

Desarrollo de habilidades experimentales en estudiantes de educación media vocacional mediante el uso de prototipos para el aprendizaje del concepto de la constante de gravedad



Guillermo Eduardo Sinning Guerrero, Daniel Sánchez Guzmán

¹*Facultad de Educación, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia, Carrera 32 No 22-08 Sector San Pedro Alejandrino.*

²*Instituto Politécnico Nacional. Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Guanajuato. Av. Mineral de Valenciana, No. 200, Col. Fracc. Industrial Puerto Interior, C. P. 36275, Silao de la Victoria, Guanajuato. México.*

E-mail: guillermosinning@yahoo.es; guillermosinning@gmail.com

(Received 2 de enero de 2019, accepted 25 de febrero de 2019)

Abstract

The issues raised in each of the physics programs lead to the conceptualization and development of skills in high school students for the interpretation, analysis and resolution of interdisciplinary problems. All this with strategies that support the acquisition and assimilation of scientific knowledge, becoming a significant learning. One of the main results is that the same students are able to design virtual OVA learning objects of a technological nature. In addition, these devices called prototypes are used for data collection in a certain laboratory practice, to demonstrate through experimentation the value of the gravity constant. This article presents some results such as the skills acquired by students in different facets such as: the design and construction of novel prototypes, easily constructed and used in the physics laboratory. Another important skill is the handling of a spreadsheet, both to systematize and enter formulas with the data obtained in the experimentation. The qualitative results were obtained with the help of pre and post summative semantic evaluation instruments, and the results were analyzed, using the Hake Gain.

Keywords: technological prototype, experimental physics, constant gravity, high school students, experimental skills.

Resumen

Las temáticas planteadas en cada una de las programaciones de física conllevan a la conceptualización y el desarrollo de habilidades en los estudiantes de bachillerato para la interpretación, el análisis y la resolución de problemáticas interdisciplinarias. Todo esto con estrategias que apoyen a la adquisición y asimilación del conocimiento científico, convirtiéndose en un aprendizaje significativo. Uno de los resultados primordial es que, el mismo estudiante este en la capacidad de diseñar objetos virtuales de aprendizaje de carácter tecnológico. Además, dichos aparatos denominados prototipos sean utilizados para la recolección de datos en una determinada práctica de laboratorio, para demostrar a través de la experimentación el valor de la constante de gravedad. Este artículo presenta unos resultados como son las habilidades que adquieren los estudiantes en diferentes facetas como: el diseño y construcción de prototipos novedosos, de fácil construcción y utilización del mismo en el laboratorio de física. Otra habilidad importante es el manejo de una hoja de cálculo, tanto para sistematizar e ingresar fórmulas con los datos obtenidos en la experimentación. La obtención de los resultados cualitativos se realizo con la ayuda de instrumentos de evaluación sumativa de pre y post de tipo diferencial semántico, y fueron analizados los resultados, utilizando la Ganancia de Hake.

Palabras clave: prototipo tecnológico, física experimental, constante de gravedad, estudiantes de bachillerato, habilidades experimentales.

PACS: 01.65.+ , 01.70.+w, 01.40.-d

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCTION

La física como ciencia básica es fundamental en la comprensión de lo estudiantes de la media vocacional, por eso está incluida en la programación de ciencias naturales en el proceso educativo emanado del Ministerio de Educación Nacional MEN, como son: los Lineamientos Curriculares [11] y los Derechos Básicos de Aprendizaje DBA [12]. Sin embargo, el currículo actual no solo requiere de la

acumulación y verificación de conceptos sino el desarrollo de habilidades que forman al estudiante para la interpretación, el análisis y la resolución de problemas, así como el uso de información adecuadamente según Kelly [9]. Entre las estrategias a emplear se encuentra la construcción de prototipos tecnológicos por los mismos estudiantes, la manipulación y sistematización de una serie de datos obtenidos en la realización de prácticas experimentales, haciendo del conocimiento un aprendizaje efectivo. Por esta

razón autores como Gil plantean la posibilidad de trabajar en actividades que acerquen al trabajo científico y al empleo del método científico de forma aplicada [6, 7].

