



IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS STEM: MEJORA DE LA PERCEPCIÓN Y DESEMPEÑO DE LA ASIGNATURA DE FÍSICA EN 2° DE SECUNDARIA

Flora Gómez Valcárcel
Instituto Rosedal México, Universidad Anáhuac

Área temática: Educación en campos disciplinares.

Línea temática: El análisis cognitivo de la construcción, comunicación y desarrollo de conocimientos disciplinares.

Tipo de ponencia: Reportes parciales o finales de investigación .

Resumen: Se propone la implementación de retos con filosofía STEM y ambiente *Maker* para modificar la forma de enseñanza de la Física relacionándola con el mundo real, y se pueda favorecer el aprendizaje de las alumnas y mejorar los resultados académicos, y por consiguiente, incrementar su autoestima y confianza.

Este proyecto se realiza durante el ciclo escolar 2018-2019 en una institución privada de educación diferenciada ubicada en la zona poniente de la Ciudad de México, con un grupo de 36 alumnas adolescentes de 2° grado nivel secundaria, en la asignatura de Física, con 6 horas semanales.

Las etapas del presente proyecto aplicativo incluyen la identificación de los conocimientos y habilidades de las alumnas en física y matemáticas, el desarrollo de una metodología de intervención, la validación de los instrumentos a usar, la propia intervención educativa, la obtención y análisis de los datos obtenidos y la presentación de resultados y propuestas.

El proyecto es mixto de corte predominantemente cuantitativo, pre - experimental, longitudinal y correlacional con un análisis de contenido en la parte cualitativa. Para el análisis de datos se utiliza un diseño mixto secuencial cualitativo-cuantitativo-cualitativo. La validación de los instrumentos cuantitativos y cualitativos se hace mediante la técnica de jueceo.

El proyecto se realiza durante el ciclo escolar, empezando en agosto con un examen diagnóstico, de septiembre a junio se realiza la implementación de los retos, recopilación y análisis de información, y finalmente se termina en junio con un examen post test, las conclusiones y recomendaciones.

Palabras clave: adolescentes, enseñanza de la física, proyectos

Introducción

El presente trabajo pretende mejorar la percepción, involucramiento y desempeño en la materia de Física (Ciencias II con énfasis en Física) de las alumnas que cursan segundo grado de secundaria en una institución privada, durante el ciclo 2018-2019.

A lo largo de los años la enseñanza de las ciencias no ha variado mucho, ya que se siguen enseñando los conceptos de forma rígida con problemas que no están relacionados con el mundo real de los estudiantes; esto ocasiona que éstos estudiantes desarrollen un “preconcepto erróneo sobre la utilidad de la ciencia en su vida, aunado a la apatía cognoscitiva (...) y actitudes de desgano” (Suárez-Rodríguez, Ojeda, Mora, & Martínez, n.d., p. 2). Este fenómeno se presenta con una formación que no es capaz de responder a las demandas del mundo actual. En palabras de la Dra. Neus Sanmartí I Puig (2001, p.32):

(...) la formación tradicional no sea suficiente para responder a las nuevas demandas. Dicha formación, basada fundamentalmente en el conocimiento de unos saberes disciplinares poco relacionados con el estudio de los fenómenos cotidianos, aprendidos en base a metodologías válidas sólo para alumnos con unas actitudes y aptitudes hacia el estudio muy determinadas, necesita cambios muy profundos.

Es necesario trabajar en el enfoque didáctico de las ciencias, pues

(...) sabemos poco sobre cuáles son las ideas fundamentales de la ciencia a enseñar, cómo conseguir el llamado cambio conceptual, cómo responder a la diversidad de intereses, aptitudes y ritmos de aprendizaje del alumnado, etc. Y también sabemos poco sobre cómo conseguir que los alumnos aprendan una ciencia relevante y de forma significativa en muy pocas horas de clase, cómo resolver el problema de las muchas interrelaciones con otras disciplinas -matemáticas, lenguaje, tecnología...- o cómo aplicar un tipo de actividad de aprendizaje fundamental como es el trabajo experimental. (Sanmartí, N., 2001).

