para esta subcategoría, las diferentes interpretaciones, gráficas y formas de

expresar los resultados que fueran consecuencia directa del uso de los SAD.

5.6.2.3. Papel de los SAD en las reflexiones sobre la apropiación de los maestros con el uso de las TIC en el aula de clase.

El uso de herramientas de las TIC permite dominar habilidades de aprendizaje esenciales para la vida diaria (Lizárraga y Diaz, 2007). En este sentido, se sugiere que todos los profesores y estudiantes tengan un manejo básico y elemental de ellas; por ello, se busca con esta subcategoría identificar si los SAD, como instrumento tecnológico que son, contribuyen de alguna manera al acercamiento y adquisición de competencias en el uso de las TIC.

5.6.3 Las representaciones como externalización de la conceptualización

Desde el referente teórico, una de las funciones de las representaciones es la externalización de la información de modo lingüístico o no; por lo que se admiten símbolos, gráficas, etc. Estas formas de expresión resultan de gran interés para esta investigación, pues a través de ellas pueden identificarse invariantes operatorias y actividades cognitivas que permitan dar cuenta del proceso de conceptualización.

Pero además de este carácter comunicativo, las representaciones también pueden favorecer la construcción del campo conceptual pues la misma exposición de la información permite observar, analizar, cuestionar y revalorar los conocimientos existentes.

De esta manera, con esta categoría se quiere identificar entre las diferentes formas expresivas de los estudiantes, cuáles son evidencia de procesos de conceptualización.

6. ANÁLISIS Y RESULTADOS

En el presente capítulo se exponen los principales resultados de la investigación de acuerdo con el análisis de las categorías y subcategorías descritas en el capítulo anterior. Cabe resaltar que se consideró toda la información obtenida con los diferentes instrumentos utilizados con los cinco estudiantes seleccionados para el caso, a quienes se les asignó el código E1 a E5 para la presentación de los resultados.

En correspondencia con los objetivos y el marco teórico, en este análisis se buscó identificar qué características de las diferentes situaciones de la propuesta favorecieron la conceptualización, para esto se valoraron las diferentes representaciones de los estudiantes en cada uno de los momentos de la actividad experimental.

6.1 Características de las situaciones que favorecen la conceptualización

Para abordar esta categoría se partió del análisis al cuestionario realizado en el primer momento, como puede verse en la tabla 4, se identificaron en algunas de las respuestas los posibles conceptos en acción y teoremas en acto iniciales usados por los estudiantes.

Tabla 5 *Conceptos en acción y teoremas en acto identificados en el cuestionario inicial.*

SITUACIÓN	CONCEPTOS EN ACCIÓN	TEOREMAS EN ACTO
¿Que es la carga eléctrica?	Electrones (E1, E2, E4, E5) Flujo (E3, E4) Energía (E2, E3) Corriente eléctrica (E2) Protones (E5) Neutrones (E5)	Una carga eléctrica puede ser positiva o negativa (E1)
¿En un acumulador sale más corriente de la que entra? ¿En una bombilla entra más corriente de la que	Corriente (E1, E2, E3, E4) Circuito (E1, E3, E5) Acumulador (E2, E3, E5)	No, ya que él (acumulador) retiene corriente (E1) En la bombilla entra más corriente de la que sale, ya que esta gasta parte de electrones que fluye a través del circuito por ende sale menos

sale?	Energías (E5)	(E1) en un acumulador la corriente que entra debe ser igual que la que sale, para que la cantidad de energía sea igual y no se pierda (E2) en un circuito con bombilla si es un circuito en serie entra y sale la misma corriente, pero si es en paralelo entra y sale menor pero la suma de las corrientes entrantes en cada bombilla da el total de la corriente que inicialmente entro (E3) La energía que entra en un acumulador se almacena hasta el momento en que se requiera esta energía (E5)
¿Cómo es el proceso de almacenamiento de energía en un capacitor?	Capacitor (E2, E3) Carga eléctrica (E2, E3) Fuente de energía (E2) Circuito eléctrico (E2) Resistencia (E2, E3) Corriente (E3) Voltaje (E3) FEM (E3) Flujo (E3) Electrones (E4) Placas paralelas (E4) Energía (E5)	El capacitor tiene un límite de almacenamiento de carga eléctrica, que proviene desde una fuente de energía, pasando por las resistencias y recorriendo todo un circuito eléctrico (E2) Los electrones quedan almacenados entre las placas paralelas (E4) Este se cargará con energía hasta un máximo, en este punto la energía no ingresará más (E5)
¿Cómo se compara la carga de una de las placas de un capacitor con la de la otra placa?	Carga (E1) Voltaje (E1) Flujo electrónico (E1) Diferencia de potencial (E1)	Son cargas opuestas una en 0 y otra con un voltaje en específico, para que haya flujo electrónico gracias al dif. Potencial (E1) La carga de las placas del capacitor debe ser distinta +- para que exista una diferencia de potencial (E2)

Conecte en serie un condensador con una batería y un led. Desde el punto de vista físico, ¿que cree que sucede en el fenómeno?	Capacitor (E1, E2, E3, E4, E5) Electricidad (E1) Luz (E1, E2) Led (E1, E2) Resistencia (E1, E2, E5) Batería (E2, E5) Corriente eléctrica (E2, E3, E5) Electrones (E2, E4) Circuito (E2, E4) Energía (E2) Flujo (E3, E4) Bombilla (E3, E4) Carga (E5) Diferencia de potencial (E5)	El capacitor retiene la electricidad que una vez dio luz al led, este volverá a prender cuando el capacitor esté lleno, pero si se deja cargar totalmente se daña la resistencia (E1) La batería emite corriente eléctrica, liberando electrones que viajan por el circuito eléctrico […] el capacitor almacena energía, lo que hace aumentar el tiempo de iluminación del led (E2) Los electrones fluyen a través del circuito y empiezan a ingresar al condensador, cuando este está lleno se detiene el flujo por lo que la bombilla se apaga. Entre más grande sea un capacitor más tiempo le toma para cargarse (E4) La resistencia tiene la función de regular la carga. El capacitor acumula la carga que viene de la batería […] La batería proporciona la diferencia de potencial (E5)

La información recolectada en el primer momento de la propuesta permitió identificar que todos los estudiantes definen la carga eléctrica a partir del concepto de electrón y de corriente eléctrica, así, para E1 y E5 es la cantidad de electrones, para E3 y E4 es el flujo de electrones, mientras que la respuesta de E5 es interesante porque define la carga para dos casos, el primero para las corrientes eléctricas y la define como la cantidad de energía, y el segundo para los materiales y dice que tiene que ver con los electrones. Así pues, manejan el concepto de electrón y esta es la representación que tienen de la carga eléctrica.

Por otra parte, se evidenció que la ley de la conservación de la energía es un teorema en acción que es común al 80% de los participantes, aunque solo lo enuncian sin profundizar en explicaciones.

Por último, se pudo concluir que respecto al concepto de capacitancia el 60% de los participantes manejan invariantes operatorios deficientes (E1, E4, E5), ya que consideran que el condensador almacena corriente eléctrica y no tienen una idea clara de la forma en que se cargan las placas del capacitor; en contraste, los demás participantes entienden de mejor manera el proceso de carga del capacitor y manejan conceptos propios del campo conceptual como corriente eléctrica, diferencia de potencial y circuitos.

El informe de laboratorio nos permitió identificar si los estudiantes después de realizar las diferentes actividades propuestas utilizaban nuevos conceptos en acción y teoremas en acto para explicar los diferentes fenómenos con los que experimentaron.

Así pues, uno de los hallazgos generalizado a los estudiantes fue la apropiación de los diferentes componentes electrónicos con que se trabajó, se puede evidenciar como identifican y comprenden el funcionamiento básico de dichos componentes y cuál era el papel que desempeñaban dentro del circuito. Esto se puede evidenciar en estos comentarios extraídos de los informes:

- *"Cuando al capacitor se encontraba totalmente cargado, el led no encendía porque la corriente eléctrica dejaba de fluir" (E1)*
- *"El Buzzer consta de dos partes: un electroimán y una lámina de acero; cuando el Buzzer entra en funcionamiento, la corriente pasa por la bobina del imán generando un campo* ***B,*** *que hace vibrar la lámina metálica sobre la armadura. Este sonido se amplifica por la acción de la lámina de acero" (E2)*
- *"Durante la experimentación se intenta cambiar el led por un cable, para observar si hay algún cambio en el circuito. Se confirma que al cambiar el led por un cable no hay funcionamiento del sistema; esto se debe a que el led tiene una dirección en la que fluye*

la corriente, lo que permite cargar el capacitor y posteriormente hacer funcionar el Buzzer" (E2)

- *"[…] El primer elemento consiste en una bombilla Led la cual se enciende cuando pasa corriente por el circuito, y sirve de indicador inicial de que efectivamente se esta induciendo corriente" (E4)*

Por otra parte, también se pudo evidenciar que los estudiantes que tenían invariantes operatorios deficientes y que no pudieron responder de forma satisfactoria algunas de las preguntas del momento inicial; ya en el informe presentan ideas más claras y precisas sobre el concepto de capacitancia, así por ejemplo encontramos que el estudiante E1 ya no menciona como en el cuestionario inicial que el capacitor acumula corriente eléctrica, sino que habla de almacenamiento de energía y de carga, además, logró apropiarse de la representación gráfica y sacar conclusiones a partir de ella, de esta forma menciona que:

- *"En cuanto a las gráficas, nos expresan que un capacitor se carga, según la pendiente positiva formada para ambos capacitores, de manera más veloz cuando más se acerca al límite de su capacitancia, y se descarga en un inicio de manera muy veloz y luego lentamente"* (E1)

. También en el estudiante E4 puede evidenciare un proceso de conceptualización respecto al funcionamiento del capacitor y la forma en que las placas que lo componen se cargan.

Otro elemento por destacar, fue la forma en que la situación propuesta en el tercer momento permitió relacionar el concepto de capacitancia con el siguiente tema de inducción electromagnética, los estudiantes mencionan:

- *"[…] El elemento mediador para esta transformación es un solenoide que consiste en un número de n espiras de un material ferromagnético que cuando es perturbado por el campo magnético de un imán los electrones de sus espiras se mueven produciendo*

una corriente, por lo tanto para generar un voltaje mayor y por ende cargar el condensador mucho más rápido se tienen dos opciones: la primera es realizar las perturbaciones magnéticas con más intensidad y frecuencia o usar un solenoide con más espiras, lo que permitirá un flujo de electrones mucho mayor" (E4)

A través de la entrevista semiestructurada también se encontraron resultados que contrastan las situaciones que se proponen para la actividad experimental en otros cursos de física y las situaciones implementadas en esta propuesta.

Partiendo de expresiones como:

- *"En las clases pasadas hemos seguido unos informes que son de los profesores del profesor, y esos son los informes, ese es el manual y de ahí sacan todo y eso es muy maluco porque se supone que estamos en la facultad de educación, donde debemos de adaptar el currículo como al tiempo, y ellos no hacen eso, entonces por eso no me gustan tanto, porque son las mismas prácticas de hace un montón de tiempo, y también porque digamos, van atrasadas con el tema o así, entonces uno muchas veces viene a entender el tema ya cuando es el parcial, o cuando es el quiz, entonces no"* (E2).

- *"Por ejemplo ahorita cuando quemé el bombillo yo dije; no es que estamos experimentando, vamos a ver qué pasa acá. Entonces eso es lo chévere, como no simplemente seguir como la receta de un manual sino mirar con los conocimientos previos que daños también pudo hacer"* (E3)

- *"Es muy bacano que hayan hecho diferentes prácticas porque una actividad no se aprende en dos horas, como creen los profesores de acá; entonces ustedes tuvieron el diagnóstico y de ahí uno adquiere las primeras bases"* (E5)

Con estas afirmaciones podemos corroborar, en principio, lo dicho en el planteamiento del problema, en tanto los estudiantes afirman que los laboratorios tipo receta no enriquecen su proceso formativo.

