

Lineamientos de la filosofía STEM para la enseñanza de la Física

EDVCATIO PHYSICORVM



ISSN 1870-9095

Rubén Sánchez Sánchez, César Mora

Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Legaria, Cazada Legaria No. 694. Colonia: Irrigación, Alcaldía: Miguel Hidalgo, CP 11,500, Ciudad de México, México.

E-mail: rsanchezs@ipn.mx

(Recibido el 1 de febrero de 2023, aceptado el 1 de marzo de 2023)

Resumen

STEM es un acrónimo que involucra varios campos del conocimiento humano, y que tiene por objeto el mejorar la calidad educativa, mediante la integración armónica de todos sus elementos que la conforman. La palabra STEM apareció por primera vez en 1990 por la *National Science Foundation* (NSF) en los Estados Unidos. Y viene con la idea de integrar y armonizar los campos de conocimiento de la Ciencias (S), la Tecnología (T), la Ingeniería (E) y las Matemáticas (M). Desde entonces se ha popularizado en el ambiente educativo y en particular en los países de América Latina. Aquí revisamos en general, cuáles son sus ideales, sus fundamentos teóricos y sus perspectivas. También discutimos porque este enfoque tiene muchas de las características que deseamos en la educación, además de que esta filosofía se promueve, para que sea practicada desde el nivel pre-escolar, para aprovechar sus alcances. El futuro tiene muchos desafíos, y por eso un análisis y una discusión de las ventajas que tiene STEM, es particularmente beneficioso, para que los docentes consideren su implementación en las escuelas, para un beneficio, no sólo en el ámbito educativo, sino en general para alcanzar un nivel de vida digno para las sociedades del presente.

Palabras clave: Innovación Educativa, Educación de la Física, Educación de las Ciencias, Tecnología en la Educación.

Abstract

STEM is an acronym that involves several fields of human knowledge, and whose objective is to improve educational quality, through the harmonious integration of all its elements that make it up. The word STEM first appeared in 1990 by the National Science Foundation (NSF) in the United States. And it comes with the idea of integrating and harmonizing the fields of knowledge of Science (S), Technology (T), Engineering (E) and Mathematics (M). Since then it has become popular in the educational environment and particularly in Latin American countries. Here we review in general, what are its ideals, its theoretical foundations and its perspectives. We also discussed why this approach has many of the characteristics that we want in education, in addition to the fact that this philosophy is promoted, so that it can be practiced from the pre-school level, to take advantage of its scope. The future has many challenges, and that is why an analysis and discussion of the advantages that STEM has is particularly beneficial, so that teachers consider its implementation in schools, for a benefit, not only in the educational field, but in general. to achieve a decent standard of living for today's societies.

Keywords: Educational Innovation, Physics Education, Science Education, Technology in Education.

I. INTRODUCCIÓN

Para el estudiante moderno, es necesario tener en cuenta su futuro como persona productiva en la sociedad. Para ello, los nuevos programas educativos deben de revisar un compendio de nuevas competencias que deberán de seguir los estudiantes a lo largo de todo su proceso educativo. Ahora la tendencia es perseguir las nuevas necesidades que tiene la sociedad en torno al desarrollo de las nuevas tecnologías de la comunicación. Por eso, la necesidad de tener un nuevo paradigma educativo que integre el interés por incorporar a los nuevos planes, competencias que tengan que ver con la habilidad del estudiante para manejar las nuevas tecnologías, como los nuevos medios de comunicación.

En el sitio web de *IMMUNE, Technology Institute*, [1] se resaltan estas necesidades modernas que tienen los jóvenes,

que dicho sea de paso, tendrán que integrarse al entorno productivo futuro de nuestras sociedades, para mejorar las condiciones de vida, que actualmente tenemos en ellas.