Se propone la implementación de un método de enseñanza que incluya ambiente *Maker* y la filosofía STEM para que las alumnas logren vincular los contenidos de Física con situaciones de su vida diaria. Tal como comentan Suárez-Rodríguez et al (2013),

El carácter intrínseco de la Física se palpa en la cotidianidad de la vida así, la respiración, el flujo de la sangre, la temperatura de nuestro cuerpo, etc., son procesos inherentes a la Física, de manera tal que la construcción de los conceptos científicos puede ser situada en las experiencias cercanas (...).

Por lo observado en la propia práctica docente y con lo reportado en la literatura, se considera plantear un enfoque diferente de la enseñanza de la Física en segundo grado de secundaria, de tal forma que se pueda “romper el paradigma de la formalidad de la ciencia (...) [para que] la Física pueda ser entendida en todos los niveles y para todas las personas” (Suárez-Rodríguez et al., 2013b)

Serrano (n.d.b) menciona que los resultados de su investigación mostraban que los adolescentes no siempre podían aplicar sus conocimientos para la resolución de problemas, sino que era necesario que se llevara a cabo un proceso de experimentación y descubrimiento propio para que se pudiera lograr una comprensión plena del fenómeno estudiado en el aula.

En la literatura (Carretero, 1979c) se menciona que el aprendizaje de la ciencia debe ser más activo, y debe de fomentarse el uso de actividades prácticas donde los adolescentes descubran por sí mismos la veracidad de sus descubrimientos y de las ideas transmitidas por el docente.

Es importante hacer notar, según Vygotsky, que

(...) donde el medio no presenta al adolescente las tareas adecuadas, no le plantea exigencias nuevas, no despierta ni estimula el desarrollo de su intelecto mediante nuevas metas, el pensamiento del adolescente no despliega todas sus posibilidades, no llega a alcanzar las formas superiores o las alcanza con gran retraso (Vygotski en (Cano de Faroh, 2007d)).

En el caso de los estudiantes, Rosenzweig & Wigfield (2016) American Psychological Association One way to increase students' participation in science, technology, engineering, and mathematics (STEM reportan que en la escuela secundaria los adolescentes se refieren a la ciencia como pesada, aburrida e irrelevante para ellos, disminuyendo su motivación particularmente en matemáticas y ciencias, definiéndose a ellos mismos como “no soy una persona de ciencias” o “las ciencias no son para mí”.

Se debe fomentar e incentivar el interés y la participación de mujeres en áreas de ciencias. En la literatura (Dare & Roehrig, 2016c) se han reportado estrategias *girl-friendly* (*amigables para niñas*), aplicadas principalmente en el área de la física, que la relacionan a situaciones cotidianas, mediante el uso de conexiones sociales y experiencias previas, mejorando la percepción de las adolescentes sobre las ciencias (incluyendo su autoconcepto de habilidades científicas). En el caso particular de la física, “están interesadas en física en el contexto de sus aplicaciones prácticas, su potencial para explicar fenómenos naturales, o en el contexto de elecciones y riesgos que se encuentran en las tecnologías basadas en la física” (Häussler & Hoffmann, 2000)

La educación STEM es una nueva forma de enseñanza y aprendizaje que se centra en la investigación práctica y la exploración abierta, y permite a los estudiantes con diversos intereses, habilidades y experiencias desarrollar habilidades para el siglo XXI (Cameron & Craig, 2017a).

El movimiento *Maker* tiene énfasis en el aprendizaje activo, el constructivismo y un ambiente controlado, relacionándose con los trabajos de Dewey, Piaget y Montessori (Hsu, Baldwin, & Ching, 2017), donde mencionan que los niños pueden aprender jugando y construyendo con materiales y herramientas (Martin, 2015). Hace un siglo, Dewey señaló las virtudes del aprendizaje mediante la creación, y la neurociencia ha confirmado la importancia del uso de nuestras manos en el proceso de aprendizaje: actualmente los

alumnos están aburridos en la escuela, lo que hace que tengan un aprendizaje pobre (Dougherty, 2012, p. 12). Citando a Dougherty (2012c) “Cuando estás haciendo algo, el objeto que creas es la demostración de lo que has aprendido a hacer, por lo tanto, estás aportando evidencia de tu aprendizaje”.

Por todo lo anterior, la hipótesis que se maneja en el presente proyecto es

H1: Están relacionados de forma positiva los proyectos con el interés, percepción y desempeño en la materia.