De hecho, vemos que E2 expresa su inconformidad con las implementaciones actuales de los profesores y pone en manifiesto que no deben ceñirse a un manual, sino adaptar las situaciones de modo que favorezcan su aprendizaje. En este sentido Moreira (2002) plantea que el profesor es quien debe suministrar situaciones de aprendizaje fructíferas; de modo que los conocimientos puedan ser adquiridos de forma adecuada y progresiva, en tanto se van desarrollando los esquemas y se van expandiendo las formas de representar.

Conforme a lo anterior, pasamos a la segunda parte, en donde ponemos en manifiesto las expresiones de los estudiantes para referirse a la implementación de esta propuesta. Se ha dividido en tres momentos; la primer hace referencia a la parte diagnóstica, luego a la parte de intervención y luego a la relación que establecen entre estos dos momentos.

Las siguientes son las manifestaciones que hacen referencia al diagnóstico:

- *"Es importante que se hayan conocido primero la utilidad de algunos elementos, porque es importante saber qué es un capacitor y los otros elementos; saber cómo van conectados, si esto va positivo, esto también va positivo, y la parte negativa, porque los electrones van a ir a la parte negativa del material"* (E1).
- *"Todo lo que usamos es hoy es nuevo para mí, porque por ejemplo el hecho de yo saber si se me prende el LED quiere decir que está fluyendo corriente en el circuito y eso me hace saber que estoy haciendo bien el trabajo"* (E2).
- *"Por ejemplo esta me gustó mucho, porque es como aplicar lo que vimos en clase armando el circuito"* (E3).

- *"A mí lo que más me gustó del laboratorio fue el diagnóstico, porque fue para que todos quedáramos como a la par en conocimiento"* (E4)
- *"Ustedes tuvieron el diagnóstico y de ahí uno adquiere las primeras bases"* (E5)

Vemos que todos los estudiantes manifiestan una actitud positiva hacia la primera parte de la propuesta, debido a que son necesarias algunas nociones básicas para enfrentarse al problema en general. Aunque se puede notar que los estudiantes E1 y E2 exponen de forma más clara, sus aprendizajes respecto a la temática abordada, pues manifiestan nociones acerca de las conexiones en los circuitos y acerca de la función del led dentro del sistema. Para los estudiantes E3, E4 y E5, que no manifestaron sus conocimientos de forma abierta, los investigadores concordamos en nuestros diarios de campos, que todos los estudiantes se vieron cómodos en el manejo de esta primera parte, con aparente aceptación y entendimiento del concepto, por lo cual consideramos que sus expresiones son aporte suficiente para considerar esta primera situación como pertinente y adecuada para el proceso de conceptualización.

Ahora, respecto al segundo y tercer momento, los estudiantes afirman lo siguiente:

- *"Si hay algo que esté por decirlo así contextualizado y moderno a uno le va a dar por lo menos más interés, va a querer entender el tema, entonces sí, claro, es mucho mejor con los arduinos"* (E1).
- *"Entonces como ya uno mirarlo (el concepto) en la forma experimental ayuda mucho a afianzar el conocimiento, pues digamos, el de la capacitancia. Entonces por ejemplo eso le ayuda mucho pues como a iniciar cosas que uno no las ve conceptuales, no las ve en clase, pero en el experimento las puede ver y las puede pues como interpretar*" (E3).
- *"Pero me parece chévere porque digamos uno siempre tiene como un sentido de las cosas, primero la teoría y después se confirma y la verdad digamos en la vida real uno no*

sabe cómo es el sentido de una experiencia de esas, eso se llama de la creación de los paradigmas, porque entonces uno siempre tiene un sentido, primero la teoría después el experimento, o primero el experimento y se crea la teoría, y eso puede ser en cualquier tipo de sentido" (E3).

- *"Uno aprende más lo que manipula uno aprende más lo que pasa a través de sus ojos, cuando uno puede construir sus propias hipótesis, cuando uno puede experimentar por otras rutas diferentes a las propuestas por las guías salen como conclusiones o análisis muy diferentes porque todos nosotros no pensamos igual y se pueden recorrer muchos caminos para llegar a un mismo resultado"* (E4).
- *"Finalmente, es importante mencionar que la experimentación y el descubrimiento por medio de elementos tangibles permite la aprehensión del concepto de capacitancia e inducción electromagnética, por lo cual en la enseñanza de las ciencias naturales se requiere que el educando interactúe con los fenómenos de estudio para que las leyes y modelaciones matemáticas sean inferidas o comprendidas a partir de lo observado"* (E4).
- *"Gracias a todo lo que hicimos pienso que pude reflexionar más y comprender mejor lo que significa el concepto de capacitancia y cómo funciona un capacitor"* (E5).
- *"Es que una cosa es ver la teoría matemáticamente y con fórmulas y otra muy diferente es ver de frente lo que en realidad sucede, ahí es donde la teoría se vuelve entendible para uno y gracias a lo que hicimos pienso que pude reflexionar y comprender mejor lo que significa el concepto de capacitancia y como funciona un capacitor"* (E5).

Para este estado de la intervención vemos que las respuestas de todos los estudiantes, en general, apuntan a un común de la actividad experimental; E1, E3, E4 y E5 exponen que es necesario trabajar de modo tangible, y no solamente de forma analítica, debido a que esto permite afianzar el conocimiento, a hacer del proceso algo propio y por lo tanto lograr un

aprendizaje más significativo; esto se apoya con lo planteado por Andrés, Pesa y Moreira (2006), donde dicen que la actividad experimental generalmente consiste en un situación problema cuya resolución demanda enfrentar diversos tipos de tareas y su abordaje resulta ser una actividad cognitiva compleja.

En este sentido es de resaltar la opinión de E4 respecto a la situación planteada, pues manifiesta que, en el aprendizaje de las ciencias, todos tienen diversas formas de interiorizar sus conocimientos. Y, por otro lado, hemos considerado como una gran expresión lo dicho por E3 (debido a que algunas de las actividades se presentaron primero de forma teórica y algunas de forma práctica), en tanto evidencia nociones epistemológicas de las ciencias, al hacer referencia a la dualidad que se puede presentar al enseñar un concepto, sin necesidad de distinguir una prioridad entre las formas de proceder.

Como último punto de referencia respecto a las situaciones, está la siguiente expresión de un estudiante, en donde relaciona la importancia de la conexión que había entre las prácticas.

- *"Sobre la primera práctica y la última, yo pienso que son complementarios, sino que esta (la última) es como una forma más matemática, ¿cierto? Pero es obviamente muy importante. Ya la otra parte era más bien como uno captar la esencia de la luz y de cuando es mucha corriente o poca corriente, ¿cierto? Y de cuando se carga el capacitor qué fenómeno puede pasar con esa bombilla"* (E1)

Como se expresaba con anterioridad uno de los estudiantes, los conceptos no pueden ser adquiridos en cuestión de dos horas o en una sola práctica de laboratorio. Vemos como este estudiante resalta la importancia de que haya una continuidad y una relación entre las situaciones expuestas para dominar este campo conceptual. Además, vuelve y hace

referencia, como se notó en la expresión, a la conexión directa que hay entre la parte matemática y la parte física; donde muestra que los números son el lenguaje o la expresión del mundo práctico.

6.2 Potencialidades de los SAD

En esta categoría se hará uso del diario de campo de cada uno de los investigadores, de los informes del laboratorio y de la entrevista semiestructurada, para analizar las tres subcategorías apriorísticas que hemos mencionado: SAD como instrumento en la toma de datos, Papel de los SAD en los procesos de representación, Papel de los SAD en la apropiación de las TIC.

6.2.1 SAD como instrumento en la toma de datos

A partir de los instrumentos utilizados identificamos tres tendencias a las que hacen referencia los estudiantes respecto a los SAD como instrumento para la toma de datos.

La primera hace referencia a que estos instrumentos son rápidos, donde se resaltan expresiones como:

- *"Nos ayuda a hallar el voltaje y el tiempo, entonces nos facilita en ese sentido porque ya él toma los datos de una vez y ya"* (E3).
- *"Permite facilidad porque mientras usted pone un cronómetro con esto es en microsegundos"* (E4).
- "*Arrojan los resultados en cuestiones de mili o microsegundos no me acuerdo bien [...] mientras en un laboratorio normal nos demoramos tomando los datos en 30 minutos acá lo hacíamos en 5 minutos y eso es más chévere, pues eso pienso yo"* (E5).
- *" Sobre los laboratorios pasados, son muy aburridos porque a veces se le va a uno el tiempo tomando los datos y anotando toda la información. Acá con el Arduino es como algo que me ayuda a recolectar la información de una forma más rápida por decirlo así"* (E5).

Debido a estas expresiones y en comparación con el diario de campo de cada uno de los investigadores, hemos notado que a los estudiantes les despierta gran interés la utilización de este instrumento, puesto que permite que el tiempo restante de la práctica experimental pueda ser utilizado para el análisis del fenómeno. También, en relación con el marco teórico Antúnez, Pérez y Petrucci (2008) manifiestan que generalmente hacen referencia a ella (a la actividad experimental), como una tarea de medición o visualización, y no como una oportunidad para adquirir y desarrollar habilidades respecto a los fenómenos vistos.

La segunda característica que identificamos respecto a esta subcategoría viene dada por el fácil manejo o la fácil manipulación de estos instrumentos. Las expresiones que se ponen en manifiesto para esto son:

- *"Las herramientas utilizadas durante las prácticas de laboratorio son de fácil manipulación"* (E2).
- *"A mí me pareció fácil manejar el arduino y la protoboard pero después de cogerle el hilo, porque al principio era complejo"* (E3).

Aunque los estudiantes opinaron que el arduino es fácil de manejar, también hay que resaltar que es necesaria una introducción a los SAD y un acompañamiento durante toda la practica; pues resulta ser novedoso para todos los estudiantes y requieren, por lo menos, conocer su utilidad y función.

Por último, la tercera característica que identificamos está relacionada con la fiabilidad de los datos y se encuentran expresiones como:

- *"Ahorraba en la medida porque quedaba como mejor, no tenía como ese error humano, en cierto sentido pues, los resultados son como más fiables"* (E1).
- *"El Arduino permite una mayor exactitud y precisión, lo cual lleva a una comprensión cuantitativamente más real de los fenómenos"* (E1).

- *"Es pertinente mencionar que el sistema arduino para obtener datos es un software de gran utilidad, en especial para la práctica en que fue utilizado, pues permite adquirir información o datos específicos y concretos con los cuales posteriormente utilizar en el análisis"* (E4).
- *"Arrojan los resultados con una precisión mucho más acertada"* (E5).

Es claro que, en experimentación en ciencias, mientras más precisas sean las mediciones, los valores experimentales se corresponderán más con los resultados teóricos. Por ello, consideramos que si los estudiantes se refieren a los datos obtenidos como fiables es porque posiblemente estaban encontrando relación y coherencia con la teoría. Junto con ello, Haag, Araujo y Veit (2005) resaltan que: es necesario que los estudiantes atrapen la física escondida entre los números y las fórmulas para el mundo real.

Por último y en relación con las tres características mencionadas Caamaño (2003) expone: es necesario generar inquietudes sobre un problema real y generar espacios para la valoración y discusión de resultados. Por ello podemos afirmar que los SAD como instrumentos en la toma de datos favorece de manera enorme la conceptualización y es una herramienta de alta eficiencia en las prácticas experimentales.