Se comenta en este sitio, que los nuevos jóvenes tienen intereses más enfocados hacia el desarrollo de las tecnologías y su aplicación a los modernos medios de comunicación, como si se tratara de una nueva afición, a una actividad deportiva. En esto tiene razón este artículo, pues en generaciones pasadas los jóvenes le daban prioridad a las actividades deportivas y ejercían muchas de sus actividades en torno a estas habilidades.

Las sociedades modernas, sin embargo, han estado evolucionando, y los intereses se vuelcan ahora sobre nuevas competencias que los estudiantes ya están interesados a desarrollar con el avance en las tecnologías de la comunicación. Por ejemplo, es evidente el interés que se tiene

en nuestras sociedades modernas por el uso de las computadoras, y los teléfonos celulares.

De este forma, y con arribo de las nuevas tendencias educativas, en torno a incorporar a los saberes científicos y matemáticos tradicionales, las habilidades de la ingeniería y la tecnología, es que se ha estado intentando orientar a la educación en el campo de una nueva filosofía que comprenda estas nuevas ideas impulsadas por los nuevos intereses sociales. Así nace, la idea de encausar a la educación dentro de lo que se ha denominado la nueva filosofía STEM que por sus siglas en inglés comprende los saberes de cuatro áreas del conocimiento humano, la Ciencia, la Tecnología, la Ingeniería y las Matemáticas, y la forma de integrarlas en la educación de tal suerte que sea posible su cooperación mutua para lograr un proceso de enseñanza-aprendizaje eficiente y mejorado con las nuevas generaciones de estudiantes jóvenes, que en un futuro se integrarán dentro del marco laboral de nuestras sociedades.

Según Yakman [2], STEAM, con la letra griga “Sigma” en lugar de la “E” y @ en lugar de la “A” es un modelo de desarrollo educativo, de como los objetivos tradicionales, pueden ser ectructurados en un marco de trabajo, que puede usarse como plan de curriculum integrativo. Esta basado en STEM, que puede ser definido de dos maneras:

1. STEM puede verse como un representante de las áreas más tradicionales de Ciecnia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas. Cada una de las cuales ha evolucionado de manera que va incluyendo elementos de las otras áreas conforme a sus propios estándares y prácticas.
2. La nueva tendencia es el concepto de un estándar educativo integrativo, que incluye prácticas para la enseñanza y el aprendizaje, cuando las materias son integradas de manera armónica, cooperativa, colaborativa e integrativa.

II. NUEVAS PERSPECTIVAS

Según el presidente del Consejo Coordinador Empresarial de México [3], la educación STEM nos provee de nuevas oportunidades y alternativas para el cambiante mundo laboral, siguiendo las nuevas ideas y tendencias que surgen a partir del establecimiento de la llamada Cuarta Revolución Industrial. Esta revolución, comprende entre sus ideales la implementación de las nuevas y reformadas Tecnologías de la Información y la Comunicación, estableciendo así, una nueva filosofía que guía un nuevo estándar en la educación en México.

Las nuevas oportunidades de trabajo y vida social, están siendo influenciadas por nuevas ideas de reforma educativa, y es de destacar la participación de la sugerencia de incorporar y coordinar de manera armoniza varias ramas del conocimiento humano, para favorecer la iniciativa del aprendizaje activo y significativo. Este forma de aproximar la educación, ha sido favorecida, principalmente por las corrientes de pensamiento de países con un alto grado de desarrollo tanto tecnológico como económico. En este estado se encuentra por ejemplo Estados Unidos, donde la

incorporación de una filosofía STEM y STEAM en la educación ha sido una guía innovativa para guiar la educación en esa sociedad.

La influencia de los países desarrollados en la cultura latino americana es bastante conocida, y es generalmente aceptada y adquirida por los latinos, así se toman las ideas de los países avanzados como un modelo de cambio y progreso dentro de la comunidad de los países latinos.

III. VISIÓN EN MÉXICO

En el caso de México, una aproximación filosófica STEM, es una filosofía inclusiva, ya que ve una integración de diferentes áreas de conocimiento para el complejo educativo, con miras a alcanzar un "desarrollo sustentable y equitativo" para México [3].