Con base en dicha hipótesis, se analizan los resultados obtenidos en los retos. Cabe señalar que aunque todos los equipos entregaron los artefactos y los reportes, no todas las alumnas realizaron la autoevaluación y el cuestionario de reflexión.

Desarrollo

Método

Este proyecto aplicativo es mixto de corte predominantemente cuantitativo, pre - experimental, longitudinal, correlacional y realiza un análisis de contenido en la parte cualitativa. Se utiliza una muestra no probabilística e intencional, que consta de $n=36$ alumnas de segundo de secundaria, divididas en dos grupos. Se implementan simultáneamente proyectos en ambos grupos, evaluando la percepción y el desempeño en la materia a lo largo del ciclo escolar. Los instrumentos diseñados para la recolección de datos fueron validados por la técnica de jueceo por dos expertos en el tema.

Al inicio del ciclo escolar se aplica un examen diagnóstico (pretest) para evaluar conocimientos y habilidades en física y matemáticas. A lo largo del ciclo escolar se realiza por parte de las alumnas una serie de retos STEM para obtener reportes, artefactos, reflexiones y autoevaluaciones de cada uno. Finalmente, se aplica nuevamente el examen diagnóstico (como post test) para evaluar cambios en conocimientos, habilidades y actitudes.

Para el análisis de datos se utiliza un diseño mixto secuencial cualitativo-cuantitativo-cualitativo.

Descripción de la muestra

Este proyecto se aplicó en una institución privada con más de 30 años de experiencia, bilingüe, católica y con educación diferenciada (población femenina), ubicado en el poniente de la ciudad. El segundo grado de educación secundaria del ciclo 2018-2019 consta de 36 alumnas divididas en dos grupos, con edades que oscilan entre 13 y 14 años. Nivel socioeconómico medio y medio-alto. El 18.9% son originarias de Argentina y Venezuela, y el resto son de México. En general, su madurez corresponde a la edad cronológica. Cada grupo tiene 6 horas semanales para la asignatura de Ciencias II con énfasis en Física.

Desarrollo

Se realiza un pretest de diagnóstico en 2° grado de secundaria en la asignatura de Física, para evaluar conocimientos y habilidades en física y matemáticas

En la intervención educativa, se proponen hasta diez retos STEM para el ciclo escolar con temas relacionados al programa. Como producto de cada reto se obtiene un reporte y un artefacto por equipo, que son evaluados cuantitativamente mediante una lista de cotejo y una rúbrica. Además, cada alumna realiza una autoevaluación con una rúbrica en aspectos como actitud, calidad del trabajo, innovación en solución de problemas, contribuciones y enfoque en el laboratorio, además se otorga a cada reto (individualmente) una calificación numérica que represente su agrado o “gusto” por el reto. En la parte cualitativa de los retos, cada alumna completa un cuestionario de reflexión. Los resultados obtenidos se organizan en gráficas de pastel para su interpretación y análisis. Al final del ciclo escolar se aplica nuevamente el examen diagnóstico en modalidad post test, con el fin de comparar y evaluar cambios como resultado de la intervención.

Resultados

Examen diagnóstico

Se aplicó el examen diagnóstico, codificando las respuestas y observando que las alumnas tienen bastante claro el concepto de ciencia (¿Qué hace la ciencia? A.3 “A estudiar diferentes tipos de comportamientos de la naturaleza y la materia”), no suelen relacionar la física con la ciencia (¿Qué tipo de ciencia conoces? A.12 “Biología, mecánica, química”), tienen un pre concepto de la asignatura acertado y en general pueden utilizarlo para explicar casos concretos (¿Qué hace la Física? A.3 “A estudiar la materia y las fuerzas y así”), y finalmente en matemáticas se observa que no tienen la habilidad de realizar despejes de fórmulas de física y/o de realizar conversión de unidades simples o derivadas. La OCDE reporta que los estudiantes en México manifiestan altos niveles de interés en ciencias comparados con otros países de la OCDE; sin embargo, dichas actitudes no corresponden con su desempeño en matemáticas (OCDE, 2018).

Con los resultados obtenidos se definieron las áreas de oportunidad para tomar en cuenta en la intervención educativa, como

- Trabajar y reforzar habilidades matemáticas y de razonamiento (con los reportes).
- Reforzar la relación de la Física con el mundo real (con los retos).
- Fomentar el uso del método científico para la resolución de problemas (con reportes y retos).