6.2.2 Papel de los SAD en los procesos de representación

Esta subcategoría estuvo guiada principalmente por la entrevista semiestructurada y por las observaciones e interpretaciones de cada uno de los investigadores; esto último en tanto los estudiantes expresaban y plasmaban sus ideas en la práctica experimental. Las expresiones que se resaltan son:

- *"Entonces por ejemplo eso (el Arduino) le ayuda mucho pues como a iniciar cosas que uno no las ve conceptuales, no las ve en clase, pero en el experimento las puede ver y las puede pues cómo interpretar"* (E3)

- *"Es pertinente mencionar que el sistema Arduino para obtener datos es un software de gran utilidad, en especial para la práctica en la que fue utilizado, pues permite adquirir información o datos específicos y concretos con los cuales posteriormente utilizar en el análisis de fenómenos físicos como lo es la corriente eléctrica y a su vez conocer variables como el tiempo y su implicación en un circuito eléctrico"* (E4)
- *"El arduino cumple la función de recolector de información del tiempo de carga y descarga para posteriormente poder realizar las gráficas correspondientes de tiempo vs voltaje y así hallar la capacitancia"* (E5)
- *"Con esto uno ya sabe cómo puede determinar la capacitancia con un arduino, con un capacitor determinado uno ya sabe ese tipo de cosas"* (E5)

En estas manifestaciones de los estudiantes notamos que, con la ayuda de los SAD debido a algunos resultados ya adquiridos, se tomaban la confianza de decir que eran capaces de encontrar, calcular y utilizar (una forma de representación identificada) con facilidad los valores de la capacitancia y otros elementos que hacen referencia a esta. Junto a esto, Vergnaud (1990) dice que las representaciones deben ofrecer posibilidades de inferencia, que ellas nos tornen capaces de anticipar eventos futuros y generar conductas para llegar a algún efecto positivo o evitar algún efecto negativo.

Además, las siguientes expresiones de algunos de los estudiantes, dan evidencia acerca del dominio que iban adquiriendo en relación con la temática trabajada.

- *Entrevistador: ¿Los datos y la gráfica ayudaron en algo a entender la teoría?*

"Sí, digamos eso lo de la corriente y lo de la descarga y la carga de un capacitor ya uno lo dimensiona de una mejor forma [...] En cuanto al sistema de adquisición de datos usados en la experiencia puede concluirse… que lleva a una comprensión cuantitativamente más real de los fenómenos" (E1)

- *"Sí se ve, o sea, lo que hicimos con la fórmula al principio del laboratorio, bueno sí, que tiende a cero, ahí se ve perfectamente en la gráfica, o sea, es que eso es lo bueno. Entonces sí, claro, se evidencia"* (E2)
- *"Entonces por ejemplo eso (arduino) le ayuda mucho pues como a iniciar cosas que uno no las ve conceptuales, no las ve en clase, pero en el experimento las puede ver y las puede pues cómo interpretar"* (E3)
- *"Me pareció muy chévere la práctica con el Arduino y con la protoboard porque digamos que le facilita mucho a uno la vida, matemáticamente y gráficamente, es chévere"* (E3)
- *"A mí me pueden decir la energía es esto, pero si me dicen que la energía está ahí en forma lumínica o como lo estábamos haciendo, me parece que uno conceptualiza más y adquiere más conocimiento"* (E5)
- *"El arduino cumple la función de recolector de información del tiempo de carga y descarga para posteriormente poder realizar las gráficas correspondientes de tiempo vs voltaje y así hallar la capacitancia"* (E5)

De todas estas expresiones y con la ayuda de nuestros diarios de campos concebimos que a los estudiantes les sorprendió el hecho de poder observar el proceso de carga y descarga del capacitor, puesto que los procesos físicos generalmente no pueden ser visualizados tan rápidamente. De este modo, las gráficas se convirtieron en una de las principales representaciones debido a que podían entender y relacionar las diferentes variables involucradas en el el montaje experimental.

Debido a lo anterior, podemos resaltar nuevamente la potencialidad de los SAD en el proceso de conceptualización. Y considerar su implementación para darles a los estudiantes una forma alternativa de hacerse a la idea acerca de lo sucedido en el mundo físico.

6.2.3 Papel de los SAD en las reflexiones sobre la apropiación de los maestros con el uso de las TIC en el aula de clase

Para presentar los principales resultados de esta subcategoría se tuvo en cuenta la entrevista semiestructurada realizada a cada uno de los participantes, tanto en la parte diagnóstica, como en la final y; a su vez, el diario de campo de cada uno de los investigadores. Allí se resaltan inicialmente expresiones acerca de la motivación que generan estos instrumentos, tales como:

- *"Las prácticas de laboratorio anteriores era un formato donde no hay tanta tecnología involucrada, por decirlo así, son cosas como muy viejitas pues, o sea los aparatos pues de siempre entonces uno como que no alcanza a concebir como muchas cosas"* (E1).
- *"Si hay algo que esté por decirlo así contextualizado y moderno a uno le va a dar por lo menos más interés, va a tener un poquito más de interés en entender el tema, entonces sí, claro, es mucho mejor con los arduinos"* (E2).
- *"Son cosas que uno no sabe cómo utilizar, o sea solo se da cuenta en estos espacios, entonces es interesante saber que uno puede venir, hacer parte de esto; es importante que se trabajen cosas así en la Universidad de Antioquia"* (E3).
- *"Si estos instrumentos se siguen implementando como lo hicimos en la clase de hoy, las experiencias serán mejores y podemos aprender mucho más acerca de los temas"* (E5).
- *"El uso de recursos didácticos y tecnológicos como el sistema Arduino, genera motivación en las actividades experimentales que contribuyen a la aprehensión de conocimientos en física, además, posibilita espacios y herramientas que servirán posteriormente en la práctica docente"* (E2).

De las opiniones anteriores se puede observar que los estudiantes resaltan la importancia de utilizar las nuevas herramientas tecnológicas para la enseñanza de la física en

la actividad experimental, tanto E2 como E5 manifiestan que a través del uso de las TIC se genera mucho más interés en el aprendizaje del tema que se está abordando; y de acuerdo con Grisolía (2009), el uso de estrategias didácticas basadas en las TIC facilita los aprendizajes de los contenidos conceptuales, y aumenta la motivación hacia la asignatura. Este aumento del interés por parte de los estudiantes se refleja en una actitud más abierta hacia los contenidos desarrollados en la asignatura y promueve el estudio de los mismos.

También, con la implementación de estos instrumentos se pueden estudiar eventos en tiempo real, lo cual facilita al alumno la capacidad de resolver diversos problemas y así empezar a concebir la naturaleza de estos.

Además de acuerdo al papel de los SAD en la apropiación de las TIC en el aula de clase se encuentran los siguientes fragmentos:

- *"Estas herramientas son una experiencia muy nueva y uno aprende a estar en lo que sucede en la actualidad"* (E1).
- *"Me parece importante que el profesor esté vinculado, o sea, la persona que vaya a utilizar el arduino tiene que estar vinculado con él, porque sino, no va a tener sentido"* (E2).
- *"Entonces me parece que así con estos instrumentos uno conceptualiza más y adquiere mucho conocimiento, y no solamente de qué es la capacitancia, entonces uno también ve cómo conectar eso bien"* (E5).

Según Pontes (2005), la gran difusión de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en todos los ámbitos de la vida actual y; por tanto, también en la educación, obliga a los profesores a cambiar muchos aspectos de la enseñanza, todo con el objetivo de que los alumnos lleguen a familiarizarse con estas herramientas. Es por esta razón que de acuerdo con lo que manifiesta E2, se destaca la importancia de que el docente esté vinculado o familiarizado con el uso de las herramientas tecnológicas (en este caso con los SAD), al

momento de llevar a cabo la actividad experimental, todo esto con el fin de que, según Grisolia (2009), “los docentes sepan diversificar las estrategias y adaptarlas a las situaciones particulares de enseñanza y así contribuir a mejorar el proceso educativo en el área de las ciencias” (p.440). Además, que, a partir de estas estrategias desarrollen una metodología adecuada para que el alumno participe activamente de la actividad experimental y, de esta forma, adquiera un aprendizaje reflexivo y significativo.

Por otro lado, E1 y E5 también manifiestan y resaltan la importancia del uso de los SAD en la actividad experimental, debido a que al momento de llevar a cabo la práctica permite una mejor conceptualización de la capacitancia, esto es importante puesto que el propósito de facilitar la incorporación de los SAD en las prácticas de laboratorio aparte de propiciar la conceptualización, es que permita al estudiante una mejor reflexión sobre la forma en que se construye el conocimiento científico.

Finalmente, es importante resaltar que estas reflexiones sobre la apropiación que realizan los maestros con el uso de las tic en el aula de clase, son valiosas para abordar la actividad experimental en física, ya que favorecen el fortalecimiento de habilidades en los estudiantes que serían difíciles de visualizar mediante las prácticas de laboratorio tradicionales, ayudando de complemento para facilitar la comprensión e interpretación de lo que sucede a nuestro alrededor.

De modo general, podemos decir que los SAD son unas herramientas con grandes potencialidades por varias razones; la primera es que permite ser precisos, rápidos y concisos en las mediciones ejecutadas, lo que a su vez permite realizar cálculos y gráficas de manera más precisa; dando paso a una representación más acertada de lo sucedido en el mundo físico. Esto, sin duda, permite despertar una gran motivación e interés hacia el aprendizaje de las ciencias, por parte de los estudiantes y a generar mejores procesos de enseñanza por parte de

los profesores.

6.3 Representaciones como externalización de la conceptualización

Para el análisis de este capítulo se consideraron principalmente los trabajos de laboratorios y los documentos de diagnóstico; puesto que allí es donde se pueden evidenciar la mayor parte de las representaciones de los estudiantes luego de haber logrado la conceptualización. De igual manera se tuvo en cuenta el diario de campo de cada uno de los investigadores, pues allí se plasmaban las principales formas en cómo se enfrentaban los estudiantes a las situaciones planteadas.

Puesto que, para comprobar que se logró un proceso de conceptualización, se deben tener en cuenta la adquisición de invariantes operatorios y la evolución o cambio de esquemas manifestados o exteriorizados; se realiza en el análisis de esta categoría, un proceso de comparación entre las representaciones del estado diagnóstico y el estado final.

Las siguientes son las respuestas y representaciones de los estudiantes a las preguntas planteadas, luego de haber realizado el primer experimento planteado en la propuesta didáctica.

Pregunta 1: Represente gráficamente lo que cree que está sucediendo en el fenómeno

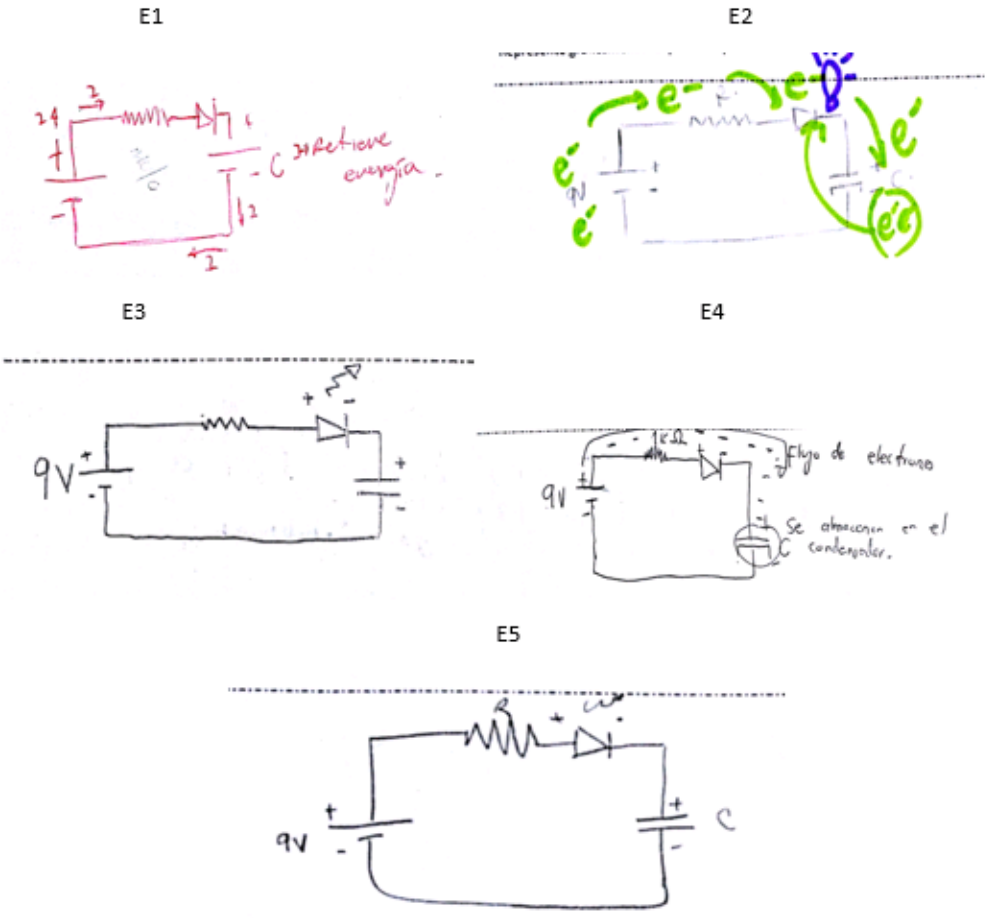


Figura 6: Representaciones de los estudiantes en el primer momento.