Según Castañón [3], hace falta un incentivo educativo para apoyar la transformación industrial de México. Es decir, se necesita implementar en las aulas un sistema educativo que comprenda las tendencias actuales de incorporar a la ciencia, tecnología, ingeniería y las matemáticas (STEM). Para Castañón [3], el futuro de México depende mucho de la juventud

actual posea habilidades coexistentes y cooperativas de estas cuatro áreas del conocimiento. Esto hará posible la creación de empleos y permitirá el avance económico de México. También hace énfasis en tener no sólo más hombres en el área productiva educados de esta forma, sino que también hace hincapié en que es necesario que haya una participación activa por parte de las personas de sexo femenino, con el fin de que se alcance un equilibrio en la fuerza de trabajo y laboral en el sector productivo.

Castañón [3] dice que STEM representa una nueva forma de abordar y ver a la educación que apoya el desenvolvimiento industrial y ofrece nuevas y buenas oportunidades de trabajo para las nuevas generaciones. Proyecta a México como un país que tiene mucho potencial y muchos recursos humanos que pueden construir un país con emprendimiento, innovación, desarrollo tecnológico y bienestar social.

IV. LOS COMPONENTES DE STEM

La palabra STEM es un acrónimo (como ya se ha mencionado antes), y viene de las palabras en inglés *Science*, *Technology*, *Engineering*, *Mathematics*, que son los componentes básicos en los cuales se basa esta filosofía educativa. A continuación describimos brevemente estos componentes:

A. Ciencia

Es necesaria para que la humanidad adquiera nuevos conocimientos válidos, se basa en la observación y la experimentación con el mundo Físico. La experimentación nos provee de un conocimiento empírico, que posteriormente se suele interpretar, para que todas las pares del experimento sean congruentes entre sí, y formen un argumento formal que esté de acuerdo con los hechos observados.

apoyo para que se preserve el medio ambiente, se conserven recursos naturales autosustentables, para el bien común de las sociedades.

B. Tecnología y las habilidades digitales

Estas son necesarias a la hora de programar e implementar los servicios de forma eficiente. Gracias a esto el comercio, la cultura y los depósitos de datos, se han distribuido y administrado de forma conveniente, y nos ayuda a tener mejores recursos para conseguir elementos que son necesarios para nuestra supervivencia y nuestra comodidad.

C. Ingeniería

La ingeniería es la parte del saber humano, que nos permite la aplicación de los conocimientos científicos a la vida práctica. Así gracias a la tecnología tenemos servicios y objetos que nos suministran esos servicios, por ejemplo tenemos autos, salas de cine, ropa, etc.

D. Matemáticas

Es la parte que nos permite integrar y coordinar con precisión los otros elementos de nuestro saber. Nos permite la predicción adecuada de eventos, y es una herramienta versátil, para ajustar los conocimientos a sus partes prácticas. También es un medio y un lenguaje para expresar las leyes científicas.

V. MARCO DE TRABAJO K-12

Un marco de trabajo que se ha aplicado en Estados Unidos para STEM es llamado K-12 educación de la Ciencia [4], que involucra varios aspectos de interés por la ciudadanía, y para esto se necesitó evaluar intereses de tipo social, cívico, político, económico y personales.

De esta forma, STEM considera áreas de la Ciencia para integrarlas a la educación con énfasis a la corriente constructivista y a al papel activo de los estudiantes en su educación. Las diferentes Ciencias y Disciplinas a las que STEM incorpora [5] son:

1. El idioma (inglés y francés, en Estados Unidos y Canadá y español y portugués en América Latina).
2. Matemáticas.
3. Física.
4. Química.
5. Biología.
6. Literatura.
7. Habilidades de vida.