Con la construcción e implementación del prototipo tecnológico se realizaron múltiples experiencias de la temática de física (mecánica), más concretamente en los temas de caída libre y el péndulo simple, en ambos se obtiene el valor de la constante de gravedad. Con la realización de estas experiencias y otras más, utilizando la fotocopiadora junto el software Audacity y la hoja de cálculo, se obtiene los mejores resultados [14], que motivan a los estudiantes a mostrar interés por la asignatura, apropiándose ampliamente de la conceptualización de la misma.

La inclusión de este aparato tecnológico al laboratorio de física en conjunto con el software libre Audacity, los programas de ofimática como Word y Excel, forma parte de una importante herramienta de carácter Objeto Virtual de Aprendizaje, los cuales son sugeridos y van acorde con los lineamientos que emana el Ministerio de Educación Nacional MEN sobre la utilización de las tecnologías aplicadas al conocimiento TAC en cada una de las áreas y/o asignaturas fundamentales en el proceso de formación de la educación en donde se requiere el uso de nuevas tecnologías para afianzar la transversalidad, interdisciplinariedad y aprendizaje constante [1].

II. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO “LA FOTOCOMPIERTA”

Con la construcción del prototipo y la implementación del mismo en el laboratorio de física se contribuye con la conceptualización de los temas del plan de área, como una estrategia fundamentada en el aprendizaje significativo, donde los educandos puedan adquirir el conocimiento a través de la física experimental. En este proyecto se abordó la obtención de la constante de gravedad.

A. Justificación

La construcción e implementación de prototipos tecnológicos (a bajo costo) para modernizar los laboratorios de física de las Instituciones educativas en la realización de cada una de las prácticas experimentales en los grados de la media vocacional, radica en la necesidad de utilizar estos instrumentos con el objetivo de facilitar y motivar el aprendizaje de la física a través del uso de herramientas tecnológicas que contribuya en mejorar la calidad educativa de los educandos. La construcción e implementación de aparatos tecnológicos es una propuesta que se viene llevando en el proceso de educación especialmente en ciencias, es por eso que, [10] plantea el diseño de prototipos para la enseñanza de la física experimental con mucho éxito, experiencias como esta son fácil de implementar en las instituciones educativas, porque los aparatos construidos son hechos de materiales de fácil adquisición y económicos.

Lograr que el profesor domine las herramientas tecnológicas y se convierta en un diseñador instruccional,

capaz de adoptar un modelo en función de las necesidades específicas de aprendizaje, es el verdadero desafío que se debe de alcanzar para ejercer una práctica educativa innovadora, que corresponda con los principios de calidad y pertinencia que demandan las actuales sociedades del conocimiento.

Se dotan los laboratorios de física de aparatos modernos que brinden a los estudiantes herramientas tecnológicas en la toma de datos con mayor exactitud y precisión. Esto conlleva a demostrar leyes o constantes físicas con un grado menor en el cálculo de errores experimentales en cada una de las prácticas realizadas, por ejemplo, la comparación de la constante de gravedad obtenida experimentalmente, con el dato ya existente de ésta. [15]

B. Objetivos

- Desarrollar habilidades experimentales a través de la construcción e implementación de prototipos tecnológicos que facilitan la enseñanza/aprendizaje de los estudiantes de física de la educación media vocacional.
- Construir un aparato tecnológico “fotocopiadora” por los mismos estudiantes, demostrando las habilidades para manejar un equipo de soldadura con artefactos electrónicos.
- Elaborar guías didácticas de laboratorio de la asignatura de física para la realización de cada una de las prácticas experimentales haciendo uso del prototipo, Audacity y ofimática (Word y Excel).
- Realizar prácticas de laboratorio para propiciar el desarrollo de habilidades experimentales a partir de la enseñanza de la física a través del conjunto de herramientas propuestas en los estudiantes de la media vocacional.

C. Contexto

El proyecto se aplicó a los estudiantes del grado décimo y undécimo para los años 2016 y 2017 de la Institución Técnica Educativa Nuestra Señora del Carmen Jornada Tarde del municipio de Aguachica Cesar – Colombia, en la asignatura de física fundamental I y II.

III. APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO

En la práctica docente conviene no sólo tener conocimiento de la ciencia específica, sino también de la evolución de la psicología educativa, es decir como aprende el estudiante. La investigación más reciente en psicología educativa y desde el punto de vista en que nos situamos nosotros, es la del constructivismo iniciado a partir del psicólogo brasileño Moreira. [3] (Citado por David Ausubel, Joseph Novak y Helen Hanesian,) [2]. Especialistas en psicología educativa de la Universidad de Cornell, que tienen como precedente a Vigotski, han diseñado la teoría del aprendizaje significativo, aprendizaje a largo plazo, o teoría constructivista, según la

cual para aprender es necesario relacionar los nuevos aprendizajes a partir de las ideas previas del alumnado.