Pregunta 2: Desde el punto de vista físico, ¿qué cree que sucede en el fenómeno?

- *El capacitor retiene la electricidad que una vez dio luz, este volverá a prender cuando él esté lleno, pero si se deja cargar totalmente daña la resistencia (E1)*
- *La batería emite corriente eléctrica liberando electrones que viajan por el circuito, pasan por la resistencia y emiten luz en el led, el capacitor almacena energía lo que hace aumentar el tiempo de iluminación del led (E2)*
- *Hay un flujo de corriente que permite que el bombillo alumbre, pero como el capacitor se carga irrumpe el flujo de la corriente y por esto el bombillo no sigue alumbrando (E3)*

- *Cuando conectamos el circuito los electrones fluyen a través del circuito y empiezan a ingresar al condensador, cuando este está lleno se detiene el flujo por lo que la bombilla se apaga. Entre más grande sea el capacitor más tiempo le toma para cargarse (E4)*
- *La resistencia tiene la función de regular la carga, el capacitor acumula la carga que viene de la batería permitiendo un menor flujo de corriente, la batería proporciona la diferencia de potencial, los cables conducen creando una corriente (E5)*

Pregunta 3: ¿Cómo es el proceso de almacenamiento de energía en un capacitor?

- *El capacitor tiene un límite de almacenamiento de carga eléctrica, que proviene desde una fuente de energía pasando por las resistencias y recorriendo todo un circuito eléctrico (E2)*
- *La corriente y el voltaje que produce la FEM fluye en dos direcciones: una para aumentar la resistencia y la otra para guardar la carga en el capacitor, cuando este ya se encuentre cargado la corriente solo fluirá en la dirección que esté puesta la resistencia (E3)*
- *Los electrones quedan almacenados entre las placas paralelas (E4)*
- *Este se cargará con energía hasta un máximo, en este punto la energía no ingresará más (E5)*

Como se puede analizar, en la figura 6, donde se les pide una interpretación gráfica acerca de lo sucedido; allí podemos observar que todos los estudiantes concuerdan en plasmar el circuito que se les había propuesto para realizar el montaje, por lo cual consideramos que los estudiantes no tienen diversas visiones acerca del tema. Pero, lo realmente importante allí, es analizar la forma en que conciben que se está desarrollando el experimento. Los estudiantes E3 y E5, no ponen en manifiesto ninguna alteración del circuito, de modo que lo dibujan tal cual se les había presentado; mientras que los estudiantes E1, E2 y E4 dan muestra de que hay un flujo en tanto dibujan las líneas de la corriente; lo curioso es que, a pesar de ello, cada uno las

lleva hasta puntos diferentes. Para el primero de ellos la corriente se retiene en el capacitor, pero sigue circulando por el sistema, sin mencionar esta cuándo se debe detener; el segundo estudiante concibe que el LED se prende luego de que el capacitor está cargado y este devuelve la corriente para hacerlo funcionar; mientras que estudiante cuatro, tiene una noción más acertada al hacer fluir las líneas hasta el capacitor y luego detener el flujo que se presentaba allí cuando el capacitor se encontraba cargado.

En cuanto a la segunda pregunta, vemos que las representaciones gráficas hechas en el primer punto, son expresadas de diferente forma al manifestarlas de forma textual; los estudiantes E2, E3 y E4 tienen una noción más clara respecto a lo que sucede, esto en tanto exponen que mientras la corriente viaja hasta el capacitor y lo carga, el LED se va a encender, aunque no explican su modo y tiempo de iluminación. Mientras que E1 y E5 expresan ideas más encaminadas a la utilidad de cada uno de los elementos, incluso confundiendo sus funciones y sus posibles consecuencias de una mala utilización.

Por último, para la tercera pregunta, se ve una disonancia entre las respuestas anterior y la forma en cómo esto sucedió; pues, a pesar de que tres de los estudiantes estuvieron muy cerca de una respuesta acertada acerca de lo que pasaba en el experimento; con las respuestas de esta última pregunta; el único que tiene una noción superficial acerca de cómo se carga un capacitor, es E4, que manifiesta que la energía queda almacenada entre las dos placas. Por tanto, demuestran no entender cómo es dicho proceso. Además, aunque intentan detallar de dónde proviene la energía, no son explícitos en el funcionamiento de la batería; y respecto a esto último, tienen una visión cerrada acerca de las diferentes alternativas para inducir carga en los capacitores. De este modo vemos que los estudiantes poseen unos invariantes operatorios deficientes para enfrentarse a las situaciones planteadas, por lo cual no poseen dominio de su campo conceptual.

Ahora, luego de haber implementado la propuesta, se analizaron cada uno de los diarios de campo para analizar las formas en cómo los estudiantes se enfrentaban a la última práctica experimental; y, además, se tuvieron en cuenta los informes de laboratorio tipo artículo presentados por ellos; allí vemos una evolución en sus modos de expresión respecto a cada uno de los elementos principales que se pretendían alcanzar.

Para ello, esta parte estará dividida en tres momentos, en donde se mirará la adquisición de nuevos invariantes operatorios, los esquemas activados para enfrentarse a las situaciones presentadas; y, en especial, la forma en cómo representan todo ello. De este modo, las primeras expresiones hacen referencia a manifestaciones acerca del funcionamiento del circuito, en especial a los indicadores que identificaron para el correcto desempeño de la actividad; la segunda parte está muestra los diferentes métodos y variables que conocieron para inducir carga en el sistema; la tercera parte, hace referencia a la interpretación de las gráficas obtenidas y, de la mano con esto, vienen sus nociones acerca la capacitancia. En esta última parte, es donde podremos ver a fondo su nivel de conceptualización.

Para la primera parte se tienen las siguientes expresiones:

- *"El led es usado como usado indicador visual, podría decirse que la razón por la cual luego de un tiempo de permitir el flujo de la corriente eléctrica en el circuito, el led dejaba de encender es que el capacitor ya estaba cargado"* (E1)
- *"El buzzer nos permitía saber si el capacitor se estaba cargando, esto se evidenciaba anulando el flujo de corriente hacia el capacitor y permitiendo la descarga del flujo eléctrico contenido por el capacitor al buzzer, esto se daba en forma de sonido"* (E1)
- *"El hecho de yo saber que si se me prende el led quiere decir que está fluyendo corriente en el circuito"* (E2)

- *"La carga almacenada en el capacitor permite que al cerrar el circuito se escuche un tenue sonido proveniente del Buzzer, que funciona en un pequeño intervalo de tiempo gracias a la energía acumulada en el condensador"* (E2)
- *"Como prueba de que el circuito estaba siendo cargado se instaló una bombilla led y para descargar el condensador se conecta el interruptor S1 para hacer sonar el Buzzer"* (E4)

En el momento diagnóstico, a pesar de que se les hizo una breve introducción a cada uno de los elementos del sistema, se notó que no alcanzaron a dimensionar o a razonar acerca de su función. En cambio, en las anteriores expresiones vemos como demuestran que dominan o expresan cada de forma adecuada el funcionamiento de cada uno de ellos.

Además, vemos nociones claras acerca del funcionamiento del capacitor; lo cual concebimos como una pequeña representación del proceso de conceptualización acerca de la capacitancia, pues el encontrarle una función a este, muestra una aproximación al dominio de este campo.

Análogo a esto, en el diario de campo coincidimos en que algunos estudiantes estaban seguros del funcionamiento del sistema y se inquietaban por modificarlo, de hecho, en la última práctica manifestaban cosas como:

- *"Al cambiar el led por un cable, no hay funcionamiento del sistema, esto se debe a que el led tiene una dirección en la que fluye la corriente, mientras que el cable no tiene dirección y por ende la carga que entra al mover rápidamente el imán, vuelve a salir inmediatamente"* (E2)
- *"Si conectamos un cable en vez de un led el montaje no funcionará porque el led funciona en una sola dirección, dirigiendo la corriente a pasar por el capacitor; en cambio el cable lo que haría es hacer circular la corriente pero no en algún sentido específico,*

provocando que la corriente se anule o se devuelva al pasar el imán por medio de las bobinas" (E5)

Aunque la intención del último momento (que fue donde hicieron estas manifestaciones), es que vieran una de las posibles utilidades del capacitor, se notó que tuvieron un rápido dominio de algunas variables del campo conceptual relacionado con la inducción electromagnética, pues interpretaron de forma adecuada la función que tiene el campo magnético del imán al introducirlo en el solenoide.

En las expresiones anteriores, los estudiantes hablan de cargar el capacitor; proceso que se notó no tenían claro en el momento diagnóstico. Esto da pie a para ver las nuevas manifestaciones acerca este proceso, en especial las variables y los métodos que pueden ser implementados.

- *"La carga y descarga de un condensador puede realizarse de diferentes maneras, en la presente práctica experimental, se analizaron 3 formas: primero aplicando una diferencia de potencial por medio de una batería; segundo, usando la función Circuito RC-serie del sistema de adquisición de datos basado en Arduino y tercero por medio de un generador de inducción electromagnética (imán)"* (E4)
- *"Para generar una mayor diferencia de potencial en este experimento pueden modificarse diferentes variables, una de ellas sería la velocidad a la cual entra el imán al solenoide y otra manera sería aumentar el área y las espiras de la bobinas o solenoide"* (E1)
- *"En esta medida, se confirma que a mayor número de espiras, mayor campo magnético **B** generado y por tanto mayor corriente; también se evidencia que a mayor rapidez de los imanes, se genera mayor diferencia de potencial (**V**)"* (E2)

- *"El imán se introduce con velocidad en medio del espacio que se presenta en el solenoide, alterando el estado inicial de las cargas allí compelidas y generando una diferencia de potencial"* (E2)
- *"Para generar un voltaje mayor y por ende cargar el condensador mucho más rápido se tienen dos opciones: la primera es realizar la perturbación magnética con más intensidad y frecuencia o usar un solenoide con más espiras, lo que permitirá un flujo de electrones mucho mayor"* (E4)
- *"Para obtener un voltaje mayor se puede utilizar una bobina con mayor número de espiras o vueltas del material. En el montaje realizado se utilizó previamente una bobina de 3000 espiras y para lograr un mayor potencial unimos otra bobina de 3000 espiras, logrando un mayor potencial del led, además de aumentar el área transversal del circuito y hacer incidir el generador electromagnético por el solenoide a una mayor velocidad en un menor tiempo"* (E5)

En primera instancia, vemos que el estudiante E4, menciona y es claro con las formas que presentamos para inducir corriente en el sistema. Lo interesante es que fue consciente de esto, puesto que no habíamos solicitado esta aclaración; pero con ello nos demuestra que ha adquirido diferentes nociones acerca de cómo cargar un capacitor y luego poder conocer cómo es el proceso de carga de este. Lo cual demuestra la adquisición de un nuevo conocimiento que es necesario para dominar el campo conceptual.