Resultados cuantitativos

Se implementaron hasta la fecha varios retos que se evalúan cuantitativamente a partir del puntaje obtenido en dispositivo y reporte, de la valoración numérica del reto en la reflexión y de la autoevaluación

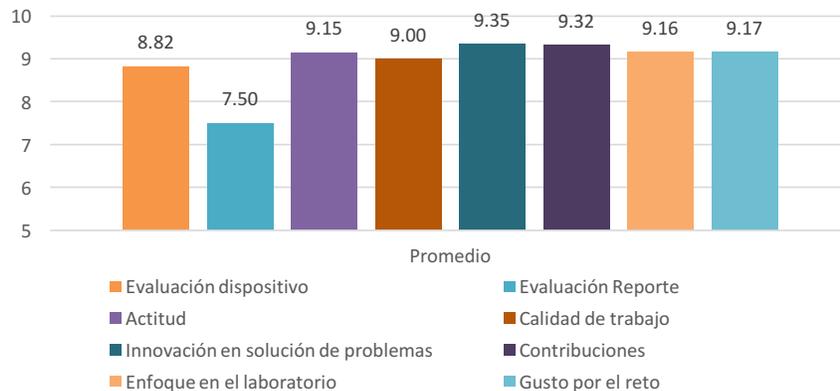
de las alumnas. Los retos implementados hasta la fecha (figura 1) son: R1.CA (Coche autónomo), R2.CL (Caída libre, lanzamiento de huevo), R3.S (Sismógrafo), R4.P (Puente de spagueti), R5.TD (Torre de densidades), R6.MR (Montaña rusa), R7.MH (Mano hidráulica) y R8.CS (Calentador solar).

Figura 1: Retos STEM: dispositivos.



Los resultados obtenidos (promedio de retos 1 al 6) se muestran en la figura 2, donde se observan resultados altos (exceptuando del dispositivo y del reporte), con una evaluación alta para el gusto por el reto.

Figura 2: Promedio de evaluaciones de reporte, dispositivo, y autoevaluación de los retos (n=138) (Elaboración propia, 2019).



Se hizo una correlación de Spearman para obtener la relación del rubro Gusto por el Reto contra los otros rubros calificados en la autoevaluación, con los resultados mostrados en la tabla 1.

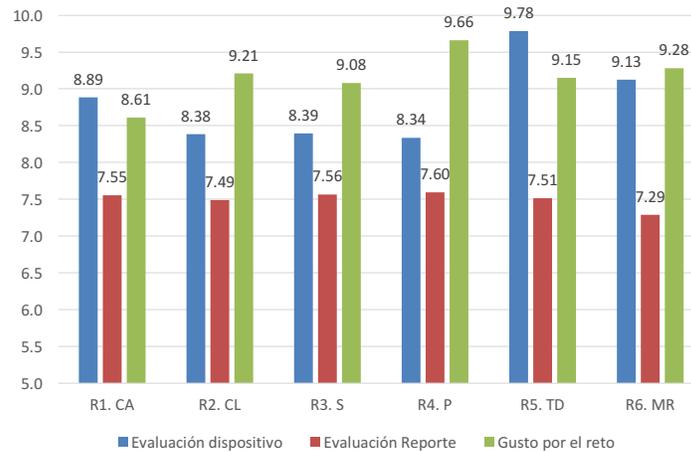
Tabla 1: Correlación de Spearman con rubros de autoevaluación (Elaboración propia, 2019).

RUBROS	CORR. SPEARMAN CON GUSTO POR EL RETO
ACTITUD	0.488
CALIDAD DEL TRABAJO	0.845
INNOVACIÓN EN SOLUCIÓN DE PROBLEMAS	0.741
CONTRIBUCIONES	0.441
ENFOQUE EN EL LABORATORIO	0.667
EVALUACIÓN DEL DISPOSITIVO	-0.247
EVALUACIÓN DEL REPORTE	-0.065

La correlación de Spearman muestra una clara relación del gusto por el reto con la calidad del trabajo y la innovación en solución de problemas; mientras que sale bajo en actitud y contribución.

En la figura 2 se compara el gusto por el reto con la evaluación del dispositivo y evaluación del reporte, por retos:

Figura 3: Comparación de evaluación de dispositivo, evaluación de reporte y gusto, por retos (n=138) (Elaboración propia, 2019).