También se considera la incorporación de esquemas integrados como el S.T.S.E. [5] que es un acrónimo que se refiere a la relación que existe entre Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente. Así que este esquema es muy buena partida para implementar metodologías educativas STEM que tengan en cuenta esta integración, para mejorar no sólo el proceso educativo, sino para contemplar al forma en como los egresados de una escuela que tenga la filosofía STEM se integrarán a la sociedad en sus trabajos, y como el trabajo que realicen tenga en cuenta la conservación del medio-ambiente. Así STEM promoverá no sólo la responsabilidad que se tenga con el mismo proceso educativo, sino que también será un

VI. DETALLES A INCORPORAR

STEM no es sólo una sola cosa, y no reemplaza otras visiones o técnicas educativas. Los profesores que tienen una filosofía STEM en su práctica tienen que incorporar varios detalles adicionales como por ejemplo [4]:

1. La perseverancia.
2. La adaptabilidad.
3. La cooperación.
4. La organización.
5. La responsabilidad.

Estos son algunos de los detalles que hacen que STEM pueda funcionar de manera adecuada y constituyen una faceta de los lineamientos que el docente debe de cuidar que se van cumpliendo para tener una buena experiencia educativa, y en particular para tenerla cuando se estudia una Ciencia como la Física.

VII. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE STEM

La educación STEM debe de involucrar a personas interesadas de varias comunidades como profesores, líderes en empresas, familiares, políticos entre otros [4].

Según la *National Science Teaching Association* [4] hay varios lineamientos adicionales que se deben de respetar cuando se realiza o implementa la educación STEM.

Podemos distinguir varios estilos que siguen la filosofía STEM, entre ellos están destacados por esta agrupación las siguientes aproximaciones:

1. STEM fundada bajo los principios teóricos del constructivismo. Es un tipo de educación recreativa que integra STEM.
2. Educación de alta calidad K-12 con STEM.

Para la primera aproximación se necesitan seguir estos lineamientos:

- La enseñanza se ve como un proceso activo, constructivo, en lugar de ser receptiva.
- La motivación y las creencias de los alumnos están integradas al aprendizaje.
- La interacción social es primordial para el desarrollo cognitivo, y...
- El conocimiento, las estrategias, y la experiencia se contextualizan en el proceso de aprendizaje.

Para la segunda aproximación (K-12) se observan estos lineamientos:

- Permite que el pensamiento de los alumnos sea analítico y crítico.

- Hay que incrementar la literatura en Ciencia, Matemáticas y Tecnología.
- Se fomenta una nueva generación de emprendedores e innovadores.
- Se impulsan las oportunidades para estudiantes del siglo 21, que desarrollen habilidades de trabajo en equipo, colaboración, solución de problemas, comunicación y pensamiento creativo, y ...
- Ofrece experiencias de aprendizaje en las cuales los estudiantes identifican lo aprendido como relevante y significativo en su futura vida laboral.

VIII. NECESIDADES EN LA EDUCACIÓN STEM

Otro aspecto que hay que cuidar es que la educación STEM debe ser promocionada y soportada por las personas, por eso se necesita revisar varios puntos [4]:

- Los profesores, administradores escolares, juntas académicas, y distintos líderes académicos deben de identificar objetivos comunes y metodologías para formar una visión conjunta y enfocar la educación STEM para beneficio de su comunidad.
- Los educadores STEM deben de ser provistos de los recursos necesarios, para proveer educación STEM de calidad.
- Se debe de vislumbrar la importancia de involucrar a los alumnos en la educación STEM desde edades muy tempranas, es decir desde pre-escolar, para mejorar las posibilidades que tendrá el espectro pre-K-12 STEM.
- Los educadores deberán promover prácticas educativas que reformulen y mejoren el sistema educativo, promoviendo la educación para adultos, imitando el tipo de educación STEM que se da para estudiantes, de edades menores y que estén cursando sus estudios profesionales.
- Los docentes deberán buscar oportunidades para impulsar el trabajo escolar en equipo, y ser un mentor de los estudiantes para integrarlos a la fuerza laboral.
- La comunidad, los distritos y la comunidad en general deberán de facilitar y promover financiamiento a la educación STEM, para que los docentes que tengan sus habilidades multidisciplinarias puedan colaborar con los educadores de ciencias básicas y de un área en particular, para participar en los planes de estudio, y puedan construir e implementar herramientas pedagógicas que apoyen y promuevan la filosofía STEM en la educación.