Además de las formas de inducir corriente en el circuito, vemos que los estudiantes son más específicos en relación con este proceso; pues en el momento diagnóstico, generalmente hacían referencia termino como: hacer circular energía en el sistema; ahora vemos que utilizan expresiones más adecuadas, tales como: diferencia de potencial; la cual es más

acorde para referirse a lo sucedido en el sistema. Por lo cual sus representaciones acerca de este campo son más adecuadas y pertinentes.

A su vez, se puede notar la gran coincidencia que hubo entre las expresiones, pues todos manifestaron de forma clara, que si se quería lograr la carga del capacitor de forma más rápida, la mejor opción era aumentar el número de espiras o realizar una variación más rápida del campo magnético que producía el imán, moviendo este de forma más veloz. Esto, nuevamente, da cuenta de la apropiación y relación que puede haber entre el tema de capacitancia y el tema de inducción electromagnética; lo cual vuelve a ser una condición interesante para el manejo del campo conceptual tratado.

Por último, hay algunas manifestaciones de los estudiantes acerca de la capacitancia; estas han sido representadas de forma gráfica, con su respectiva interpretación literal y también de forma matemática.

Las siguientes son expresiones acerca de las interpretaciones que los estudiantes tuvieron acerca de la gráfica arrojada por Excel después de ingresar los datos obtenidos en el Arduino. Para ello, a continuación, se adjunta la gráfica de E2, debido a que todas tienen aproximadamente los mismos valores; de igual forma en el Anexo K, se recopilan todas.

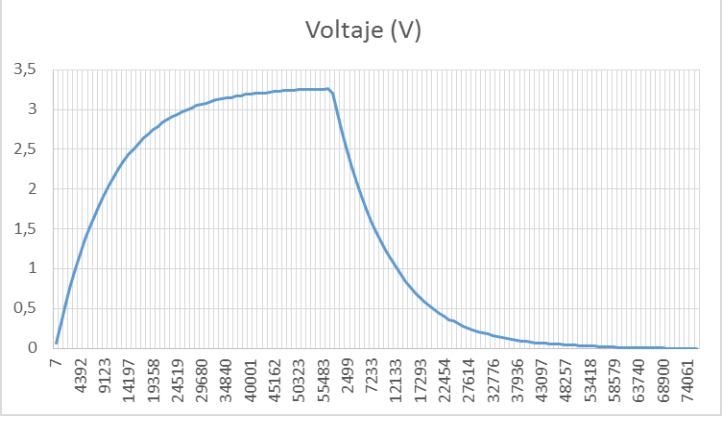


Figura 7: Representación de E2 de la Carga y descarga de un capacitor.

- *"Respecto a la gráfica V vs T, según la pendiente positiva se carga el capacitor de manera más veloz cuando se acerca al límite de su capacitancia y se descarga en un inicio de manera muy veloz y luego lentamente"* (E1)
- *"Para los dos condensadores, a pesar de tener una capacitancia diferente se observó que el voltaje no superó nunca los 3,25 voltios, esto porque la diferencia de potencial proporcionada es siempre la misma, lo que aumentó fue el tiempo, modificando así la capacitancia para cada capacitor y brindando los valores experimentales obtenidos"* (E1)
- *"Al cargar un condensador se describe una curva asintótica con el voltaje límite en función al tiempo de carga"* (E4)
- *"Según las gráficas analizadas, a medida que transcurre el tiempo los voltajes aumentan. En la gráfica también se puede contemplar que a medida que aumenta el tiempo, los voltajes se mantienen constantes o ascienden de manera más lenta, Esto sucede debido a que el capacitor va recibiendo menor intensidad de corriente eléctrica, pues cada vez estará mayormente cargado y al alcanzar la carga máxima la corriente eléctrica en el circuito se hará cero"* (E4)
- *"En las gráficas se puede observar que mientras el capacitor se está cargando la gráfica es ascendente y llega a un punto en el que comienza a ser una línea recta, esto nos indica que el capacitor ha llegado a un punto máximo donde está cargado completamente. y cuando se descarga el condensador se evidencia que esta va de manera descendente, a medida que este se está descargando la luminosidad del led va disminuyendo con el tiempo llegando a un voltaje cero"* (E5)

En las frases anteriores, vemos que los estudiantes adquirieron nuevos invariantes operatorios respecto al campo conceptual de la capacitancia; pues se nota que gracias a la gráfica pudieron concebir la forma en cómo el capacitor se carga, en tanto exponen la

velocidad a la que se carga y descarga en sus momentos iniciales, también la asíntota que se genera con respecto a la diferencia de potencial que se induce mediante el arduino y finalmente el momento de carga máxima, donde observan que deja de circular corriente en el circuito. Además, son más específicos en la comparación de variables que intervienen en este proceso, tales como el voltaje y el tiempo. Junto con esto, exponen el dominio de otros campos conceptuales referentes a la graficación de funciones, lo cual es necesario para llevar a cabo las anteriores interpretaciones.

Aunque las nociones anteriores dan una evidencia del proceso de conceptualización, las representaciones matemáticas son un componente necesario para entender lo que sucede en el mundo físico; por ello, hemos considerado las siguientes expresiones de los estudiantes:

- *"*$Vc(t) = V_o(1 - e^{\frac{-t}{RC}})$ ***(1)***

O de descarga:

$Vc(t) = V_o e^{\frac{-t}{RC}}$, ***(2)***

tomando como V_o *el valor de* ***V*** *donde termina la carga e inicia la descarga del capacitor, en este caso equivale a 3.26 V. Se decide utilizar la fórmula de carga, reemplazando los valores y teniendo en cuenta que* $\tau = Resistencia * Capacitancia$**,** *obteniendo:*$Vc(t) = V_o(1 - e^{\frac{-\tau}{RC}})$

$Vc(t) = 3.26(1 - e^{-1})$

$Vc(t) = 2.06V$

En la tabla de datos se busca el voltaje 2.06 obtenido para observar a que tiempo τ *se acerca o corresponde.*

$10069\mu s \rightarrow 2.06V$

De la formula $\tau = R * C$**,** *despejo* ***C*** *y reemplazo.*

$C = \tau/R$ ***(3)***

$C = 10069\,\mu s/1000\,\Omega$

$C = 10\mu F$"(E2)

- "Ecuación de carga: $V_c(t)= V_0\ (1- e^{-t/RC})$

t=RC V_0= 3.26 V R= 1KΩ

$V_c(t) = V_0\ (1 - e^{-RC/RC})$

$V_c(t) = V_0\ (1 - e^{-1})$

$V_c(t) = 3.26\ (1 - e^{-1})$

$V_c(t) = 2.06$ V → Voltaje en el capacitor al estar cargado completamente

El tiempo en el que el voltaje era de 2.06 V es en

10159 µsegundos.

Siento el tiempo tao 10159 µ segundos.

t=RC

$C = \frac{t}{R}$

$C = \frac{10159\mu seg}{1000\Omega}$

C = 10.159 µF → Capacitancia del capacitor en el tiempo tao. Ecuación de carga: $V_c(t)= V_0\ (1- e^{-t/RC})$

t=RC V_0= 3.26 V R= 1KΩ

$V_c(t) = V_0\ (1 - e^{-RC/RC})$

$V_c(t) = V_0\ (1 - e^{-1})$

$V_c(t) = 3.26\ (1 - e^{-1})$

$V_c(t) = 2.06$ V → Voltaje en el capacitor al estar cargado completamente

El tiempo en el que el voltaje era de 2.06 V es en

10159 µsegundos.

Siento el tiempo tao 10159 µsegundos.

t=RC

$C = \frac{t}{R}$

$C = \frac{10159\mu seg}{1000\Omega}$

C = 10.159 µF → Capacitancia del capacitor en el tiempo tao.” (E5)

●

Cálculos

Ecuación de carga

$$Vc\ (t) = Vo(1 - e^{-\frac{t}{RC}})\quad Vc\ (t) = Vo(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$
$$Vc\ (t) = Vo(1 - e^{-1})$$

Condensador de 10 µF

$$Vc\ (t) = 3{,}26\ (1 - e^{-1})\qquad Vc\ (t) = \mathbf{2.06v}$$

Condensador de 1000 µF

$$Vc\ (t) = 3{,}25\ (1 - e^{-1})\qquad Vc\ (t) = \mathbf{2.05\ v}$$

Ecuación de carga de un condensador

Condensador de 10 µF, se promedió los voltajes y los tiempos, que no había un valor exacto de 2, 06 v.

$$\frac{2\text{ v} + 2{,}11\text{ v}}{2} = 2{,}05\ v$$
$$\frac{10068\ \mu s + 11100\ \mu s}{2} = 10584\ \mu s$$
$$\boldsymbol{\tau = RC}\qquad \mathbf{C = \frac{\tau}{R}}$$

T: es la constante de tiempo
R: es la resistencia en ohmios.
C: es la capacitancia.

$C = \frac{10584\ \mu s}{1000\ \Omega} = \mathbf{10{,}58\ \mu F}$

Condensador de 1000 µF

$$C = \frac{990395{,}75\ \mu s}{1000\ \Omega} = \mathbf{9903{,}99\ \mu F}$$

(E4)

En estos cálculos, vemos que los estudiantes llegaron a un valor muy aproximado del valor de la capacitancia, mediante las ecuaciones presentadas en la clase, lo cual muestra un manejo adecuado de algunos conceptos y nociones básicas. Lo interesante acá es ver que la ecuación de esta, es una forma de representación que los estudiantes concibieron adecuada. De modo que es una forma de expandir sus conocimientos respecto al campo conceptual.

En general, se puede ver la utilidad de las representaciones para implementar la propuesta didáctica, pues las diferentes formas de expresar los invariantes operatorios, permitió que los estudiantes mostrarán sus potencialidades y, a partir de allí, reconocer que su nivel de conceptualización fue aceptable y satisfactorio.

7. CONSIDERACIONES FINALES

7.1 Conclusiones

En el presente trabajo se habló sobre la importancia de la actividad experimental para la enseñanza de la física y como puede sacarse provecho de ella para favorecer los procesos de conceptualización.

En este caso, la Teoría de los Campos Conceptuales fue el fundamento teórico para el diseño de la propuesta y permitió diseñar situaciones que permitieran a los estudiantes realizar una reflexión mas profunda sobre la actividad experimental que realizaban.

En este sentido, fue muy favorable el trabajo con los SAD pues brindo versatilidad, precisión y eficacia en la realización de los experimentos, facilitando los procesos de análisis de la información de los estudiantes y brindándoles herramientas extra para abordar desde diversas representaciones el concepto de capacitancia y por tanto generando diferentes posibilidades para incorporar dicho concepto.

Por otra parte, el uso del arduino como de los diferentes componentes electrónicos sirvió como detonante de motivación y permitió que los estudiantes participaran con curiosidad y ánimo en las diferentes actividades, además, este acercamiento con las TIC amplía su campo de acción y las alternativas para que en el futuro las utilicen en sus prácticas.

7.2 Recomendaciones

Partiendo de la experiencia de los investigadores, de los comentarios hechos por los estudiantes y de los resultados obtenidos en este proceso de investigación, a continuación, se realizan algunas recomendaciones, en busca de mejorar futuras implementaciones.

De este modo, la primera recomendación va encaminada a la adaptación, uso y manejo de los SAD por parte de los estudiantes; por lo cual se recomienda una actividad introductoria, que les permita familiarizarse con estos dispositivos, encontrar todas sus

funcionalidades y explotar su potencialidad; de modo que no los vean como una simple herramienta más que se utiliza en el laboratorio. De la mano con esto, es necesario que los profesores estén empapados del manejo, funcionamiento e incluso la programación de estos; puesto que, desde su conocimiento didáctico, pueden encontrarles variedad de utilidades; esto también podría ser un plus que se mejore y se nutra la línea de investigación aquí tratada. Además, es un aditivo para que fortalezcan sus competencias en las nuevas tecnologías.

