



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA  
EDUCACIÓN, INVESTIGACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
SANTA ANA DE COHO - ESTADO FALCÓN  
**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA  
TERRITORIAL DE FALCÓN**  
ALONSO GÁMERO



 **compensar** | unipanamericana  
fundación universitaria

# EDUCACIÓN STEM/STEAM:

Apuestas hacia la formación, impacto  
y proyección de seres críticos



Compilador  
Norman Moreno Cáceres

# EDUCACIÓN STEM/STEAM:

Apuestas hacia la formación, impacto  
y proyección de seres críticos

Las propuestas, ideas, resultados, análisis y conclusiones presentadas en este libro apuntan a registrar trayectos innovadores que contribuyan a las necesidades de transformación y desarrollo de la sociedad actual, desde una mirada compleja del fenómeno de la educación STEM/STEAM, conscientes de la necesidad de contribuir con la transformación educativa de la sociedad en lo que se refiere a herramientas, estrategias, diseños educativos y políticas educativas, que sean el resultado de reflexiones y construcciones elaboradas a partir de trabajos de investigación, se ha trazado esta estrategia de divulgación y difusión del conocimiento en educación científica contemporánea mediante la publicación de los productos de investigación generados entorno a temáticas de educación STEM/STEAM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics + Arts).



**Norman Moreno  
Cáceres**

PhD en Educación. Universidad de la Salle (CR), Magister en Docencia. Universidad de la Salle, Especialista en Matemáticas

Aplicadas. Universidad Sergio Arboleda, Licenciado en Física. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Se desempeña como profesor-investigador del Departamento de Ciencias Básicas de la Fundación Universitaria Panamericana (Unipanamericana). Ha sido profesor de Física y Matemáticas por 19 años en diferentes niveles educativos.





# Educación STEM/STEAM:

Apuestas hacia la formación, impacto  
y proyección de seres críticos

COMPILADOR:

Norman Moreno Cáceres

LIBRO RESULTADO DE INVESTIGACIÓN

Este libro es resultado de investigación, todos los capítulos incluidos en él son productos de investigaciones desarrolladas por sus autores. Fueron arbitrados bajo el sistema doble ciego por expertos externos en el área, bajo la supervisión de los grupos de investigación de: la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero (UPTAG), Falcón, Venezuela, la Alianza de Investigadores Internacionales (ALININ). Corresponde al GIIS Grupo de Investigación de Ingenierías. De la Fundación Universitaria Panamericana Unipanamericana, Bogotá, Colombia. Entidad financiadora Unipanamericana. Los planteamientos y argumentaciones presentadas en los capítulos del libro: Educación STEM/STEAM: apuestas hacia la formación, impacto y proyección de seres críticos, son responsabilidad única y exclusiva de sus autores, por lo tanto, el compilador, las Universidades e instituciones que respaldan la obra actúan como un tercero de buena fe.

Edición: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero. Santa Ana de Coro, Falcón, Venezuela.

Coeditor: Alianza de Investigadores Internacionales S.A.S. ALININ. Itagüí, Antioquia, Colombia.

Ente Financiador: Fundación Universitaria Panamericana Unipanamericana. Bogotá, Colombia.

© 2019. La Educación STEM/STEAM. Apuestas hacia la formación, impacto y proyección de seres críticos.

Compilador

Norman Moreno Cáceres

Autores

© María Cristina Kanobel; © Andrea Silvia Arce; © Ledesma Paula; © Villaverde Marcela; © Norman Moreno Cáceres; © Nelly Bautista Sapuyes; © Angela Patricia Cifuentes; © Lina Marcela Gómez Quintero; © Sandra Barragán; © Favio Cala; © Alexander Agudelo Cárdenas; © Oscar Valero Carvajal; © Marcelo Caplan.

Única Edición

Versión digital

Depósito legal: FA2019000063

ISBN: 978-980-7857-21-5

Versión impresa

Depósito legal: FA2019000061

ISBN: 978-980-7857-23-9

Coordinadora Editorial: Lic. Gabriela Castillo.

Portada: Conexión entre el pasado y la modernidad a través de la tecnología, utilizando la referencia del renacimiento europeo. Diseñado por Ivan Moreno Cáceres.

Diagramación e impresión: Editorial Artes y Letras S.A.S.

Revisión de estilo, gramática, ortografía y redacción: Lcda. Ana Pirela.

Correo electrónico: anarelyspirela@gmail.com.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional

## Catalogación de la fuente

370 E24

Educación STEM/STEAM: Apuestas hacia la formación, impacto y proyección de seres críticos. Única Edición / Norman Moreno Cáceres, compilador – Santa Ana de Coro (Venezuela): Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero (UPTAG), 2019. (Colección Unión Global). -- 148 páginas.

Versión digital, ISBN: 978-980-7857-21-5; Versión impresa, ISBN: 978-980-7857-23-9

EDUCACIÓN; STEM/STEAM; COOPERACIÓN INTERNACIONAL; EPISTEMOLOGÍA; ONTOLOGÍA; TRANSDISCIPLINARIEDAD; COMPETENCIAS; MOTIVACIÓN; AUTORREGULACIÓN; COMUNIDAD; APRENDIZAJE; INNOVACIÓN EDUCATIVA; GIIS Grupo de Investigación de Ingenierías de la Fundación Universitaria Panamericana Unipanamericana, Bogotá - Colombia, apoyado por los grupos de investigación Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero (UPTAG), Falcón, Venezuela, y Alianza de Investigadores Internacionales (ALININ), Medellín, Colombia.

Disponible en:

<https://investigacionuptag.wordpress.com/>

[www.alinin.org](http://www.alinin.org)



**UNIPANAMERICANA**

Marco Aurelio Llinás Volpe  
Rector

José David Marín Enríquez  
Director Académico

Elisabeth Ayala Escobar.  
Área de Ciencias Básicas.

Gareth Barrera Sanabria  
Directora de Investigación y Transferencia

## **Autores y países participantes**

---

### **Argentina**

**María Cristina Kanobel**

Universidad Tecnológica Nacional de la República Argentina

**Andrea Silvia Arce**

Universidad Tecnológica Nacional de la República Argentina

**Ledesma Paula**

Instituto Nacional Superior del Profesorado Técnico (UTN INSPT)

**Villaverde Marcela**

Instituto Nacional Superior del Profesorado Técnico (UTN INSPT)

---

### **Colombia**

**Norman Moreno Cáceres**

Fundación Universitaria Panamericana Unipanamericana

**Nelly Bautista Sapuyes**

Fundación Universitaria Panamericana Unipanamericana

**Angela Patricia Cifuentes G**

Universidad de Cundinamarca

**Lina Marcela Gómez Quintero**

Colegio Colombo Hebreo

**Sandra Barragán**

Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano

**Favio Cala**

Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano

**Alexander Agudelo Cárdenas**

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

**Oscar Valero Carvajal**

Fundación Universitaria Panamericana Unipanamericana

---

### **Estados Unidos**

**Marcelo Caplan**

Columbia College Chicago.