IX. BENEFICIOS DESEADOS

Uno de los beneficios que tiene la educación STEM, es que uno de sus objetivos es la adquisición a temprana edad del

dominio de herramientas tecnológicas con fines industriales [6].

Otra característica es que nos ayuda en el aprendizaje mediante la experimentación en primera persona [6].

El sitio web de “*infanity*” [6], por ejemplo, promueve la educación STEM proponiendo el uso entre los infantes de un prototipo de robot llamado *Bee Bot*. Esta herramienta educativa tiene la forma de una pequeña abeja, que mantiene diferentes aplicaciones, que pueden manejar los niños, para acceder a un aprendizaje apoyado en medios tecnológicos, y tiene la ventaja de despertar el interés de los infantes, por el uso de la tecnología para apoyar su proceso educativo.

Según el sitio de Weebly [5], es necesario tomar ventaja de la educación apoyada con la filosofía STEM con una integración en educación K-12, para obtener conocimientos que apoyen el desarrollo de nuevos recursos que tengan un fundamento sólido en la Ciencia y que esté acreditada según los estándares de la Ingeniería y la Tecnología, haciendo el uso oportuno y correcto de las Matemáticas en su diseño.

Según el sitio web de Create & Learn [7] algunas de las habilidades que un estudiante en STEM tendría, serían las siguientes:

1. Posee creatividad.
2. Trabajo con colaboración.
3. Es resolutivo en los problemas.
4. Pensamiento Crítico y estratégico
5. Comunicativo.
6. Características de liderazgo.
7. Administrativo.
8. Auto dirigido.
9. Tiene iniciativa.
10. Es cooperativo
11. Participa en redes de trabajo.
12. Es analítico.
13. Tiene flexibilidad.
14. Mantiene persistencia.
15. Trabaja en Equipo.

Estas son habilidades y características muy deseables en el proceso educativo, por eso toda metodología que conlleve STEM debería de perseguir estas características en sus estudiantes. Según esta misma fuente [7] STEM tiene además una característica que es muy buscada en las metodologías modernas de enseñanza tanto en la Física como en otras Ciencias y es que realiza una conexión entre lo aprendido y su aplicación práctica en la vida real.

X. ALGUNAS CARRERAS CON STEM

Algunas de las carreras relacionadas estrechamente con STEM según Create & Learn [7, 8] son:

1. Trabajos de Inteligencia Artificial.
2. Carreras de Biotecnología.
3. Computación de nube / ciberseguridad.
4. Diseño digital / trabajos UI (User Interface).
5. Ingeniería de Hardware.
6. Ingeniería de juegos.

7. Desarrollo de aplicaciones Móviles.
8. Trabajos en Robótica.
9. Diseño y desarrollo web.

Y sus aplicaciones son muy numerosas entre ellas están las que sustentan un medio ambiente sostenido, aplicaciones tecnológicas, innovaciones en agricultura, soporte en las Ciencias de la Salud, soporte para el sector energético, y soporte en la infraestructura de construcciones.

Un área que causa especial interés es el área de la aplicación de la realidad aumentada en educación, que sigue la pauta de la filosofía STEM, y es una rama de interés en la actualidad [9-11].

También es de mencionar la utilización de la computadora como herramienta didáctica tanto en el aprendizaje de la Física como de las demás Ciencias [12-19].

XI. SOBRE LA DENOMINACIÓN K-12 EN STEM

La denominación K-12 en STEM, según la “*International Technology and Engineering Educators Association*” (ITEEA) [20], se refiere a las etapas educativas en Estados Unidos desde preescolar hasta el grado 12 equivalente, también la misma fuente [20], menciona que el problema actual que muchas instituciones tienden a enfrentar es el problema de enseñar Ciencia (S) y Matemáticas (M), pero han dejado de lado el problema de enseñar conjuntamente Tecnología (T), que representa a los productos que necesitamos los seres humanos y menos se trata con la Ingeniería (E), que trata de diseñar estos productos necesarios para la vida actual en el siglo XXI.