La segunda recomendación va encaminada nuevamente a una introducción, pero esta vez para tener las nociones y el manejo básico de los circuitos, pues es necesario que para cada una de los momentos los estudiantes reconozcan y plasmen de manera adecuada los montajes propuestos. Esto en vista de que no desperdicien tiempo preguntando o rectificando si todo está correctamente conectado y que tampoco se pierdan elementos del sistema por ser atrofiados o quemados.

Por último, se recomienda a todos los maestros que implementen esta propuesta a abrirse a la conexión o relación entre temas; pues se ha visto en este trabajo la posibilidad de trabajar en varios campos. Además, esto permite fortalecer habilidades o competencias trabajadas con anterioridad.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alzate, T. y Sierra, J. (2000). El diario de campo: instrumento en el trabajo educativo. *Gaceta didáctica*. 3, 11 – 13.
- Andrés, M., Pesa, M. y Moreira, M. (2006). El trabajo de laboratorio en cursos de física desde la teoría de los campos conceptuales. *Ciência & educação.* Bauru. 12 (2), 129-142.
- Antúnez, G., Pérez, S. y Petrucci, D. (2008). Concepciones de los docentes universitarios sobre los trabajos prácticos de laboratorio. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 8 (1).
- Ayala, M., Malagón, J. y Sandoval, S. (2011). Magnitudes, medición y fenomenologías. *Revista de enseñanza de la física*, 24(1), 43-54.
- Bautista, C. (2011). Proceso de la investigación cualitativa: Epistemología, metodología y aplicaciones. *Bogotá: Manual Moderno.*
- Bonilla, E. y Rodríguez, P. (2000). Más allá del dilema de los métodos. 2nd ed. *Ediciones Uniandes*, 92-93.
- Caamaño, A. (2004). Experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones: ¿una clasificación útil de los trabajos prácticos?. *Revista Alambique*, 39.
- Caamaño, A. (2012). ¿Cómo introducir la indagación en el aula? Los trabajos prácticos investigativos. *Revista Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 70, 83-91.
- Capuano, V. (2011). El uso de las TIC en la enseñanza de las ciencias naturales. *Virtualidad, Educaciòn y Ciencia*, 2 (2), 79 - 88.
- Cardona, M. y López, S. (2017). Una revisión de literatura sobre el uso de sistemas de

adquisición de datos para la enseñanza de la física en la educación básica, media y en la formación de profesores. R*evista Brasileira de Ensino de Fısica*, 39(4), 1-10.

- Cisterna, F. (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en la investigación cualitativa. *Revista Theoria* 14 (1), 61 – 71.
- Farías, L. y Montero, M. (2005). De la transcripción y otros aspectos artesanales de la investigación cualitativa. *International Journal of Qualitative Methods*, 4(1), 1-14
- Gil, S. y Rodríguez, E. (2001). Experimentos de Física usando nuevas tecnologías. Buenos Aires: Prentice Hall / Pearson.
- Grisolía, M. (2009). Incorporando Tecnologías de la Información y la Comunicación en un curso de Física General, *Latin-American Journal of Physics Education*, 3 (2), 439 - 445.
- Haag, R., Araujo, I. y Veit, E. (2005). Por que e como introduzir a aquisição automática de dados no laboratório didático de física? *Física na escola*. 6 (1), 69-74.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación. 5th ed. Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313.
- Lizárraga, C. y Díaz, S. (2007). Uso de *software* libre y de internet como herramientas de apoyo para el aprendizaje. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal,* 10(1), pp 83-100.
- Ministerio de Educación Nacional. (2016). Resolución n° 02041. Bogotá.
- Moreira, M. (2002). La teoría de los campos conceptuales de Vergnaud, la enseñanza de las ciencias y la investigación en el área. *Investigaciones en Enseñanza de las Ciencias*, 7 (1), 1-28.

- Pontes, A. (2005). Aplicaciones de las tecnologías de la información y de la comunicación en la educación científica. Segunda parte: aspectos metodológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, (2). 330-343
- Ré, M., Arena, L. y Giubergia, M. (2012). Incorporación de TICs a la enseñanza de la Física. Laboratorios virtuales basados en simulación.
- Romero, A. y Aguilar, Y. (2013). La experimentación y el desarrollo del pensamiento físico. Un análisis histórico y epistemológico con fines didácticos. *Editorial Universidad de Antioquia.*
- Rodríguez, G., Gil, J. y García, E. (1996). Metodología de la investigación cualitativa. *Málaga: Ediciones Aljibe.*
- Stake, R. (2010). Investigación con estudio de casos. 5th ed. *Morata, S.L.}*
- Sureda, P. y Otero, M. (2011). Nociones fundamentales de la Teoría de los Campos Conceptuales. *Revista Electrónica de Investigaciòn en Educación en Ciencias*, 1-14.
- Taylor, S. J., Bogdan, R. (1987) Introducción a los métodos cualitativos de investigación. *Ediciones Paidós Ibérica, S. A.*
- Vergnaud, G. (1990). La teoría de los campos conceptuales. *Recherches en didactique des mathématiques*, 10(2), 3.

9. ANEXOS

Anexo A. *Consentimiento informado.*

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

Una propuesta teórico metodológica para resignificar la actividad experimental en la enseñanza de la física a partir del uso de los sistemas de adquisición de datos

Investigadores:

Carlos Mario Arias Marín

Juan Diego Gallego Londoño

Andrés Mateo Gómez Copete.

La presente investigación tiene como propósito la formación y acompañamiento a los profesores de física de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia en el proceso de implementación de sistemas de adquisición de datos en la enseñanza de la física, además de la resignificación de la actividad experimental como un espacio en el que los profesores pueden crear contextos para que los estudiantes puedan acercarse a la forma en que se construye el conocimiento científico. En este sentido, la participación en la intervención tiene como beneficios para los maestros en formación, entre otras cosas, conocer una metodología innovadora que sirve de insumo para su futura labor y cumple con los requerimientos del Ministerio de Educación Nacional en cuanto a los componentes que deben ser desarrollados durante la formación inicial de los maestros.

El desarrollo de la investigación está contemplado entre los semestres 2018-1 y 2019-2. No obstante, la intervención y recolección de información se llevará a cabo durante el semestre 2018-1. La recolección de información dentro de la investigación requiere procedimientos propios de la metodología de investigación cualitativa, tales como la observación participante, la entrevista semiestructurada, el registro audiovisual y el desarrollo de actividades propuestas

para la intervención. Se espera que los participantes se comprometan voluntariamente a aportar información verídica y pertinente para el desarrollo de la investigación.

Confidencialidad:

entendemos como imperativo y deber, 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. 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, la persona que firma este documento autoriza a los investigadores para que las fuentes de información como escritos, entrevistas, observaciones, fotos, grabaciones en audio y video, etc.; se constituyan en datos para dicha investigación, y puedan ser publicados en el informe final de investigación, así como en cualquier otro medio de divulgación como eventos académicos, publicación en revistas, entre otros. Gracias por su colaboración.

Aceptación de la participación:

Después de haber leído y comprendido completamente la información suministrada en este documento, y de que los investigadores han resuelto mis inquietudes, voluntariamente doy mi consentimiento para participar de forma libre y autónoma en la investigación “el uso de sistemas de adquisición de datos en la enseñanza de la física: una apuesta por resignificar la actividad experimental y democratizar el conocimiento”.

_____ _____

FIRMA DEL PARTICIPANTE **FECHA**

Anexo B. *Preguntas entrevista semiestructurada individual del primer momento*.

1. ¿Cuál es tu nombre?
2. ¿Qué edad tienes?
3. ¿En qué semestre estas?
4. ¿Cuántos cursos de física ha cursado?
5. ¿Cuáles físicas ven en la carrera?
6. ¿Todas las físicas tienen práctica de laboratorio?
7. ¿Cómo son los formatos de esas prácticas?
8. ¿Han trabajo con sistemas de adquisición de datos?
9. ¿Todo lo que utilizamos hoy es nuevo para usted?
10. ¿Cuáles son tus expectativas con lo que estamos realizando?

Anexo C. *Preguntas entrevista semiestructurada individual del segundo momento.*

1. ¿Qué tal fue el trabajo con el arduino y con el programa, qué dificultades encontró?
2. ¿Qué opina de las prácticas de laboratorio de esta forma, trabajando con estos instrumentos?
3. ¿Y con respecto a las prácticas tradicionales hay algún cambio, mejora o no? ¿Sigue siendo lo mismo con otros instrumentos o si hay alguna diferencia?
4. ¿Y la visualización de las gráficas es clara o no?

Anexo D. *Preguntas entrevista semiestructurada individual del tercer momento.*

1. ¿Cómo fue la experiencia en las actividades con el uso de los equipos de laboratorio?
2. ¿Qué papel le daría a los Arduino principalmente? Pues, ¿al uso de ese sistema de adquisición de datos dentro de la actividad experimental?
3. ¿Qué significó para ti ese Arduino?
4. ¿Qué diferencia ves entre estas actividades, teniendo en cuenta incluso el tiempo que utilizamos para el concepto de capacitancia, con otras actividades experimentales hechas anteriormente?
5. ¿Cuáles fueron las principales dificultades en todas las actividades?, en el momento de tomar decisiones ¿en qué necesitaron profundizar más o apoyarse más en otras cosas?
6. Y sobre la manera de presentar el informe ¿qué opinión o qué sugerencia tiene?

Anexo E. *Formato de preguntas para el diagnóstico.*

FACULTAD DE EDUCACIÓN
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Nombre:_____
Fecha:_____

Diagnóstico

A continuación, se presentan algunas preguntas asociadas a circuitos eléctricos. El propósito es argumentar cada una de las respuestas y apoyarse con representaciones como dibujos, esquemas, etc.

1. ¿Qué es la carga eléctrica?

2. ¿En un acumulador sale más corriente que la que le entra? ¿En una bombilla entra más corriente que la que sale? Explica por qué.

3. ¿Cómo es el proceso de almacenamiento de energía en un capacitor?

4. ¿Cómo se compara la carga de una de las placas de un capacitor con la de la otra placa?

Anexo F. *Formato de preguntas para el experimento diagnóstico.*

FACULTAD DE EDUCACIÓN
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Experimento: Conecte en serie un condensador con una batería y un led y observe lo que sucede.

1. Represente gráficamente lo que cree que está sucediendo en el fenómeno.

2. Desde el punto de vista físico, ¿qué cree que sucede en el fenómeno?

3. ¿Qué conceptos, ideas, teorías, considera que son pertinentes para abordar la situación?



Anexo G. *Propuesta actividad experimental para el segundo momento.*

FACULTAD DE EDUCACIÓN
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Práctica experimental:
Montaje de un experimento orientado a analizar la carga y descarga de un condensador en un circuito RC.

Objetivo

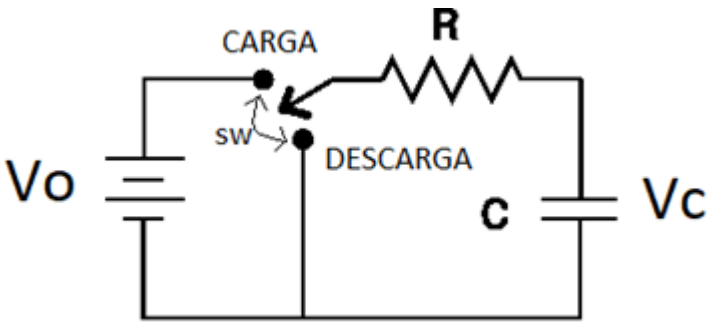
Analizar el proceso de carga y descarga de un condensador dentro de un circuito RC y evaluar el significado de la constante de tiempo t.