# Índice

<b>Presentación</b> .....	10
<b>Capítulo I</b>	
<b>La educación stem/steam como alternativa para las reformas educativas: una aproximación a su estado del arte desde la perspectiva filosófica</b> Norman Moreno Cáceres / Nelly Bautista Sapuyes.....	13
<b>Capítulo II</b>	
<b>Experiencias de educación stem en el ámbito formal y rural</b> Angela Patricia Cifuentes G / Marcelo Caplan.....	27
<b>Capítulo III</b>	
<b>Aula invertida en cursos de carreras stem: motivación y desempeño académico de los estudiantes</b> María Cristina Kanobel / Andrea Silvia Arce .....	40
<b>Capítulo IV</b>	
<b>Educación stem/steam como pretexto para la innovación en comunidades de aprendizaje</b> Lina Marcela Gómez Quintero .....	56
<b>Capítulo V</b>	
<b>Educación stem integrada como estrategia para la permanencia estudiantil en la educación superior</b> Sandra Barragán / Favio Cala .....	85
<b>Capítulo VI</b>	
<b>Análisis de prácticas alternativas de aprendizaje mediadas por el modelamiento matemático en un ambiente de educación stem</b> Norman Moreno Cáceres / Alexander Agudelo Cárdenas / Oscar Valero Carvajal.....	111
<b>Capítulo VII</b>	
<b>Dispositivos móviles como herramientas pedagógicas del siglo XXI</b> Ledesma Paula / Villaverde Marcela .....	127

## PRESENTACIÓN

Asistimos a un momento coyunturalmente histórico de la humanidad en el que somos conscientes de que las transformaciones educativas pasan por entender que las necesidades de la sociedad y la cultura requieren solucionar problemas urgentes generados en un pasado de aparentes abundancias. Surge ahora, la necesidad de formación para la actualidad, el desarrollo socialmente conscientemente, sustentable y global. Es en este sentido que las propuestas, ideas, resultados, análisis y conclusiones presentadas en este libro apuntan a registrar trayectos innovadores que contribuyan a las necesidades de transformación y desarrollo de la sociedad actual, desde una mirada compleja del fenómeno de la educación STEM/STEAM.

Por estas razones, la Dirección de Investigaciones en conjunto con el Departamento de Ciencias Básicas y el Grupo GIIS de la fundación Universitaria Panamericana (Compensar – Unipanamericana), conscientes de la necesidad de contribuir con la transformación educativa de la sociedad en lo que se refiere a herramientas, estrategias, diseños educativos y políticas educativas, que sean el resultado de reflexiones y construcciones elaboradas a partir de trabajos de investigación, ha trazado esta estrategia de divulgación y difusión del conocimiento en educación científica contemporánea mediante la publicación de los productos de investigación generados entorno a temáticas de educación STEM/STEAM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics + Arts).

En este proceso, nos dimos a la tarea de convocar investigadores con experiencias, en diferentes lugares del mundo, en aspectos que se consideran relevantes con relación a las propuestas de educación STEM/STEAM, en la articulación global de la transformación educativa desde diferentes frentes de innovación. Para esto se proponen los siguientes ejes temáticos que representan los frentes mencionados:

- I) Formación en STEM/STEAM.
  - a) Aproximación al campo de conocimiento de STEM/STEAM – La integración de áreas para la generación de soluciones contemporáneas -
  - b) Nivel escolar: Experiencias de Educación STEM/STEAM en el ámbito Formal.
  - c) Educación Superior.
- II) El impacto de las tecnologías móviles en el desarrollo de la integración de las áreas STEM/STEAM
- III) El impacto de la educación en STEM/STEAM en el desarrollo de tópicos específicos.
- IV) Proyectos locales, provinciales o Nacionales para mejorar la calidad de educación en STEM/STEAM.

Los aportes de los diferentes investigadores que contribuyeron a esta obra se sintetizan a continuación:

**Capítulo 1. La Educación STEM/STEAM como Alternativa para las Reformas Educativas: Una aproximación a su estado del arte desde la perspectiva Filosófica.** Centra su aporte en el eje temático de formación STEM/STEAM como aporte de nuevo

conocimiento desde aproximación al campo de conocimiento de educación STEM/STEAM desde una mirada de aproximación a un estado del arte de la educación STEM/STEAM utilizando un método filosófico que ayuda a describir las tendencias en materia de producción investigativa a través de criterios Axiológicos, Epistemológicos y Ontológicos.

**Capítulo 2. Experiencias de educación STEM en el ámbito formal y rural.** De acuerdo con Los ejes temáticos de Formación en STEM/STEAM como una experiencia exitosa en el ámbito formal y rural; y proyectos locales para mejora la calidad de la Educación STEM/STEAM. Este documento establece una clara reflexión sobre los elementos de una práctica innovadora y creativa medida en un experimento STEM/STEAM, de colaboración internacional entre la Institución Educativa Rural Departamental Adolfo León Gómez y el Columbia College de Chicago la propuesta permite evidenciar la riqueza de contrastar la intención de formación científica en estudiantes de zonas rurales con la medicación tecnológica con el propósito de elevar la calidad educativa.

**Capítulo 3. Aula invertida en cursos de carreras STEM: motivación y desempeño académico de los estudiantes** Este trabajo forma parte de las intervenciones desarrolladas en el marco del proyecto de investigación educativa propuesto por el Departamento de Innovación Tecnológica de la Universidad Tecnológica Nacional de la República Argentina Facultad Regional Avellaneda sobre “Gestión y transferencia del conocimiento en las ciencias básicas mediadas por tecnologías en carreras STEM”. En general como parte del presente libro su contribución se refiere al eje temático de Formación STEM/STEAM en la educación superior y su principal aporte a la transformación educativa puede estar en incluir la variables motivacional en el proceso de educación STEM/STEAM.

**Capítulo 4. Educación STEM/STEAM como pretexto para la innovación en comunidades de aprendizaje – ¿Cómo puede promoverse una cultura de innovación en una comunidad de aprendizaje?** Como propuesta para determinar la influencia del eje temático del impacto en la educación STEM/STEAM en el desarrollo de tópicos específicos. Se presentan las categorías de análisis que son consideradas de relevancia para el reconocimiento de la Educación STEM/STEAM como una alternativa significativa en la conformación de comunidades de aprendizaje fundamentadas en la innovación de carácter local con impacto global.