Se menciona también [20] que esta filosofía ha sido el producto de estándares que se manejan en países de primer mundo y se conocen como Estándares de Ciencia de Nueva Generación, o bien, “*Next Generation Science Standards*” (NGSS). Esta tendencia y filosofía STEM empezó a tener relevancia desde los años 90 en los Estados Unidos en la NSF o “*National Science Foundation*”, pero la política de ese país la promovió de manera fuerte, en el año 2010 [20].

XII. EDUCACIÓN ¿STEM O STEAM?

Según “*STEM Education Colombia*” y la ITEEA [20, 21]:

“La educación es por naturaleza, interdisciplinaria. A primera vista, la educación en ingeniería y tecnología puede parecer sólidamente basada en las ciencias y las matemáticas, pero existen fuertes conexiones con las artes y las humanidades que no deben pasarse por alto”.

De esta manera, se trata de mencionar que también el Arte (A), forma parte vital de la educación, y el acrónimo se transforma ahora en STEAM en lugar de STEM.

Pero, el 90% del trabajo formal académico se ha hecho y escrito con el seudónimo STEM, así que STEM con la A de Arte busca incorporar al Arte en el proceso educativo.

Sin embargo, el núcleo principal está ya demarcado por el acrónimo antiguo STEM.

Por eso se dice que el núcleo fuerte de esta filosofía siguen siendo la Ciencia (S), la Tecnología (T), la Ingeniería (E) y las Matemáticas (M), y se deben de incorporar paulatinamente otras disciplinas indispensables para una educación integral de los jóvenes como los son, no sólo el Arte, sino también las Ciencias Sociales, la Ética, la Educación Física, las Humanidades, etc. Así, con el objeto de que el acrónimo quede corto, en la mayoría de los casos de trabajos y publicaciones con esta filosofía se ha adoptado la convención de que es suficiente con mencionar el acrónimo original STEM, y mencionar que aunque sólo se mencionan las partes principales del núcleo de la filosofía educativa, también en cada caso hay que adaptarla, para que abarque las áreas y disciplinas que se requieran en cada caso. De esta forma, se incorporan las otras disciplinas sin perder de vista el núcleo principal y adaptando la filosofía según cada caso específico en educación.

XIII. VIENDO EL FUTURO DE LA EDUCACIÓN EN FÍSICA Y OTRAS ÁREAS DE LA CIENCIA

Queremos cerrar nuestra discusión sobre la filosofía STEM mencionando unas palabras de Cary Sneider [22], quien menciona que la población mundial alcanzará unos 9000 millones de personas cuando los niños de ahora sean adultos. Señala la necesidad de suministrar alimentos y agua potable a las personas, poder utilizar la energía, no causar daños a los *habitats* naturales, enfrentar pandemias y mejorar los servicios en salud. Y que las ciudades sean construidas con el fin de que sus habitantes pueden tener unas vidas prósperas y satisfactorias.

Con el objeto de lograr estas metas, nos tendremos que enfrentar a muchos problemas y serán los niños y los jóvenes que actualmente están en las aulas, los que oportunamente preparados con la filosofía STEM, los que solucionarán los problemas del futuro.

Y por eso, plantea que hay que mejorar las condiciones en las aulas para que el día de mañana, nuestros infantes puedan enfrentar con éxito estos problemas que se van a venir en un futuro próximo.

XIV. CONCLUSIONES

La educación de la Física y de otras Ciencias se ve beneficiada, cuando se conjuntan y coordinan de forma armoniosa otras ramas del saber humano, y es cuando el docente aprovecha las virtudes de cada disciplina, que se puede sacar provecho de lo que aportan cada una de ellas, para lograr un aprendizaje óptimo y bien dirigido hacia los aspectos y necesidades reales que se tienen en la vida diaria.