Actividad inicial: Carga y descarga de un condensador dentro de un circuito RC

Materiales

Sistema de adquisición de datos basado en Arduino, protoboard, cables M-M de conexión para protoboard, resistencias y condensadores de varios valores, computador.

Marco teórico



Es conocido que en el circuito de la figura el voltaje en el condensador comienza a crecer desde el momento que el interruptor SW pasa a la posición "CARGA", según la ecuación:

$$V_C(t) = V_0(1 - e^{-t/RC})$$

Cuando el interruptor pasa a la posición "DESCARGA", el voltaje en el condensador comienza a decrecer desde V_0 según la ecuación:

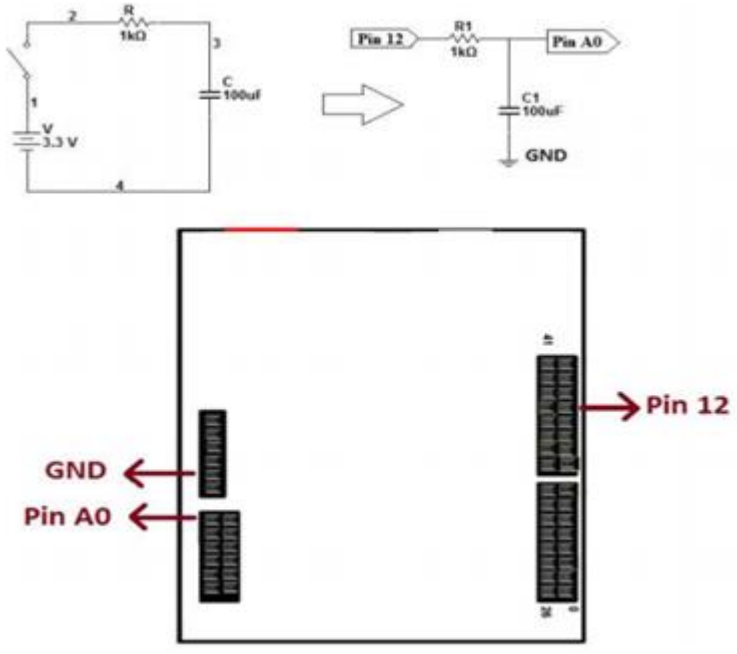
$$V_C(t) = V_0 e^{-t/RC}$$

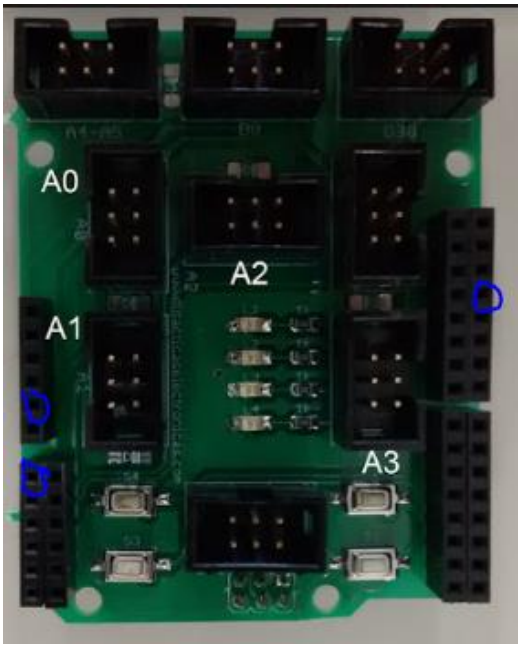
Se define la constante de tiempo τ=RC.

Montaje experimental

El análisis de la carga/descarga del condensador puede realizarse usando la función “Circuito RC–serie-” del sistema de adquisición de datos basado en Arduino.

En vista que se busca obtener la curva de carga y descarga del condensador, realice en la protoboard el siguiente circuito.





Para la configuración del Sistema de Adquisición de Datos Arduino, hágalo de esta manera:

1. Conecte el sistema al computador a través del cable USB, ejecute el software HyperSerialPort y configúrelo haciendo clic en el botón “Properties”:
Los parámetros de configuración son los siguientes:
Select port to connect: Generalmente es aquel diferente a COM1.
Bits per second: 115200
Data bits: 8 (valor por defecto)
Parity: None (valor por defecto)
Stop bits: 1 (valor por defecto)
Flow Control: None

Haga clic en “Connect” y luego guarde los cambios en “Save”

2. En el sistema seleccione la función deseada (Circuito RC) mediante el botón “SELECT” (botón izquierdo) y oprima “ENTER”

3. En el software HyperSerialPort puede visualizar los datos arrojados por el sistema.

4. Una vez terminada la toma de los datos, presione “STOP” (botón derecho) y anote en el programa la palabra FIN.

5. Los datos pueden ser seleccionados y copiados en una hoja de cálculo para su posterior análisis.

Actividades de exploración

1. Crear una función en la hoja de cálculo que arroje automáticamente el valor del condensador con base en las curvas obtenidas. Realice una gráfica.
2. Evaluar el significado de la constante de tiempo τ.

Anexo H. *Propuesta actividad experimental para el tercer momento.*

FACULTAD DE EDUCACIÓN
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Carga de un condensador por medio de un generador de inducción electromagnética.

Materiales

Juego de 8 bobinas (solenoides), cables caimán-caimán, cables macho-macho, led, condensador de 1000 uF, resistencia de 220 Ohm, buzzer (piezo-eléctrico), imanes de neodimio, suiche (interruptor), multímetro.

Montaje experimental

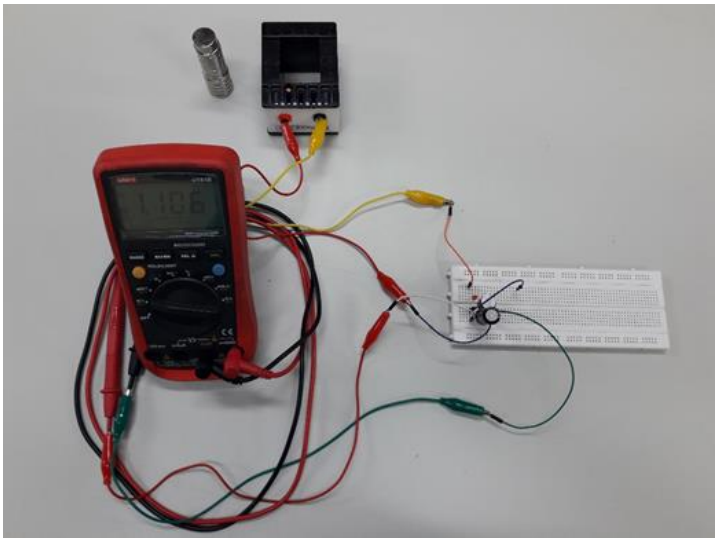
En el circuito *L1* representa el solenoide al cual podrá ingresar el imán de neodimio para variar el campo magnético al interior. Cuando se mide el voltaje en el condensador *C1* a medida que va moviendo el imán dentro del solenoide se puede analizar su comportamiento ¿cuál es una explicación teórica para lo observado?

Luego de haber movido o agitado muchas veces el imán dentro del solenoide puede cerrar el interruptor *S1* y observar qué sucede con el zumbador (buzzer).

A partir de las teorías de inducción electromagnética, de carga de un condensador y del funcionamiento del diodo led ¿qué explicación puede dar de los fenómenos observados?

Imagen ilustrativa

Video: https://tinyurl.com/video-induccion



Anexo I. *Resumen del modelo teórico para el montaje experimenta del tercer momento.*

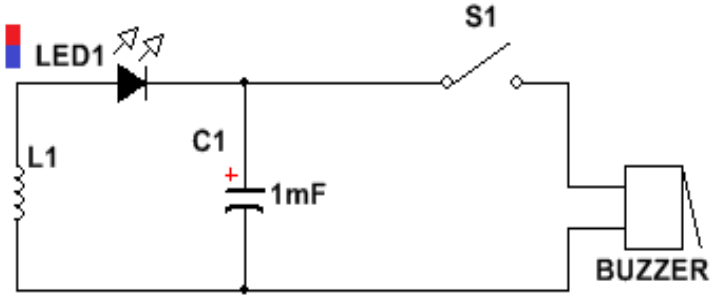
FACULTAD DE EDUCACIÓN
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Resumen modelo teórico

A partir de la ley de inducción de Faraday se puede demostrar que el voltaje inducido en un solenoide de N espiras y área transversal A, que está en presencia de un campo magnético B (paralelo al eje de la bobina), está dado por:

$$V = -N * A * \frac{dB}{dt}$$

De este modo si hacemos que el campo dentro del solenoide varíe con el tiempo t, se tendrá un *generador de voltaje* de una magnitud proporcional a la rapidez con que cambia el campo. El voltaje generado con las bobinas y los imanes disponibles en el laboratorio puede ser de algunos cientos de mV, sin embargo, a través del siguiente circuito, se puede ir "sumando" este voltaje por medio de un condensador:



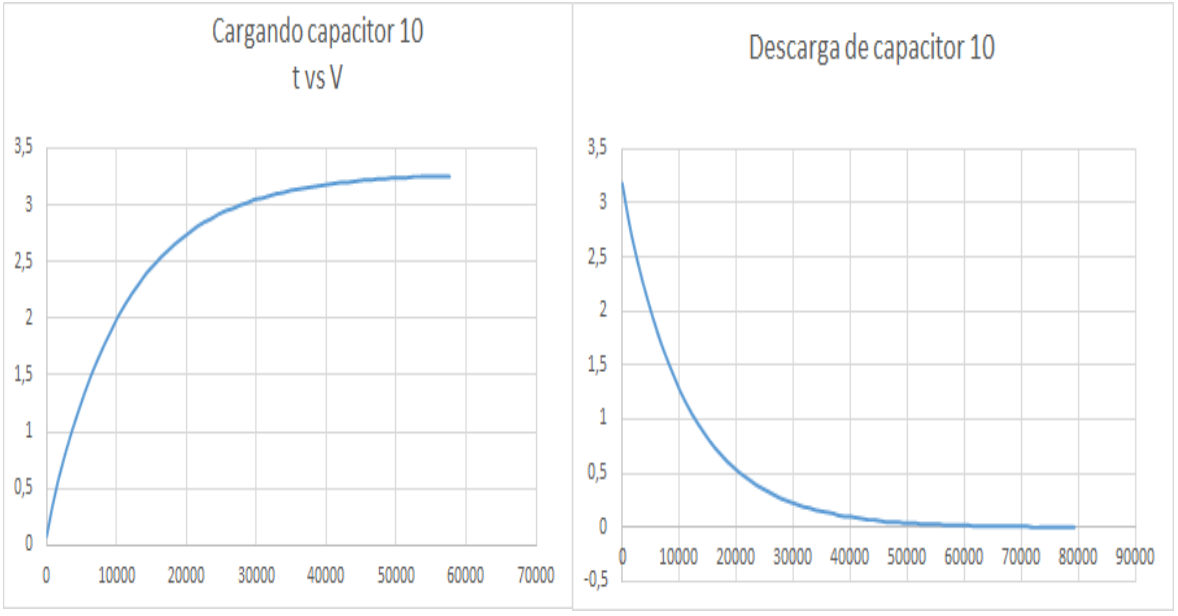
Analizar cuál de las 8 bobinas escoger, S1 simboliza un interruptor.

Anexo J. *Preguntas de la actividad de exploración del tercer momento.*

Actividad de exploración:

1. ¿Qué transformaciones de energía puede observar en el sistema físico analizado?
2. ¿Qué modificaciones propone para generar un voltaje mayor?
3. ¿El sistema seguiría funcionando si se quitara el led y se cambiará por un cable?, ¿por qué?
4. ¿Cómo funciona el zumbador (buzzer) empleado?
5. Consultar los métodos de generación de electricidad que emplean la inducción electromagnética y analizar sus implicaciones positivas o negativas en la conservación del medio ambiente.