**Capítulo 5. La Educación STEM Integrada como Estrategia para la Permanencia Estudiantil en la Educación Superior.** El resultado de esta investigación se propone dentro del eje de proyectos locales para mejorar la calidad de la educación, dado que involucran análisis y propuestas sobre la deserción estudiantil como problemática generalizada, permitiendo analizar perspectivas y alcances de la educación STEM mediadas desde el modelación matemática, incluyendo descriptores de logro académico para evidenciar la importancia de alinear objetivos de formación, actividades de clase y la evaluación.

**Capítulo 6. Análisis de Prácticas Alternativas de Aprendizaje Mediadas por el Modelamiento Matemático en un Ambiente de Educación STEM.** Este título se ubica dentro del eje temático de formación en STEMSTEAM, en educación superior. Se presentan resultados de una investigación sobre prácticas de aprendizaje fundamentado sobre tres categorías de análisis: Umbral pedagógico, Mediación y Saber de interés. Entre los resultados se encontró que cuando los estudiantes son, verdaderamente, el centro

del acto educativo es capaz de integrar transdisciplinariamente saberes prácticos, relativos al pensamiento científico contemporáneo, y habilidades útiles para el desarrollo de profesionales en lo que se denominó como práctica alternativa de aprendizaje.

**Capítulo 7. Dispositivos móviles como herramientas pedagógicas del siglo XXI** este documento representa el eje temático sobre el impacto de las tecnologías móviles en el desarrollo de la integración de las áreas STEM/STEAM. Se parte de la problemática, evidente por estos días, de la transición de los estudiantes como receptores pasivos a pensadores críticos capaces de resolver problemas en donde el profesor se convierte en el guía del desarrollo de habilidades del siglo XXI, donde las tecnologías móviles se convierten en herramientas pedagógicas de gran potencial. Como aporte general se documentó el impacto positivo de las tecnologías móviles como aliados en la educación STEM/STEAM.

Norman Moreno-Cáceres (Compilador)  
Profesor Investigador Unipanamericana – Compensar  
2019

## CAPITULO I

# LA EDUCACIÓN STEM/STEAM COMO ALTERNATIVA PARA LAS REFORMAS EDUCATIVAS: UNA APROXIMACIÓN A SU ESTADO DEL ARTE DESDE LA PERSPECTIVA FILOSÓFICA

### **Norman Moreno Cáceres**

Profesor-Investigador del Departamento de Ciencias Básicas de Unipanamericana. Correo electrónico: ndmorenoc@unipanamericana.edu.co. ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1582-4785>.

### **Nelly Bautista Sapuyes**

Profesora-Investigadora del Departamento de Ciencias Básicas de Unipanamericana. Correo electrónico: nybautistas@unipanamericana.edu.co. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4358-0856>.

### **Resumen**

La presente revisión tiene como propósito identificar las características filosóficas que tienen los documentos realizados sobre la educación STEM/STEAM, esto con el fin de ampliar su comprensión en el contexto de las reformas educativas que tienen lugar desde los gobiernos para formular políticas de educación hasta los replanteamientos que puede hacer un docente sobre sus prácticas de aula. La metodología fue abordada mediante el método de análisis documental, se realizó un análisis fundamentado en la propuesta de los investigadores Chesky y Wolfmeyer quienes proponen un análisis filosófico a partir de las categorías de Axiología, Epistemología y Ontología de la educación STEM/STEAM. El material recopilado fue clasificado a partir del énfasis que se pudiera hacer desde las distintas categorías, también se reconocieron finalidades y contextos de la educación STEM/STEAM, a partir de lo cual, se identificaron algunas tendencias que permitieron llegar a resultados que se considera son de gran utilidad para aquellos que desean emprender transformaciones educativas desde la perspectiva de la educación STEM/STEAM. El análisis documental permitió identificar que existen publicaciones en el marco de las categorías: Axiología, Epistemología y Ontología, siendo esta última la menos referenciada en los documentos recopilados. Teniendo en cuenta lo anterior se evidencia una tendencia transformadora hacia la globalización de ciudadanos con habilidades, destrezas y competencias que permitan afrontar las problemáticas actuales y no centradas en la construcción de idealizaciones, esto evidencia distintas concepciones de la educación STEM/STEAM. Finalmente, entre las conclusiones se resalta que la educación STEM/STEAM no se trata de definiciones y procedimientos, sino que abre perspectivas de transformación en dinámicas que emergen de la transdisciplinariedad.

**Palabras clave:** Axiología, Educación STEM/STEAM, Epistemología, Ontología, Transdisciplinariedad.

## **STEM / STEAM EDUCATION AS AN ALTERNATIVE TO EDUCATIONAL REFORMS: AN APPROACH TO YOUR STATE OF ART FROM THE PHILOSOPHICAL PERSPECTIVE**

### **Abstract**

The purpose of this review is to identify the philosophical characteristics of the documents made on STEM / STEAM education, in order to broaden their understanding in the context of educational reforms that take place from governments to formulate education policies to the replacements that a teacher can make about their classroom practices. The methodology was approached through the documentary analysis method, an analysis based on the proposal of the researchers Chesky and Wolfmeyer who proposed a philosophical analysis from the categories of Axiology, Epistemology and Ontology of STEM / STEAM education. The compiled material was classified based on the outstanding that it could do from the different categories, it was also recognized the purposes and contexts of STEM / STEAM education, from which, some trends were identified that allowed reaching results that are considered to be of very useful for those who want to undertake educational transformations from the perspective of STEM / STEAM education. The documentary analysis identifying the stocks published within the categories: Axiology, Epistemology and Ontology, the latter being the least referenced in the collected documents. Taking into account the above, a transforming trend towards the globalization of citizens with skills, abilities and competences that face current problems and not focused on the construction of idealizations is evident; this shows different conceptions of STEM / STEAM education. Finally, among the conclusions it is highlighted that STEM / STEAM education is not about criticism and procedures, but rather opens perspectives for transformation in dynamics that emerge from transdisciplinarity.

**Keywords:** Axiology, STEM/STEAM Education, Epistemology, Ontology. Transdisciplinarity.

### **Introducción**

En el marco del proyecto de investigación en educación STEM (acrónimo en inglés de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) denominado: “Construcción de Experiencias Teórico- experimentales para el aprendizaje de las ciencias a partir del modelado de sistemas mecánicos con Arduino.” Apoyado por la Fundación Universitaria Panamericana (Unipanamericana, Bogotá, Colombia) se trabajó teniendo como propósito la consolidación de prácticas alternativas de aprendizaje, en ese trayecto la educación STEM/STEAM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas/ciencia, tecnología, arte y matemáticas) se ha convertido en un dinamizador en los pensamientos y procesos de transformación educativa.