La filosofía STEM constituye una buena estrategia educativa, que contribuye a la participación activa del estudiante en los experimentos reales y promueve la cooperación y el trabajo en equipo, reafirmando de esta manera los conocimientos que cada estudiante podría alcanzar por sí sólo, y aprovechando las nuevas innovaciones tecnológicas para apoyar el proceso de la educación.

La educación basada en STEM promete un desarrollo

educativo eficiente y práctico en los estudiantes, para que el día de mañana, se puedan superar los retos que nos aguardan en nuestro mundo, y podamos sustentar a nuestras sociedades de la mejor manera posible y aprovechando todo lo que esté al alcance de la Tecnología y las demás áreas del conocimiento humano.

AGRADECIMIENTOS

Uno de los autores, Rubén Sánchez, agradece al Instituto Politécnico Nacional (IPN) y al proyecto de la Secretaría de Investigación y Posgrado (SIP), número 20231591, titulado *Aplicación de la Filosofía STEM en la enseñanza de la Física*. También se le agradece al CONAHCYT o *Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías* de México, por el apoyo recibido en la realización de este trabajo. Otro autor, César Mora, agradece al Proyecto de la SIP número 20232219, titulado *Análisis de Rasch para la enseñanza y aprendizaje de circuitos eléctricos de corriente continua*.

REFERENCIAS

- [1] Immune, Technology Institute, *Filosofía STEM aplicada a las nuevas competencias educativas*, <<https://immune.institute/blog/filosofia-stem-y-aprendizaje/>>, Consultado el 10 de enero de 2023. (2021, January 1).
- [2] Yakman, G., *STEAM Education: an overview of creating a model of integrative education*, En M. J. De Vries (Ed.). PATT-17 and PATT-19 Proceedings. Reston, V.A: ITTEA. <https://cutt.ly/Lgj7edP>, 335-358 (2008).
- [3] Castañon, J. P., Rojas M., G., Segura G., L., Gras M., M., Villavicencio C., C., Andrade-Guevara, J. C., Archundia G., J., *Visión STEM para México*, (Alianza para la promoción STEM (AP STEM) Equipo de Líderes, 1ra. Edición, México, 2019), <<https://www.movimientostem.org/wp-content/uploads/2021/01/Vision-STEM-para-Mexico.pdf>>, Consultado el 11 de enero de 2023.
- [4] National Science Teaching Association, *STEM Education Teaching and Learning*. <<https://www.nsta.org/nstas-official-positions/stem-education-teaching-and-learning>>, Consultado el 20 de enero de 2023. (2017).
- [5] Weebly, *Improve your studies*, <<https://improveyourstudies.weebly.com/stem-methodology.html>>, Consultado el 10 de enero de 2023. (2022).
- [6] infancy, *Educación, STEM, Método STEM, ¿Qué es y qué beneficios tiene para los niños*, <<https://infancy.es/metodo-stem-beneficios>>, Consultado el 20 de enero de 2023. (2022).
- [7] Create & Learn, *STEM Meaning and Definition: What is STEM?* <<https://www.create-learn.us/blog/stem-meaning-and-definition/>>, Consultado el 10 de enero de 2023. (2021).