Anexo K. *Representaciones de los estudiantes de la carga y descarga de un capacitor.*



E1

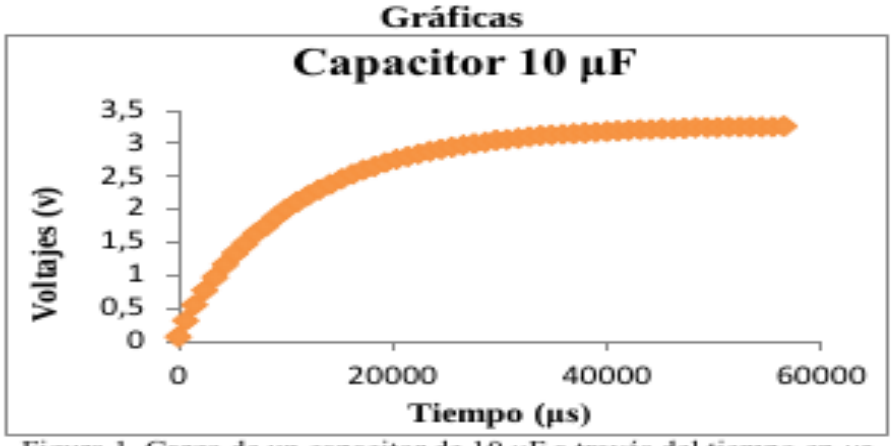


Figura 1. Carga de un capacitor de 10 µF a través del tiempo en µs.

E4

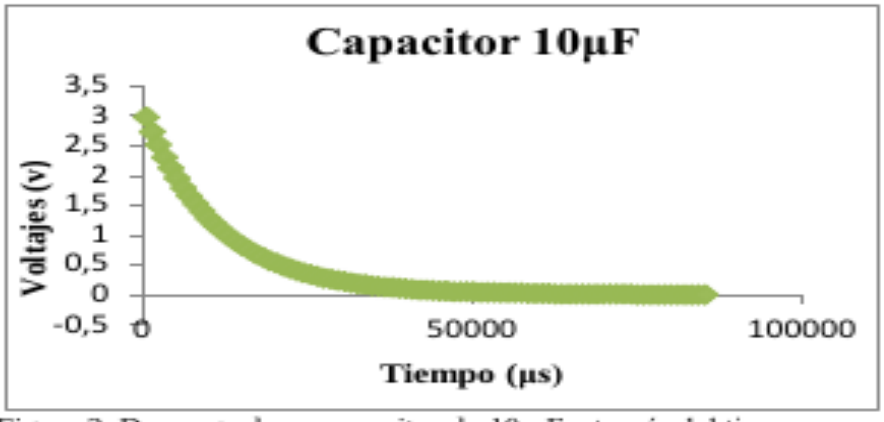
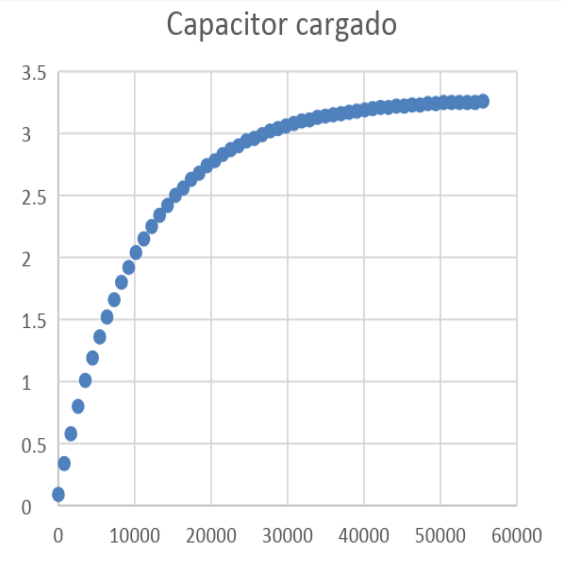
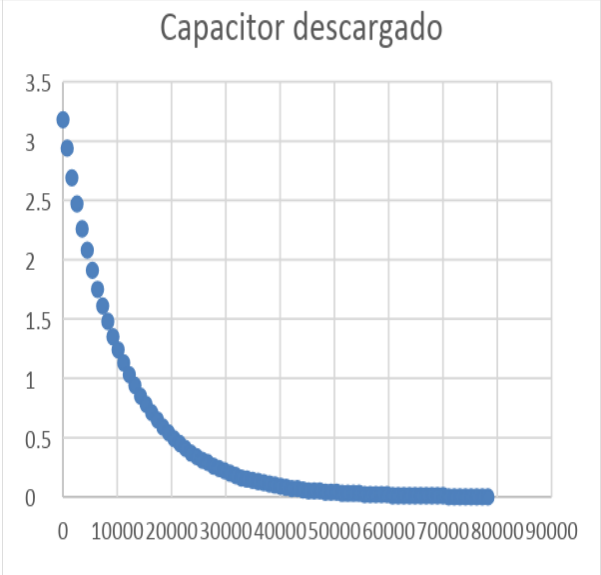


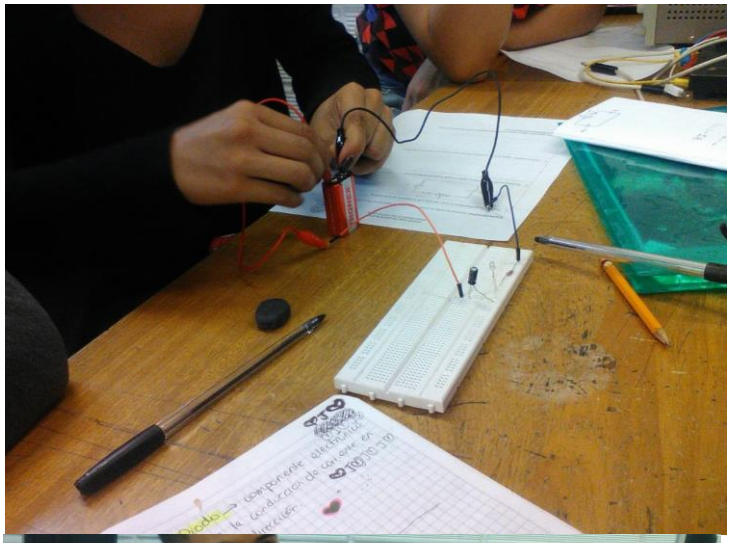
Figura 2. Descarga de un capacitor de 10 µF a través del tiempo en µs.


Capacitor cargado
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
0
10000
20000
30000
40000
50000
60000

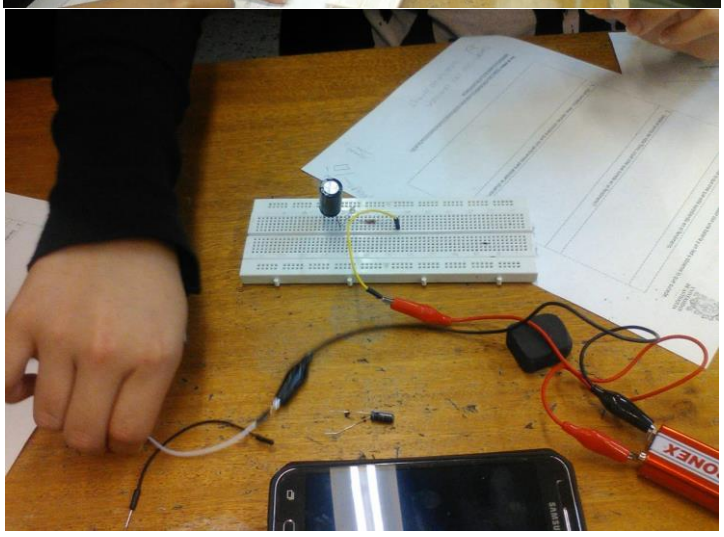

Capacitor descargado
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
0
10000
20000
30000
40000
50000
60000
70000
80000
90000

E5

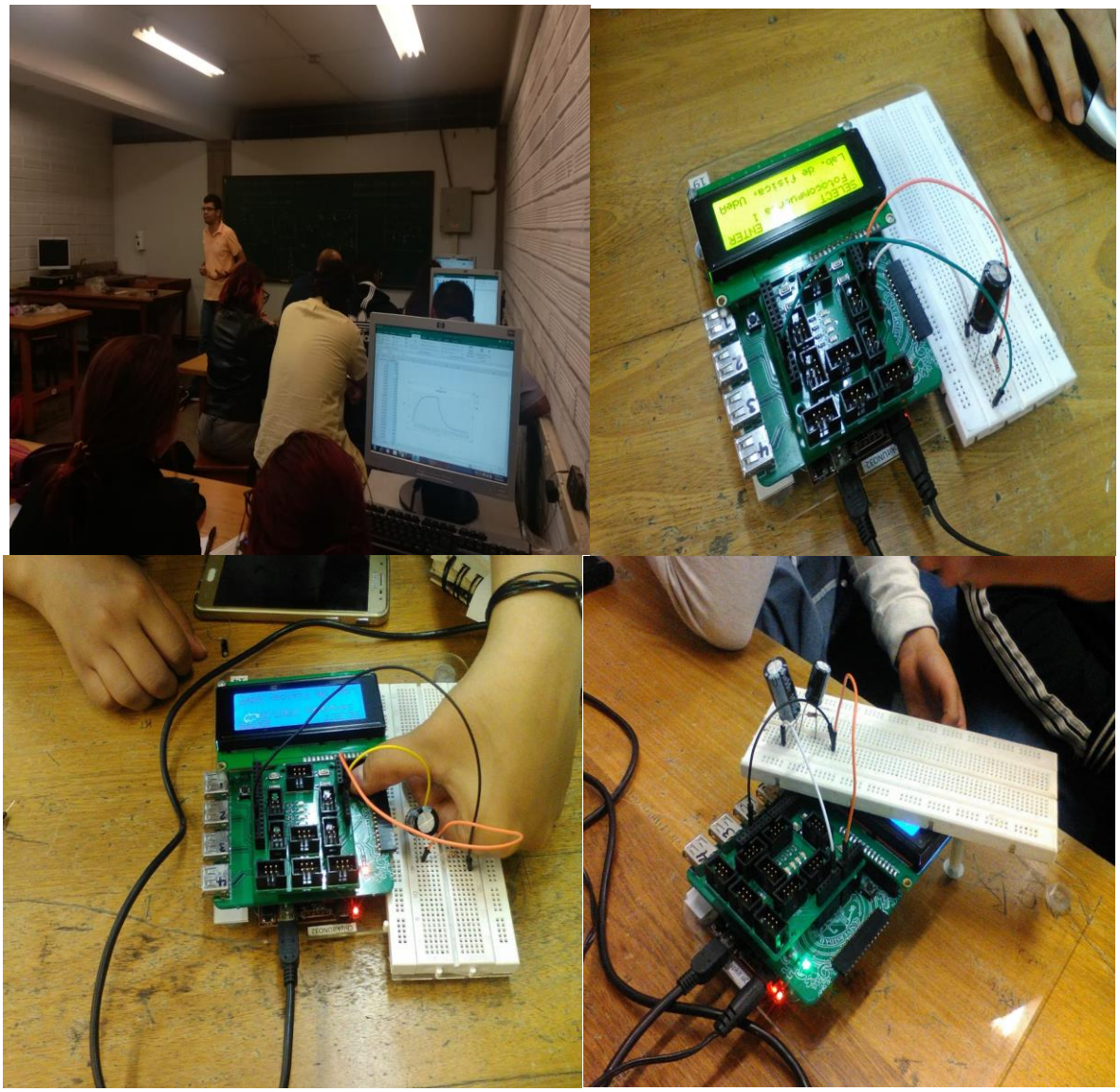
Anexo L. *Registro fotográfico de la actividad experimental del primero momento.*







Anexo M. *Registro fotográfico de la actividad experimental del segundo momento.*



Anexo N. *Registro fotográfico de la actividad experimental del tercer momento.*