La correlación de Spearman del Gusto del reto con la evaluación del dispositivo es de -0.2466 , mientras que con la evaluación del reporte el valor es de -0.0647 . Ambas correlaciones indican que no hay relación entre el gusto que manifiestan las niñas por el reto, con el dispositivo o el reporte que deben de hacer por cada reto.

Resultados cualitativos

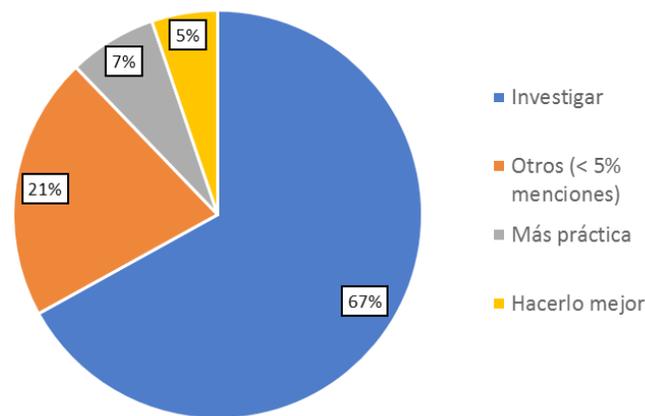
Los resultados cualitativos se obtienen del cuestionario de reflexión, en los que las alumnas deben realizar una reflexión (basado en Cameron & Craig, 2017, p. 10) completando las frases que se proponen:

1. Una cosa que no esperaba de este reto fue
2. Una cosa que puedo mejorar si hiciera este reto nuevamente sería
3. Después de completar el reto, me di cuenta de
4. Después de completar el reto, entiendo mejor
5. Si quiero mejorar en investigación científica, necesito
6. Algo de lo que me gustaría aprender más después de este reto es
7. La parte más difícil del reto fue
8. En una escala del 1 al 10, este reto me gustó

Es importante señalar que algunas alumnas no contestaron el cuestionario de reflexión o lo hicieron parcialmente, por lo que la muestra varía entre preguntas. Las respuestas obtenidas se codificaron y se graficaron por frecuencia. Se muestran figuras con resultados relevantes.

En la figura 4 se muestra la gráfica del porcentaje de frecuencia de respuestas a “5. Si quiero mejorar en investigación científica, necesito”

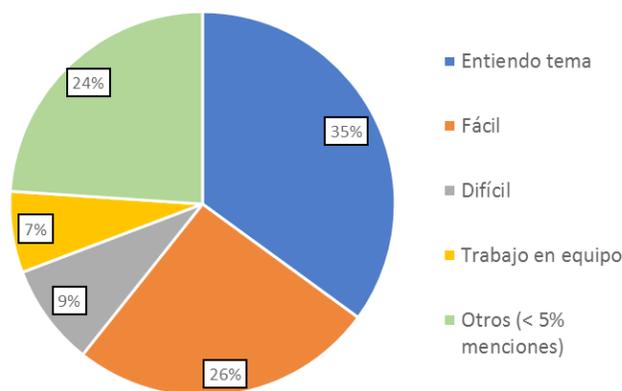
Figura 4: Porcentaje de frecuencia de respuestas a “5. Si quiero mejorar en investigación científica, necesito” (n=115) (Elaboración propia, 2019).



El rubro “Investigar” tuvo un 67% de frecuencia, donde algunas respuestas fueron A.1 “Buscar más información” (R6.MR), A.15 “consultar mas fuentes” (R4.P), A.16 “Buscar en muchas páginas y muchas preguntas sobre el tema de investigación” (R3.S), logrando las alumnas relacionar la necesidad de investigar con el éxito de su proyecto.

En la figura 5 se observan los resultados a la pregunta “3. Después de completar el reto, me di cuenta de”.