- [8] Godoy, C. H., *A Review of Augmented Reality Apps for an AR-Based STEM Education Framework*. Southeast Asian Journal of STEM Education **3**, 1 (2022, January).
- [9] Liu, E., Li, Y., Cai, S., & Li, X., *The effect of augmented reality in solid geometry class of students' learning performance and attitudes*: Proceedings of the 15th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (Vol. 47, Issue October 2018). DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-95678-7>, (Springer International Publishing, USA, 2019).
- [10] Hilliges, O., Kim, D., Izadi, S. & Weiss, M. H., *Grasping virtual objects in augmented reality. 1(12). US patente: US9552673B2 -Grasping virtual objects in augmented reality - Google Patents*. (2018).
- [11] Jung, T. & Tom Dieck, C. M., *Augmented reality and virtual reality: Empowering human, place and business*. In (Springer International: Vol XI, Issue 5, USA, 2017). <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=9084262&login.asp&site=ehost-live>, (2018).
- [12] Bano, M., Zowghi, D., Kearney, M., Schuck, S., & Aubusson, P., *Mobile learning for science and mathematics school education: A systematic review of empirical evidence*. *Computers and Education*, 121 (2017, February), 30/58. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.02.006>, (2018).
- [13] X. Zhang, M. Hong, S. Dhople, W. Yin, & Y. Liu, *FedPD: A Federated Learning Framework with Optimal Rates and Adaptivity to non-IID Data*, [arXiv:2005.11418v3](https://arxiv.org/abs/2005.11418v3), DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2005.11418>, (2020, July 9).
- [14] B. MacMahan, E. Moore, D. Ramage, S. Hampso, & B. A. y Arcas, *Communication-efficient learning of deep networks form decentralized data*. In *Artificial Intelligence and Statistic*. PMLR, 2017, 1273-1282 (2017).
- [15] Khanduri, P., Sharma, P., Yang, H., Hong, M., Liu, J., Rajawat, K., & Varshney, P. K., *STEM: A Stochastic Two-Sided Momentum Algorithm Achieving Near-Optimal Sample and Communication Complexities for Federal Learning*. arXiv:2106.10435v1 <<https://arxiv.org/pdf/2106.10435.pdf>>, Consultado el 11 de enero de 2023. (2021).
- [16] Huber, F., Jager, B., Pllana, S., Hrdlicka, Z., Mettouris, C., Papadopoulos, G. A., Matevc, T., Ocsovszky, Z., Hajdu, E., Gary, C., Smith, P., *Pushing STEM-education through a social-media-based contest format - experiences and lessons-learned from the H2020-project SciChallenge*. SciChallenge (inspire, contribute, share) INTED 2017, 1-10. <<https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1702/1702.02874.pdf>>, Consultado el 14 de enero de 2023, (2017).
- [17] He, L., Murphy, L., & Luo, J., *Using social media to Promote STEM Education: Matching College Students with Role Models*. arXiv:1607.00405v1 [cs.CY], <https://arxiv.org/pdf/1607.00405.pdf> <<https://doi.org/10.48550/arXiv.1607.00405>>, (2016, Jul 1).
- [18] Rodrigues Vasconcelos, M. A., dos Santos, R. P., *Enhancing STEM learning with ChatGPT and Bing Chat as Objects to Think With: A case Study*. arXiv:2305.02202v1 <https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.02202> DOI: <https://doi.org/10.29333/ejmste/13313>, (2023).

- [19] Reinholz, D. L., Corbo, J. C., Dancy, M. H., Finkelstein, N., Deetz, S., *Towards a Model of Systemic Change in University STEM Education*. arXiv:1412.3037 DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1412.3037>, (2015).
- [20] STEM education Colombia, *¿Qué es la educación STEM?*, <<https://www.stemeducol.com/que-es-stem>>, Consultado el 09 de enero de 2023, (2022).
- [21] International Technology and Engineering Educators Association (ITEEA), *Standards for Technological and Engineering Literacy: Defining the Role of Technology and*

- Engineering in STEM Education*, (NSF, USA, 2020). <https://assets-002.noviams.com/novi-file-uploads/iteea/standards/18193-00018_iteea_stel_2020_final_security.pdf>, Consultado el 10 de enero de 2023.
- [22] Sneider, C., en STEM Education Colombia, prólogo y presentación en línea para el libro: *Educación STEM: Introducción a una nueva forma de enseñar y aprender*, (STEM Education Colombia, Colombia, 2018), <<https://www.stemeducol.com/que-es-stem>>, Consultado el 09 de enero de 2023.