Durante el último siglo se han intensificado las búsquedas que permitan a los seres humanos lograr mejores aprendizajes, es decir, que sean más significativos, innovadores, creativos y críticos, que no estén centrados, por ejemplo, en la memorización. Esa

intención se ha visto delimitada por tendencias de teorías pedagógicas que se asumen como modelos del ser humano ideal, al mejor estilo de Emilio de Rousseau. Llegando a la zona de desarrollo próximo de Vygotsky, al aprendizaje significativo de Ausubel inclusive a la biología del amor de Maturana (Rosas y Balmaceda, 2008) y el bioaprendizaje de Gutiérrez (1973). Pasando por el conductismo, por el constructivismo y el cognitivismo, que se retoman y vuelven a retomar con variaciones en sus nombres (Rosas y Balmaceda, 2008). Sin embargo, entre los problemas que se plantean hoy y siempre, está: ¿Cómo lograr mejores aprendizajes?, etc. Es decir, por un lado, estaría suficientemente fundamentada la teoría pedagógica y educativa, por otro lado, las experiencias prácticas sistemáticamente documentadas y científicamente analizadas, que en conjunto Teoría-Práctica, presentan variedades que se pueden contemplar históricamente, por ejemplo, a través de la resolución de problemas, aprendizaje activo, aprendizaje basado en proyectos, gamificación, por mencionar algunas estrategias consolidadas en distintos ámbitos por estos días.

Este auge de modalidades de prácticas de aprendizaje crea en algunos participantes del acto educativo espejismos sobre “las recetas” para lograr el mejor método para aprender (Prieto, 2015). Desde esta perspectiva se considera que un gran aporte a las investigaciones que se hacen en el mejoramiento de prácticas de aprendizaje y en general de la educación, tiene que ver con la filosofía de la educación. (Chesky & Wolfmayer, 2015).

Al mismo tiempo, algo perfectamente establecido por estos días, es la necesidad de transformar las formas, métodos y saberes necesarios para resolver problemas, afrontar situaciones, predecir comportamientos, por mencionar algunas necesidades en nuestras sociedades. Tal es el caso que referencia (Storksdieck, 2016), quien describe sobre cómo los modelos de negocio de las instituciones educativas se están volviendo insostenibles, en muchos casos los aportes estatales y de empresas privadas no son suficientes. Adicionalmente, propone: “Si las instituciones educativas no abordan las preocupaciones sobre la calidad de la educación (STEM) y adoptan soluciones potenciales de manera activa, prudente, urgente y basadas en evidencia, las soluciones con el potencial de resultados cuestionables pueden imponerse externamente” (Storksdieck, 2016, p. 16). En este sentido, esta investigación se permitió pensar en que las reformas necesarias no pueden ser adoptadas de manera lineal dada la complejidad de los problemas y las dinámicas en las que se configuran sistemas que identifican las características de un acto educativo. Esta tarea de reforma educativa, que es de una altísima complejidad, es decir, no es suficiente pensar en “maquinas Newtonianas” de comportamientos de causa-efecto, lineal y estático, ni siquiera multivariado, es por eso que se hace necesario pensar en sistemas dinámicos no lineales que impliquen una transdisciplinariedad en el pensar, en el actuar, pero sobre todo en el vivir de los seres humanos. (Maldonado, 2015).

En este trasegar de las teorías, problemáticas, intereses, valores y demás necesidades de la humanidad, nos encontramos con la educación STEM/STEAM, por ahora el gran ejemplo de una educación pensada desde disciplinas científicas porque apuntalan a la resolución de problemas con un carácter transdisciplinar. ¿Y por qué insistir en lo transdisciplinar más que en lo multidisciplinar y lo interdisciplinar? Esto tendrá que ser una consecuencia de la mirada que se dé a los problemas y las necesidades de reformar políticas y estrategias educativas con miras a la formación de competencias de siglo XXI.

Es en este sentido, que la propuesta de (Chesky y Wolfmayer, 2015) al plantear tres categorías filosóficas: Axiología, Epistemología y Ontología, ofrece la posibilidad de establecer fronteras entre el “entusiasmo” que causa el propósito de reformar las políticas educativas o de reestructurar las actividades en un ambiente de aprendizaje, con la connotación y la denotación científica de pensar en alternativas a la crisis educativa, en el nivel micro o nivel macro.

Por otro lado, la justificación de la investigación desarrollada se plantea desde la importancia de hacer una revisión de publicaciones a nombre de la educación STEM, de tal manera que pueda mostrarse un panorama de intención y realidad en torno a lo que para algunos es la apuesta educativa más relevante de los últimos años. Para esta tarea se siguen los principios de (Guadarrama, 2009), quien propone un estado del arte o revisión de antecedentes para una investigación desde tres niveles de información: primer nivel, teorías o elementos teóricos existentes; segundo nivel, información empírica secundaria o indirecta que provienen de distintas fuentes. En el caso del presente escrito fuentes referenciadas en bases de datos. Un tercer nivel, corresponde a información empírica o directa la cual se obtiene mediante un acercamiento con la realidad.

Adicionalmente, un interés particular de este escrito consiste en consolidar una aproximación a una fuente de primer nivel a partir de la cual se generen otros acercamientos que “nutran” la riqueza de las reformas educativas pensadas desde la educación STEM. Por esta razón, se trabajó un diseño cualitativo de análisis documental con la intención de consolidar dimensiones o subcategorías que se deriven de las representaciones axiológicas, epistemológicas y que en las diferentes publicaciones relacionen los contenidos de las publicaciones consultadas, con las categorías filosóficas antes mencionadas.

## Consideraciones teóricas

### **Necesidad de comprender la correlación del saber filosófico y el saber científico para extender las oportunidades de la educación STEM**

El pensamiento desarrollado en el trasegar histórico de la humanidad propone diferencias que nos presenta coyunturas ideológicas que involucran a diferentes sectores de la sociedad, y por supuesto a la educación. De acuerdo con (Guadarrama, 2009) es con el pensamiento moderno donde se produce un cambio que nos condiciona como sociedad en nuestras formas de pensar y actuar, en algunos sitios con más arraigo que otros. Se superan, afirma Guadarrama, prevalencias filosóficas de carácter metafísico hacia una transformación de privilegio de la actividad científica.

Por otro lado, el investigador (Maldonado, 2015), diferenciando el pensar del pensamiento, afirma que el pensar sucede por dos vías: rupturas y quiebres, y síntesis. Pero nunca sucede por acumulación. Las rupturas y quiebres han estado desde la modernidad en la historia y la filosofía de las ciencias, por otro lado, los momentos de síntesis, los que para (Gell-Mann, 1995), son eventos congelados, se habían tratado como eventualidades hasta el desarrollo de lo que (Maldonado y Gómez, 2011), nombran como ciencias de la complejidad o simplemente complejidad (en inglés: Complexity). De acuerdo con lo

anterior, la intención es ubicar la perspectiva de la educación como escenario renovado, en un campo de acción y reflexión denominado educación STEM.