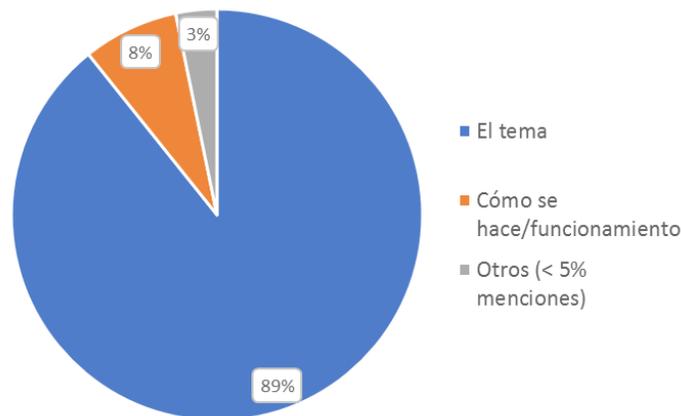
Figura 5: Porcentaje de frecuencia de respuestas a “3. Después de completar el reto, me di cuenta de” (n=117) (Elaboración propia, 2019).



Con lo observado en la gráfica, puede suponerse que las alumnas sienten que los retos están a su alcance, y les ayudan a entender mejor el tema al involucrarlas en la investigación, diseño, construcción del dispositivo y obtención de resultados, como escribe la alumna A.35 “Fue fácil completar el reto” en el reto Torre de Densidades (R5.TD).

La figura 6 muestra el porcentaje de frecuencia de respuestas a “4. Después de completar el reto, entiendo mejor”.

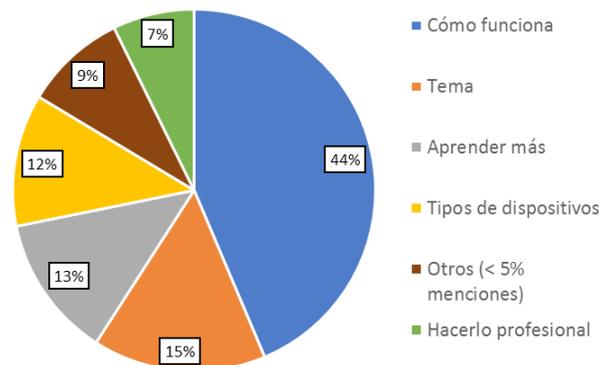
Figura 6: Porcentaje de frecuencia de respuestas a “4. Después de completar el reto, entiendo mejor” (n=93) (Elaboración propia, 2019).



La gran mayoría (89%) menciona que entiende el tema, y algunas entienden el funcionamiento de los dispositivos usados en la vida real, no solamente del prototipo o dispositivo que construyeron, como el caso de A.9 “Como funciona la energía cinética y potencial” en el R6.MR, A.20 “Que es y como calcular la densidad y el volumen” en el R5.TD o A.1 “como funcionan los puentes” en el reto R4.P.

La figura 7 muestra las respuestas a “6. Algo de lo que me gustaría aprender más después de este reto es”

Figura 7: Porcentaje de respuestas a “6. Algo de lo que me gustaría aprender más después de este reto es” (n=110) (Elaboración propia, 2019).



Se observa un marcado interés en saber cómo funcionan los dispositivos reales, seguido por interés en aprender más del tema, según mencionan A.6 “como funcionan las montañas rusas” (R6.MR), A.15 “mas sobre estructuras de puentes” (R4.P), A.12 “Me gustaría aprender sobre la resistencia del aire y la gravedad y hacer un paracaídas para el huevo” (R2.CL, Caída Libre) y A.5 “Cuando el ser humano va a poder saber cuando va a temblar” (R3.S).

Resultados post test

La evaluación post test se realizará a inicios de junio, cuando prácticamente termine el ciclo escolar. Con los resultados obtenidos, se hará una comparación de resultados contra los de la evaluación diagnóstica, para ver el efecto en los retos STEM en la percepción, interés y desempeño de las alumnas en la asignatura de Física.

Conclusiones

Este proyecto aplicativo finaliza con el ciclo escolar, lo que implica que aún faltan retos por implementarse y evaluarse, además de realizar el post test y compararlo con el examen diagnóstico del inicio de ciclo.

Con los resultados obtenidos, las conclusiones preliminares muestran que las alumnas evalúan con valores altos su gusto por el reto, y en general les ayuda a entender el tema. A lo largo del ciclo escolar se generó una expectativa para los retos siguientes. Sin embargo, tienen problema en la elaboración del reporte escrito de los retos, que incluyen investigación, cálculos y análisis de resultados.