Desde esta perspectiva el aprendizaje es un proceso de contraste, de modificación de los esquemas de conocimiento, de equilibrio, de conflicto y de nuevo equilibrio otra vez [3]. Podemos decir, por tanto, que el aprendizaje es construcción de conocimiento donde unas piezas encajan con las otras en un todo coherente. Por tanto, para que se produzca un auténtico aprendizaje, es decir un aprendizaje a largo plazo y que no sea fácilmente sometido al olvido, es necesario conectar la estrategia didáctica del profesorado con las ideas previas del alumnado y presentar la información de manera coherente y no arbitraria, "construyendo", de manera sólida, los conceptos, interconectando los unos con los otros en forma de red de conocimiento [3]. El aprendizaje, para que se pueda denominar así, ha de ser significativo, es decir, que adquiera la propiedad de ser un aprendizaje a largo plazo. En la práctica docente es de vital importancia contemplar los conocimientos previos del alumnado, poder enlazarlo con las ideas nuevas y conseguir un aprendizaje real y, por tanto, aprendizaje significativo. En el aprendizaje por construcción, los conceptos van encajando en la estructura cognitiva del alumnado, donde éste aprende a aprender aumentando su conocimiento [3].

Este tipo de prácticas educativas como el aprendizaje basado en proyectos permite generar actividades más flexibles y acordes con las necesidades del estudiante de modo que puede generar un ambiente más indicado para desarrollar un aprendizaje significativo [2]. Este aprendizaje parte de entender el aprendizaje de quien ya sabe desde su experiencia para poder seguir aprendiendo por medio de nuevas experiencias [13].

Autores como Thomas, [16] han identificado cinco interrogantes que se deben tener presentes cuando se planean objetivos de aprendizaje:

- a) ¿Qué habilidades cognitivas importantes se busca que desarrollen los estudiantes?
- b) ¿Qué habilidades afectivas y sociales se desea que desarrollen los estudiantes?
- c) ¿Qué habilidades metacognitivas se busca que desarrollen los estudiantes?
- d) ¿Qué tipo de problemas se busca que estén en capacidad de resolver los estudiantes?
- f) ¿Qué conceptos y principios se desea que los estudiantes estén en capacidad de aplicar?

A. Elementos del aprendizaje significativo

- Requiere una participación activa del estudiante donde la atención se centra en el cómo se adquieren los aprendizajes.
- Los conocimientos previos han de estar relacionados con aquellos que se quieren adquirir de manera que funcionen como base o punto de apoyo para la adquisición de conocimientos nuevos.

- Pretende potenciar que el estudiante construya su propio aprendizaje, llevándolo hacia la autonomía y avanzar mediante el empleo de estrategias.
- La creación de nuevos esquemas de conocimiento teniendo en cuenta la relación existente entre la nueva y los conocimientos ya existentes.
- La relación que se debe dar entre las experiencias y los procesos de aprendizaje de los nuevos conocimientos.
- La búsqueda de aplicaciones a los nuevos conocimientos en la vida cotidiana.
- Es necesario desarrollar un amplio conocimiento metacognición para integrar y organizar los nuevos conocimientos.
- Es necesario que la nueva información se incorpore a la estructura mental y pase a formar parte de la memoria comprensiva.
- Aprendizaje significativo y aprendizaje mecánico no son dos tipos contrarios de aprendizaje, se complementan durante el proceso de enseñanza.

IV. METODOLOGÍA

Los estudiantes desarrollaron el proyecto de investigación en un periodo de dos (2) años con experiencia de laboratorio con respecto a la obtención de la constante de gravedad. La tabla 1. Muestra la cantidad de estudiantes que se utilizaron para el desarrollo de la investigación.

TABLA I. Registro total de estudiantes en los años 2016 y 2017.

Año 2016	Año 2017
77	75

Tomado de las listas institucionales

En el desarrollo de la investigación los estudiantes mostraron ciertas habilidades como son el diseño y la construcción del prototipo tecnológico denominado fotoc compuerta en grupo de cinco (5) alumnos. En este primer proceso se seleccionan los educandos que muestran destreza con el kit de soldadura con estaño para hacer los respectivos empalmen, así como se expresa en Tabla 2.