En todo nuestro devenir histórico-científico como especie humana, (Guadarrama, 2009), recuerda que la ciencia desplegó su atención a los fenómenos más allá de la naturaleza, lo que contribuyó a nuevos campos de desarrollo de la cultura humana. Por otro lado, parece obligado, citar la coyuntura social sucedida desde lo que se denomina primera revolución industrial, para la cual la técnica y su desarrollo primaron sobre la ciencia, hasta los cambios en el siglo XIX, por los avances en la Física y la Química que despertaron gran interés, nuevamente, por la ciencia. Posteriormente, se consolidó lo que se denomina la cuarta revolución industrial con nuevos y avanzados desarrollos tecnológicos. A continuación, en el cuadro 1, se ilustra algunas características que diferencian las distintas revoluciones.

**Tabla 1. Síntesis histórica de las Revoluciones Industriales.**

Época	Orden	Características
1800	Primera Revolución industrial	Mecanización y primeras máquinas de vapor
1900	Segunda Revolución industrial	Electricidad y Producción en serie
2000	Tercera Revolución industrial	Automatización y Tecnologías de la Información y la Comunicación
Actual	Cuarta Revolución industrial	Internet de las cosas, La Nube, Robótica.

**Fuente:** elaboración propia (2019), adaptado de Dominguez, Oliveros, Coronado y Valdez (2019).

De acuerdo con el cuadro anterior, se consideran las preguntas; ¿cuál era el estado de las políticas educativas a nivel global, si existían, en la primera revolución?, ¿o será este, el momento histórico en el que somos conscientes de la cuarta revolución industrial y de las necesidades educativas que ello demanda? Una cuarta revolución industrial que como mencionan (Dominguez, Oliveros, Coronado y Valdez, 2019) sucede en la actualidad y está relacionada con el internet de las cosas, la nube entre otros que sucede a las tres anteriores caracterizadas por las tecnologías de la información, las redes eléctricas y la mecanización, en un periodo comprendido desde 1800 hasta la actualidad.

Por ahora, un hecho a destacar es que la educación “aprendió” de la ciencia y de la industria con tendencias como la formación en competencias. Sin embargo, hay quienes afirman que se dejan de lado algunas dimensiones humanas para primar lo material, como se nota en lo que se bautizaron como habilidades blandas y duras. Por ejemplo (Calvo, 2013) deja entre ver que la urgencia de favorecer un sistema social-económico determinado ha incidido entre el mapa que se define en la escuela y el territorio en el que se desarrolla la vida de cada ser humano.

Es en este punto, la “palabra” STEM constituye un concepto, significativamente, reconocido de integración entre ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. Muchos países, como Estados Unidos, Reino Unido, Australia, Singapur, China, Japón y otros, ponen más énfasis en las políticas de ciencia y tecnología que otros campos de estudio, a diferencia de los países latinoamericanos que limitan esos recursos y se convierten en usuarios del conocimiento.

Regularmente no se cuestiona el importante papel de los campos STEM en la investigación y el desarrollo con respecto a los empleos futuros y la mejora de los puntajes de clasificación global, así como en las reformas educativas. La abundancia de políticas orientadas a STEM, sin embargo, para algunos investigadores oscurece la importancia de otras disciplinas como las humanidades y las ciencias sociales. Al respecto, ha habido un llamado a la colaboración interdisciplinaria basada en STEM y otras disciplinas (Hawkins, Yamada, Yamada y Jacob, 2018). Es posible encontrarse con referencias de tipo STEM+A, STEAM + H, donde se consideran los aportes de las Artes (agregando una A) y de las humanidades (agregando H). De ahí, se deduce una intención común para todas las tendencias, que es abarcar un interés particular en el trabajo interdisciplinar o transdisciplinar.

Sin importar las propuestas educativas muchos países diseñan políticas para aumentar el número de estudiantes universitarios, así como estudiantes graduados en campos STEM y para conectar la investigación universitaria con la industria de manera que se pueda crear una base para los mercados laborales futuros. Este sería un rasgo general de la intención de una reforma educativa que contribuya a desarrollos sustentables. Con relación a lo anterior, los investigadores Hawkins, Yamada, Yamada y Jacob (2018), proponen una perspectiva de posibilidades en torno a las experiencias mundiales sobre educación STEM. Por un lado, el caso japonés que planteó una reestructuración de la educación en humanidades y ciencias sociales y su relación con las áreas STEM, como prioridad en la política educativa nacional.

Por otro lado, mencionan, cómo la evolución y la dinámica compleja de la globalización y la economía basadas en el conocimiento, han impactado el auge de políticas STEM orientadas a recursos humanos en perspectivas comparativas, examinando la necesidad de competencias más globales y no solamente locales. Es decir, se propone una perspectiva para ciudadanos globales y no personas localizadas en una comunidad específica, con problemáticas específicas, dado que se abordan estrategias de resolver, además de identificar.

La tendencia en Educación STEM ha mostrado diferentes posibilidades en diferentes contextos, desde las escuelas iniciales hasta las universidades, abriendo campos de interés y examinado diferentes perspectivas. Teniendo en cuenta la coyuntura histórica de evaluación de las instituciones de educación, la evolución de los enfoques educativos también ha servido para establecer resultados y criterios dinámicos, que de alguna forma muestran los rezagos y adelantos en términos de reformas y transformaciones educativas. (Hawkins, Yamada, Yamada y Jacob, 2018).

Adicionalmente, es posible encontrar enfoques críticos al optimismo relacionado con la educación STEM y tiene que ver con las cuestiones de desigualdad derivadas de políticas, enfoques y prácticas STEM en diferentes niveles: individuales, institucionales y políticos de orden nacional. Adicionalmente, la relación de la educación STEM con las ciencias sociales y humanidades se hace más necesaria, por el ejemplo en los países asiáticos como Korea y Japón. (Hawkins, Yamada, Yamada y Jacob, 2018).

Desde esta perspectiva la educación como actividad cumbre de las actividades de cualquier civilización, y mayor aún, hoy en día con las alertas que comprometen el futuro de la especie humana, por ejemplo, por temas ambientales. No debería tratar de aceptar y retomar los valores clásicos de las sociedades antiguas. La educación debe comprometerse

como medio eficaz para la paz y la armonía entre las personas y los pueblos. Desde la educación STEM esto se gesta reconociendo que la ciencia, históricamente ha sido la fuente de satisfacción a la curiosidad por los fenómenos naturales, y ahora, de las proyecciones sociales, económicas y políticas, proporcionando fundamentos para nuevas ingenierías y tecnologías. (Dori, Mevarech y Baker, 2018), Chesky y Wolfmayer (2015), proponen un método filosófico para estudiar la filosofía de la educación STEM. En el cuadro 2, que se presenta a continuación, es una adaptación de la versión original de los autores con el propósito de hacer claridad y diferenciar los elementos filosóficos concernientes a la educación STEM.