Según se reporta en la literatura, los adolescentes no siempre pueden aplicar sus conocimientos para la resolución de problemas, por lo que es necesario un proceso de experimentación y descubrimiento propio para lograr una comprensión plena del fenómeno estudiado (Serrano, n.d.). Para lograr lo anterior, el uso del método científico (aplicado en los retos propuestos) ayuda a estructurar el aprendizaje del adolescente, realizando actividades prácticas y con conexión al mundo real, con lo que se observa que en general, entienden el tema con el reto STEM y hay expectativas para los siguientes retos.

En la literatura se menciona que las adolescentes “...están interesadas en física en el contexto de sus aplicaciones prácticas, su potencial para explicar fenómenos naturales, o en el contexto de elecciones y riesgos que se encuentran en las tecnologías basadas en la física” (Häussler & Hoffmann, 2000), lo que se relaciona con lo observado en el alto gusto por los retos y la expectativa de nuevos retos.

Referencias

- Cameron, S., & Craig, C. (2017). *STEM labs por Physical Science: Grades 6–8*. Greensboro, NC: Mark Twain Media.
- Cano de Faroh, A. (2007). Cognición en el adolescente según Piaget y Vygotski . ¿ Dos caras de la misma moneda ? *Boletim Academia Paulista de Psicologia*, 27(2), 148–166. <https://doi.org/1415-711X>
- Carretero, M. (1979). ¿Por que flotan las cosas? El desarrollo del pensamiento hipotético–deductivo y la enseñanza de la ciencia. *Infancia y Aprendizaje*, 2(8), 7–22. <https://doi.org/10.1080/02103702.1979.10821758>

- Dare, E. A., & Roehrig, G. H. (2016). "If I had to do it, then I would": Understanding early middle school students' perceptions of physics and physics-related careers by gender. *Physical Review Physics Education Research*, 12(2), 1-11. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.020117>
- Dougherty, D. (2012). The Maker Movement. *Innovations: Technology, Governance, Globalization*, 7(3), 11-14. https://doi.org/10.1162/INOV_a_00135
- Häussler, P., & Hoffmann, L. (2000). A curricular frame for physics education: Development, comparison with students' interests, and impact on students' achievement and self-concept. *Science Education*, 84(6), 689-705. <https://doi.org/10.4314/bcse.v26i3.18>
- Hsu, Y. C., Baldwin, S., & Ching, Y. H. (2017). Learning through Making and Maker Education. *TechTrends*, 61(6), 589-594. <https://doi.org/10.1007/s11528-017-0172-6>
- Martin, L. (2015). The Promise of the Maker Movement for Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 5(1). <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1099>
- OCDE. (2018). Programa Internacional de Evaluación de los Alumnos (PISA). Retrieved Noviembre 10, 2018, de <https://www.oecd.org/centrodemexico/medios/programainternacionaldeevaluaciondelosalumnos/pisa.htm>
- Rosenzweig, E. Q., & Wigfield, A. (2016). STEM Motivation Interventions for Adolescents: A Promising Start, but Further to Go. *Educational Psychologist*, 51(2), 146-163. <https://doi.org/10.1080/00461520.2016.1154792>
- Sanmartí P., N. (2001). Enseñar a enseñar Ciencias en Secundaria. *Revista Interuniversitaria de Formación Del Profesorado*, ISSN 0213-8646, ISSN-e 2530-3791, Nº 40, 2001 (Ejemplar Dedicado a: Formación Inicial de Profesores : Física y Química / Coord. Por Antonio José de Pro Bueno), Págs. 31-48, (40), 31-48. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=118090>
- Serrano, J. E. A. (n.d.). Tema 2: El desarrollo cognitivo del adolescente. *Aprendizaje y Desarrollo de La Personalidad (SAPoor)*, 1-9. Recuperado de <http://www3.uji.es/~betoret/Instruccion/Aprendizaje y DPersonalidad/Curso 12-13/Apuntes Tema 2 El desarrollo cognitivo del adolescente.pdf>
- Suárez-Rodríguez, P., Ojeda, M., Mora, C., & Martínez, J. R. (2013). El efecto del aprendizaje en proyectos colaborativos y contextualizados en la percepción del alumno sobre la física y su conexión con el mundo real. *Tlatemoani : Revista Académica de Investigación.*, (14), 1-18. Recuperado de <http://www.eumed.net/rev/tlatemoani/14/percepcion-alumno-fisica.html>