Ya terminado el prototipo es incluido como instrumento del laboratorio de física, el cual es utilizado para realizar varias prácticas que complementa la temática de física (mecánica). La práctica que tiene el objeto de investigación es la denominada; obtención de la constante de gravedad en el tema de caída libre.

En segundo paso, la realizar de la práctica "obtención de la constante de gravedad" los estudiantes hacen uso de la fotoc compuerta en unión de la aplicación Audacity de carácter libre para Windows, aquí los jóvenes obtienen una serie de datos, a través de la manipulación del prototipo y el programa en mención, como es hacer pasar una regla cebra a través de

los terminales de la fotoc compuerta. En el tercer paso, los alumnos sistematizan la información obtenida en una hoja de cálculo del programa de Excel, dicha hoja está completamente programada para calcular, por ejemplo, la constante de gravedad experimentalmente, la comparación del nuevo valor obtenido con el valor teórico ya existente, el error porcentual de la experimentación y las respectivas gráficas. También, los estudiantes deben responder ciertas preguntas sobre la práctica realizada y presenta por escrito el informe del mismo [5], cada uno de los pasos se expresa en la Tabla 2, denominada secuencia didáctica.

A. Secuencia Didáctica

TABLA II. Secuencia Didáctica en el desarrollo de habilidades.

Sesión	Habilidades	Desarrollo
1	Construcción del prototipo tecnológico Fotocompuerta.	Esta actividad se realiza con los estudiantes del grado superior del bachillerato (11°), con su guía pre establecido, ciertos alumnos tienen conocimiento de corte de tubería de PVC, perforación con taladro y equipo de soldadura, se hacen los grupos y se delegan funciones de acuerdo al perfil de mayor desempeño. Se obtienen excelentes resultados, como es el diseño del prototipo tecnológico.
2	Destreza del Software Audacity, Word y Excel.	Luego de terminado el prototipo se le realizan las pruebas de calidad y funcionalidad por parte del suscrito para ser incluido en el inventario del laboratorio de física.
3	Destreza del Software Audacity, Word y Excel.	Se diseña una guía de manejo de la fotoc compuerta y su toma de datos en conjunto con el Software Audacity. Los jóvenes tienen buen manejo de los programas de Word y Excel.
4	Realización de experiencias para calcular la constante de gravedad.	El prototipo en conjunto con el Software Audacity permiten obtener una serie de datos en tiempo real, los cuales son sistematizados en el programa de Excel, para calcular y graficar resultados que luego son comparados con los ya existentes, como el valor constante de la gravedad.



FIGURA 1. Los jóvenes del grado superior del bachillerato se encuentran en la construcción de la fotoc compuerta en su parte inicial.



FIGURA 2. Los estudiantes haciendo los respectivos empalmes con soldadura de estaño.



FIGURA 3. Los estudiantes mostrando la fotoc compuerta construida por ellos mismos.

Al laboratorio de física se le viene incluyendo prototipos de carácter tecnológico realizados por los mismos estudiantes con unos costos bajos, ejemplo de eso, es el polarímetro, está compuesto en tres partes como son: conjunto analizador – polarizador, sonda de iluminancia (luxómetro) y Fuente de luz USB, espectrómetro, sonda de temperatura y sonda de campo magnético.

La fotoc compuerta permite realizar diversas experiencias de laboratorio como son: Ley de Hooke, movimiento parabólico, obtención de la constante de gravedad, entre otras, esta última práctica mencionada es el objetivo de enseñanza de esta investigación, se trata de conceptualizar la

temática de Caída Libre en el grado décimo (penúltimo grado para terminar la secundaria).

Aunque es muy importante obtener la constante de gravedad a través de la temática de movimiento oscilatorio, ya que, el péndulo simple me permite obtener un valor teórico de la constante de gravedad en el grado once (último grado para terminar la secundaria).

Las prácticas de laboratorio de física haciendo uso de estos prototipos son interesantes, porque los estudiantes muestran empatía en la realización de las mismas, ya que a los jóvenes les encanta la innovación y si experimenta con dichos aparatos, la satisfacción es mayor en los resultados obtenidos [15].

V. RESULTADOS

La temática central de la investigación con respecto a la asignatura de física es la caída de los cuerpos, en este tema el objetivo es obtener la constante de gravedad haciendo uso de la fotoc compuerta, Audacity y la hoja de cálculo de Excel a través de la experimentación.