**Tabla 2. Propuesta de la Filosofía de la Educación STEM.**

	<b>Filosofía</b>	<b>Educación</b>
Axiología	La rama de la filosofía que trata con la naturaleza de los valores que están en La Moral, La Estética, La Religión y La Metafísica.	Para la educación, esto se encuentra en los supuestos normativos acerca de los propósitos a los que la educación STEM debería servir en los discursos públicos y los documentos de políticas.
Epistemología	La rama de la filosofía que está interesada en comprender el conocimiento, cómo lo adquirimos y si es falible o válido más allá de la comprensión humana.	Para la educación, esto se encuentra en las teorías pedagógicas sobre la mejor manera de la educación STEM, las creencias cognitivas acerca de los procesos humanos, los conceptos STEM, cuáles son los significados STEM.
Ontología	La rama de la filosofía que está interesada en explorar cuestiones de existencia, ser y realidad. Pregunta cuáles son los componentes subyacentes de la realidad y qué implicaciones tienen estos conceptos en nuestro lugar como seres humanos que viven en un mundo que intentamos comprender.	Para la educación, esto se encuentra en los supuestos subyacentes sobre lo que el contenido de STEM puede decirnos sobre la “realidad” y cómo influye tal comprensión en la forma en que percibimos el mundo que nos rodea.

**Fuente:** Chesky y Wolfmayer (2015).

El marco filosófico para la educación STEM se justifica, según Chesky y Wolfmayer (2015), desde la necesidad de incrementar las investigaciones en el campo de políticas educativas, buscando entender los mensajes explícitos e implícitos incorporados en documentos. Lo presentan con un nivel de meta-análisis dada la complejidad de los problemas y la importancia de las propuestas que algunos aprovechan para inundar de retóricas insulsas que recaen en el desgaste de la creatividad educativa y en impulsos entusiastas pero carentes de contenido útil. Es en este sentido, se considera que realizar un análisis desde el punto de vista de las publicaciones que hoy en día circulan, consiste en un aporte importante para el trabajo colaborativo de los interesados en investigar sobre la educación STEM en sus diferentes posibilidades.

## ¿Qué es educación STEM?

Para este título, se busca hacer énfasis en la complejidad del concepto asociado a la educación STEM, teniendo que en cuenta que es un concepto dinámico, alternativo que permite recoger, vincular y articular, investigaciones, trabajos y tareas de la educación científica que hoy trasciende fronteras, modelos y teorías, buscando desarrollar ciudadanos para el siglo XXI.

Sin embargo, una consolidación de la intención de la educación STEM es considerarla como un esfuerzo por combinar algunas o todas las cuatro disciplinas de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas en una clase, unidad o lección que se basa en las conexiones entre las asignaturas y los problemas del mundo real. (Moore *et al*, 2014). En este orden los impactos en diferentes estadios de la educación como componentes curriculares y estrategias para el aula o los diferentes ambientes de aprendizaje, están ligados a la flexibilidad del trabajo interdisciplinar. Es decir, es una motivación estructural para la innovación educativa.

Para algunos como Wong, Dillon & King (2016), quienes analizan la experiencia en Inglaterra, proponen un ejercicio de revisión con dos elementos que deben ser tenidos en cuenta a la hora de pensar en la educación STEM/STEAM más allá de las posibilidades que estas ofrecen a la innovación educativa. Por un lado, proponen analizar la confusión acerca de la procedencia y el significado de la educación STEM/STEAM. Por otro lado, la percepción dicotómica de quienes están dudando de las ventajas por lo que se aplica el término, pero no se estudia la compatibilidad de los objetivos de una educación más incluyente, participativa, etc. Los autores lo plantean como una problemática en la que se debe investigar para proponer la educación STEM/STEAM como una agenda científica coherente y consciente de la política educativa de un país, una institución o un aula de clase.

Lo que sí es un hecho plausible es que existe una necesidad de que la investigación se centre en la educación STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) para equipar a estudiantes y profesores con las habilidades necesarias para un futuro rápidamente cambiante. (King & English, 2016). Adicionalmente, las políticas educativas deben enriquecerse en otras perspectivas, metas y acciones enfocadas al éxito educativo.

## Metodología

### Diseño para el análisis documental

En esta investigación cualitativa se utilizó un análisis documental que consistió en un procedimiento de búsquedas relacionadas con las palabras clave: educación STEM y educación STEAM. Las bases de datos consultadas fueron Scopus, Wos y Springer. Los criterios de selección utilizados fueron:

1. Los documentos más citados.
2. Documentos publicados en los últimos 5 años. Sin carácter excluyente, es decir si el documento es de los más citados pero no fue publicado en los últimos cinco años se incluía en la lista de pertinencia.

3. Posteriormente, se diseñaron cuadros que incluyeron los resúmenes de cada documento para evaluar su coherencia con el objetivo de la investigación y su precisión con la educación STEM.
4. El resultado de esta selección fueron sesenta documentos.
5. El análisis documental se realizó a partir de instrumentos denominados: “Resumen Analítico Especializado” (RAE) donde se concentraron características de los documentos como: Resumen, Objetivos, resultados y conclusiones.
6. Finalmente, estos fueron los documentos utilizados para la etapa de análisis cualitativo. Donde emergieron dimensiones relacionadas con las categorías filosóficas: Axiológicas, Ontológicas y Epistemológicas. Esta construcción se realizó utilizando palabras indicadoras y palabras recurrentes, asociadas a frases, siendo estas las unidades básicas para el análisis cualitativo (se utilizó el software Atlas Ti).

### **Dimensiones emergentes del análisis documental: ¿cuáles pueden ser las características Filosóficas de la educación STEM?**

De las referencias sobre la educación STEM se construyeron códigos para hacer referencia a las categorías filosóficas, ampliamente mencionadas en palabras anteriores: 1. La efectividad de la educación, lo que se representa en prácticas exitosas, se establece como uno de los propósitos más utilizados para hacer referencia a uno de los intereses más destacados en las publicaciones seleccionadas. 2. Las necesidades de la educación en contextos de competitividad y de modernización de la educación, apuntándole a nuevos retos de sociedad y el dominio de los conceptos y principios, de las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, que se trabajan. 3. También es importante destacar que varias publicaciones utilizan la estrategia de comparación entre lo que se produce con STEM y lo que no. Por otro lado, estudios que muestran lo que sucede antes y después del proceso de implementación de estrategias mediadas en trayectos de educación STEM.