Las tablas 2 y 3 indica la estadística descriptiva de cada uno de los test aplicados en los años 2016 y 2017 respectivamente y la tabla 4 es el consolidado total de los dos años.

TABLA III. Estadística descriptiva de los estudiantes del año 2016.

Evaluación	Promedio	Rango	Desviación Estándar
Pre – test	2,85	1,7 – 4,3	0,60
Pos – test	3,62	2,5 – 4,6	0,52
Retención (1 mes después)	3,48	2,4 – 4,0	0,40

TABLA IV. Estadística descriptiva de los estudiantes del año 2017.

Evaluación Estándar	Promedio	Rango	Desviación
Pre – test	2,71	1,6 – 4,2	0,62
Pos – test	3,83	2,2 – 4,5	0,51
Retención (1 mes después)	3,55	2,1 – 4,0	0,49

TABLA V. Estadística descriptiva del consolidado de los dos años en estudio.

Evaluación	Promedio	Rango	Desviación Estándar
Pre – test	2,78	1,6 – 4,3	0,61
Pos - test	3,72	2,2 – 4,6	0,51
Retención (1 mes después)	3,51	2,1 – 4,0	0,44

Previamente al inicio de comenzar el tema de caída libre se les aplicó una prueba que es denominada pre – test para conocer los conocimientos sobre la temática en cuestión, como se observa en la tabla 2 correspondiente al año 2016. Luego, de haber desarrollado el tema y realizada la práctica que complementa la temática se les aplicó una segunda prueba, denominada pos – test, tabla 2 el análisis descriptivo muestra que en la segunda prueba se evidencia un progreso de asimilación y conceptualización del valor de la constante de gravedad en treinta y cinco (35) centésimas, este pos – test se presenta cuando los estudiantes han visto la temática en su totalidad, haciendo uso de guías y videos ilustrativos del tema en estudio. En la aplicación de la tercera prueba que se denominada retención (pasado un mes), se observa un pequeño pero significativo bajón, los alumnos incrementaron solamente cinco (5) centésimas, que demuestra la facilidad para olvidar los temas expuestos con anterioridad [4].

En el análisis descriptivo en la tabla 3 (año 2017) es similar al hecho de la tabla 2 (año 2016), donde los estudiantes muestran un progreso mayor en la prueba pos – test en comparación al pre – test. Estos estudiantes evidencian un promedio menor a los alumnos del año anterior. También se observa un promedio menor en la prueba realizada pasado un mes de a ver visto la temática, se puede afirmar que la conceptualización de los temas no es totalmente asimilada, puede ser por varios factores, uno de ello, es la cantidad de áreas o asignaturas en el pensum del bachillerato, donde los alumnos deben estudiar una diversidad de materias, entre ellas: humanísticas o sociales, naturales y exactas.

La tabla 4 es un consolidado de los dos años en estudio, en los cuales se observa un avance en la prueba pos – test en comparación del pre – test y en la retención un avance menor. Predominando la problemática reflejada en las tablas 2 y 3. Ganancia de Hake.

Para lograr una medición de la ganancia conceptual, primero se debe tener una medida estandarizada del entendimiento conceptual de los estudiantes alrededor del material educativo evaluando los resultados de exámenes resueltos antes y después de la instrucción; posteriormente, se valoran los resultados con la ganancia normalizada, ésta permite medir y comparar la ganancia conceptual desarrollada entre cursos de una misma índole; o bien, comparar entre cursos desarrollados con enseñanza tradicional y los métodos de enseñanza interactivos usados en las escuelas. Los resultados de las dos evaluaciones (pre y postest) se reportan como un número llamado ganancia normalizada que es la razón del aumento entre el pretest aplicado al inicio del curso y el postest aplicado al final del mismo, con respecto al máximo aumento posible, tiene valores que cubren el intervalo de [0,1]. De acuerdo con [8], la ganancia g está dada por:

$$g = \frac{Postest(\%) - Pretest(\%)}{100(\%) - Pretest(\%)}$$

En la siguiente tabla se muestran los datos porcentuales de las tablas 3 y 4.

TABLA VI. Se colecciona los porcentajes de los pretest y postest de los años 2016 y 2017 respectivamente.

Año 2016		Año 2017	
Pre - test %	Po - stest %	Pre - test %	Pos - test %
57,0	72,4	54,2	76,6

Hake, define para propósitos de interpretación y análisis de resultados, tres categorías para la ganancia:

g baja para resultados con $g < 0,3$

g media para resultados con $0,3 \leq g < 0,7$

g alta para resultados $g \geq 0,7$

Al aplicando la ganancia de Hake, para el año 2016 se obtiene 0,36 y para el año 2017 se de 0,49. Se observa que el rendimiento es mejor en el año 2017. Los resultados de la ganancia están acordes con los propósitos estipulados en la segunda condición.

VI. CONCLUSIONES

Con esta investigación los estudiantes desarrollaron varias habilidades en su proceso educativo especialmente en la asignatura de física en los grados superiores del bachillerato, haciendo uso de prototipos tecnológico como es la fotocopiadora, el software de Audacity y las aplicaciones de ofimática (Word y Excel). Lo importante de estos estudios es que los alumnos puedan conceptualizar la temática de la asignatura de física más concretamente la obtención de la constante de gravedad a través de la enseñanza de la física experimental, a partir de objeto construido por ellos mismo. El proceso enseñanza/aprendizaje de los estudiantes a este nivel, va acompañado con los avances de la tecnología educativa, para que el progreso educativo sea de calidad, y así poder contribuir con un aprendizaje significativo como lo exige la educación de actual.

REFERENCIAS

[1] Aristizabal, Diego, *Construcción de la Fotocopiadora*: (2021). <http://ludifisica.medellin.unal.edu.co/recursos/physicssensor/hardware/fotocopiadora.pdf>.
 [2] Ausebel, D., *Psicología educativa, un punto de vista cognoscitivo*, (Trillas, México, 1986).

[3] Ballester, A., *El aprendizaje significativo en la práctica. Cómo hacer el aprendizaje significativo en el aula*, (Manufactured in Spain, Madrid, España, 1982).
 [4] Etkina, A, Van Heuvelen, A., *Investigative Science Learning Environment. Forum on Education of the American Physical Society*, (2004). <http://paer.rutgers.edu/index.php>.
 [5] Expósito González, F. J., *Introducción a la Física Experimental*, (20039). http://fexposit.webs.ull.es/ife_b1.pdf.
 [6] Gil, D., *La metodología científica y la enseñanza de las ciencias: unas relaciones controvertidas*, Enseñanza de las Ciencias **4**, 111-121 (1986).
 [7] Gil, D., Payá, J., *Los trabajos prácticos de Física y Química y la metodología científica*, Revista de Enseñanza de la Física **2**, 73-79 (1998).
 [8] Hake, R., *Interactive engagement vs traditional methods: A six thousand student survey of mechanics test data for introductory physics course*, Am. J. Phys. **66**, 64 – 74 (1988).
 [9] Kelly, J., *Rethinking the elementary science methods science education*, International Journal of Science Education **14**, 755-777 (1999).
 [10] Meza, G., *Diseño y construcción de prototipos con materiales de fácil adquisición para el aprendizaje activo del campo eléctrico y magnético estacionario en el bachillerato*. Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Ciencias Aplicada y Tecnología Avanzada. Unidad Legaria. Ciudad de México DF.
 [11] Ministerio de Educación Nacional, *Serie Lineamientos Curriculares. Ciencias Naturales y Educación Ambiental*, Santa Fe de Bogotá, D.C. (1998). https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-89869_archivo_pdf5.pdf
 [12] Ministerio de Educación Nacional, *Derechos Básicos de Aprendizaje DBA. Ciencias Naturales*. Santa fé de Bogotá, D.C. (2015). http://aprende.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/na_spublic/DBA_C.Naturales.pdf
 [13] Piaget, J. *Psicología y pedagogía* (Ariel, Madrid, España, 1969).
 [14] Sánchez del Río, C., *El Significado de la Física*, (Editorial Complutense S. A., Madrid España, 2002).
 [15] *Diseño e implementación de la fotocopiadora para la modernización del laboratorio de física en cada una de las experiencias de mecánica del grado 10° de la institución técnica educativa “nuestra señora del Carmen” de Aguachica*, Tesis de Maestría, (Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.,Medellín Colombia, 2014).
 [16] Thomas, J., *Project based learning overview*, Novato, CA: Buck Institute for Education. (2017). Obtenido de <http://www.bie.org/pbl/overview/index.html>