Adicionalmente, se requiere encontrar enfoques exitosos que conecten las cuatro disciplinas (STEM) en formas que mejoren los resultados de los estudiantes (Díaz y King, 2007); Honey *et al.*, 2014). Una propuesta para lograrlo es a través de experiencias de ingeniería alojadas en contextos del mundo “real” que contextualizan los conceptos de matemática, ciencia y tecnología. (King & English, 2016), de acuerdo con esta experiencia, los estudiantes, los nuevos ciudadanos deben resolver los nuevos problemas.

Por otro lado, atendiendo el rol del docente, un estudio que hacen Smith, Vinson, Smith, Lewin y Stetzer, (2014) concluye que esencialmente no es posible clasificar a los profesores entre los que hacen educación tradicional y lo que hacen educación altamente interactiva, para ellos el análisis debe incluir una serie de características continuas que los llevan de un extremo a otro, sin calificar la pertinencia de uno u otro, se exhibe un continuo de características que buscan potenciar planes de desarrollo profesional para los profesores. Es decir, las reflexiones para del acto educativo desde una perspectiva STEM/STEAM, no son una garantía de éxito, pero si posibilitan la reflexión desde los diferentes referentes de problematización que buscan mejorar aprendizajes.

En síntesis, se construyeron documentos estructurados bajo la denominación de Resumen Analítico Estructurado (RAE), de los cuales se realizó un análisis cualitativo con el software Atlas TI. Permitiendo la asociación de categorías filosóficas y las dimensiones construidas desde la lectura y análisis de los textos. Lo cual se resume en la tabla 3.

**Tabla 3. Dimensiones emergentes de las relaciones del análisis documental.**

Dimensiones		Características
Axiología	Necesidades Competencias / Habilidades	Se determina esta relación dado que el componente axiológico se relaciona con políticas y transformaciones en los diferentes niveles y las necesidades de la educación están presentes en cualquier intención de reforma. Por otro lado, las competencias/habilidades han adquirido importante reconocimiento en las tendencias de pensar y preparar ciudadanos y ciudadanas para la sustentabilidad en el siglo XXI.
Epistemología	Efectividad Comparación	Se determina esta relación pensando en que los intereses de hacer más eficiente el acto educativo en términos de pertinencia y coherencia de los aprendizajes significativos. Se revitalizan las teorías pedagógicas y sus posibilidades de pensarse en el mundo desde entornos individuales a conciencias colectivas.
Ontología	Conceptos y Principios	¿Qué se debe estudiar?, ¿qué conceptos?, ¿qué tanto se debe profundizar profundos? Estas preguntas se interpretaron como la invitación a repensar y revisar lo que esconden las estructuras teóricas a la luz de miradas educativas contemporáneas.

**Fuente:** elaboración propia (2019).

### **Características Filosóficas: resultados del Análisis Documental**

Los resultados del análisis documental se presentan a continuación como análisis de las referencias consultadas en el marco de las categorías Filosóficas: Axiología, Epistemología y Ontología; y las dimensiones emergentes de la tabla 3.

#### **Axiología: necesidades, competencias/habilidades de la educación**

Se refiere a las necesidades educativas que durante el presente siglo y finales del siglo anterior no han sufrido grandes transformaciones. La diferencia radica esencialmente, en la gama difusa de los extremos entre “los que creen” y “los que no creen” que sean necesarias las transformaciones o “los que creen” que es suficiente con implementar prácticas del pasado en las que los comportamientos de los seres humanos eran más éticos y respetuosos, en apariencia, pero a lo mejor otros dirán que solamente eran menos sinceros, menos libres, etc. La tendencia que muestran las investigaciones es que el componente axiológico en la educación STEM/STEAM es cada vez más prioritario.

En términos de STEM/STEAM, los autores y autoras consultados plantean que las prácticas educativas, que el acto educativo, evidencian prácticas y necesidades sociales, locales y globales para que un ciudadano de Colombia, por ejemplo, entienda y aporte al contexto global, desde sus perspectivas sociales y culturales, pero con un desarrollo de competencias y habilidades científicas y tecnológicas. Es decir, en el desarrollo específico de los conocimientos, conceptos, métodos y prácticas, de la ciencia, la tecnología las matemáticas y la ingeniería como ejemplo histórico, de construcción y pensamiento crítico, para renovarse y aplicarse a los problemas del mundo contemporáneo.

Lo sugestivo es que hay un dinamismo y un entusiasmo en impactar los diversos contextos en aras de fortalecer aprendizajes para examinar y evidenciar problemas, pero también, dilucidar estados del conocimiento de prácticas educativas prometedoras, aclarando, que no se construyen ni divulgan con la intención de producir “recetas” o “algoritmos de confianza” para trabajar en el aula o para incluir en un documento de política educativa. Más bien, se convierte en un consolidado de conocimientos y experiencias que se alimentan de la historia y la práctica; y que activan la posibilidad de pensar en diversos propósitos y objetivos que generen procesos emergentes desde los ciudadanos para que la búsqueda de soluciones e ilusiones no sea exclusiva de “potencias”.

### **Epistemología: éxito y comparación**

El éxito o la efectividad del acto educativo ha retomado la intención de que los estudiantes sean el centro de interés en los procesos, claramente esto no es una innovación ni siquiera una novedad. Sin embargo, se presentan propuestas a la luz de las necesidades y aspiraciones del mundo contemporáneo, lo cual es abiertamente una profunda diferencia. Aclarando, se busca resolver problemas del mundo actual y no construir el mundo ideal, incluyendo detalles como la necesidad de superar presentaciones magistrales y exámenes de respuesta restringida y única.

La comparación de experiencias aporta a la necesidad de ampliar espacios de interés en las reflexiones y construcciones sobre las investigaciones que existen y la que se puede generar. Adicionalmente, la búsqueda de formular nuevos problemas de investigación lejos de las restricciones metódicas y predictivas y más a la generación de datos significativos y ampliar para la posibilidad de implementar técnicas de análisis con grandes volúmenes de información recopilada sistemáticamente y que gracias a los avances de las ciencias computacionales ya no son más estudios de muestras estadísticas reducidas que recibían más críticas que utilidades.

### **Ontología: conceptos y principios**

A diferencia de lo que algunos opinan, los conocimientos no están entrando en desuso, sino que, por el contrario, están adquiriendo un uso más técnico y científico, dicho de otra forma, deben ser más profundos y duraderos. La diferencia está, en que no se repiten como producto único de la memorización, ni se resuelven pseudo-problemas. Sino que, por el contrario, se aplican en contextos de interés con fines de estructuración de formas de pensar analítica, crítica y complejamente. Es aquí, donde se incluye el pensamiento computacional como necesidad de pensamiento contemporáneo para superar la crisis y afrontar la transformación de los paradigmas mecanicistas de una vez por todas.

La ciencia como ejemplo, como espejo de transformación, crítica y diversa, cuya naturaleza evidencia que emergen estructuras, paradigmas que actualmente la humanidad pretende hacer conciencia de la necesidad de superar como un conjunto interdisciplinar de saberes que nos ponen en un accidente congelado privilegiado por la conciencia de los hechos. Pero, también está la urgencia de superar problemas que antes no se contemplaban como extremos, calentamiento y sobre población por mencionar algunos.

## Conclusiones

La educación STEM, se presenta, hoy en día como una alternativa eficiente para las búsquedas incansables de la educación en las últimas décadas, para nadie es un secreto que se ha buscado un referente para resolver problemas de manera interdisciplinar, porque los problemas de la sociedad evolucionaron, o dicho de otra forma se complejizaron en el mejor sentido, científico, de la complejidad. Aquí se destaca que las experiencias referidas a la educación STEM/STEAM son un gran ejemplo de la posibilidad de formar ciudadanos desde enfoques transdisciplinares y emergentes para la crisis educativa global.

Ahora bien, buenos ejemplos se han tenido siempre, pero la desconexión entre las políticas educativas, metodologías de aula y las investigaciones en temas de educación han sido recurrentes y se relegaron a temas de especialistas e investigadores que trabajaron en áreas temáticas que resultan siendo jerarquizadas en niveles de importancia: Las políticas educativas tienen más importancia que las experiencias de aula, incluso con objetivos diferentes. Sin embargo, actualmente, la educación STEM/STEAM aparece como una de las alternativas que permite integrar y complejizar los niveles de la educación con una gran perspectiva de transformación y en ese sentido se apuntalan las publicaciones permitiendo proyectar un gran aumento de comunidades académicas, regionales y globales que trabajen por las transformaciones educativas. Entonces, si lo que se quiere es trabajar en gamificación, es posible; si lo que se quiere es trabajar en resolución de problemas es posible o inclusión, etc. Es posible desde la educación STEM/STEAM, como un componente epistemológico en el marco de las categorías utilizadas en esta investigación.

Por otro lado, como componente investigativo se reflejan consecuencias de miradas a las diferentes problematizaciones de la educación en general en un marco de políticas educativas o estrategias educativas combinando características axiológicas y epistemológicas, donde cuenta el hecho dinámico y transdisciplinar que implica pensar la educación como sistema complejo y no como sistema mecánico lineal que se dinamiza en la transdisciplinariedad de la investigación y no en la jerarquización, lo que nos hace pensar que en consecuencia nuestros estudiantes podrán enriquecerse con nuevas experiencias y ambientes de aprendizaje que requieren experiencias en contextos del “mundo real”.

Cabe recalcar que la educación STEM/STEAM no está exenta de caer y recaer en las retóricas optimistas y comerciales, principalmente es importante destacar que no se constituye un discurso acabado que más bien es complejo, y por tal razón involucra dinámicas de innovación y creatividad permanentes, es decir no es estático, no se define a partir de una ¿qué es? sino que se define a partir de un ¿qué puede ser? y se alimenta desde las experiencias y se analiza desde las posibilidades axiológicas, epistemológicas y ontológicas por ejemplo.

En una época donde se habla de paradigmas emergentes, sistemas y problemas complejos, la educación debe transformarse a través de la investigación científica para ampliar la comprensión de cómo la intersubjetividad de la naturaleza permite asimilar nuevas informaciones y convertirlas en conocimientos significativos, innovadores, creativos y críticos. Es este sentido, La metacognición es una frontera relativamente nueva en la educación en general y en la educación STEM en particular.

## Agradecimientos

A Luz Mary Mora D. Magister en Literaturas y Culturas Europeas ERASMUS MUNDUS Universidad de Haute - Alsace, Francia, Licenciada en Lenguas Castellana, inglés y francés. A la Universidad de la Salle – Bogotá, por su contribución en la traducción del resumen y sus aportes en el estilo del documento.

## Referencias bibliográficas

- Calvo, C. (2013). *Del Mapa Escolar al Territorio Educativo*.
- Chesky, N. & Wolfmayer, M. (2015). *Philosophy of STEM Education A critical Investigation*. New York: PALGRAVE MACMILLAN. doi:10.1057/9781137535467.
- Dominguez, P., Oliveros, M., Coronado, M. y Valdez, B. (2019). *Retos de ingeniería: enfoque educativo STEM+A en la revolución 4.0*. Innovacion Educativa, 15-32.
- Dori, Y., Mevarech, Z. & Baker, D. (2018). *Cognition, Metacognition, and Culture in STEM Education*. Springer.
- Gell-Mann, M. (1995). *The Quark and the Jaguar: Adventures in the Simple and the Complex*. Macmillan.
- Guadarrama, P. (2009). *Dirección y asesoria de la investigación científica*. Bogotá: Magisterio.
- Gutiérrez, F. (1973). *El Lenguaje Total: Una Pedagogía de los Medios de Comunicación*. Buenos Aires: Humanitas.
- Gutiérrez, F. y Prieto, D. (1999). *La Mediación Pedagógica. Apuntes para una Educación a Distancia alternativa*. Buenos Aires: Ediciones La Crujía.
- Hawkins, J., Yamada, A., Yamada, R. & Jacob, W. (2018). *New Directions of STEM Research and Learning in the World Ranking Movement A Comparative Perspective*. Cham, Suiza: Palgrave Macmillan.
- King, D. & English, L. (2016). Engineering design in the primary school: applying stem concepts to build an optical instrument. *International Journal of Science Education*, 2762-2794. doi: <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1262567>.
- Maldonado, C. (2015). *Pensar en la Complejidad, pensar como síntesis*. Cinta de Moebio(54), 313-324. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-554X2015000300008>.

- Maldonado, C. y Gómez Cruz, N. (2011). *El mundo de las ciencias de la complejidad*. Bogotá: Universidad del Rosario.
- Moore, T., Stohlmann, M., Wang, H., Tank, K., Glancy, A. & Roehrig, G. H. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. En S. Purzer, J. Strobel, & M. Cardella, *Engineering in Pre-College Settings: Synthesizing Research, Policy, and Practices* (págs. 35-60). West Lafayette: Purdue University Press.
- Prieto, D. (2015). *Elogio de la pedagogía universitaria*. Mendoza : Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional de Cuyo.
- Rosas, R. & Balmaceda, S. (2008). *Piaget, Vigotski y Maturana: constructivismo a tres voces*. . Buenos Aires: Aique Grupo Editor.
- Smith, M. K., Vinson, E. L., Smith, J. A., Lewin, J. D. & Stetzer, M. R. (2014). A Campus-Wide Study of STEM Courses: New Perspectives. *Life Sciences Education*, 624-635.
- Storksdieck, M. (2016). Transforming Undergraduate STEM Education: Responding to Opportunities, Needs and Pressures. En G. C. Weaver, W. D. Burgess, A. L. Childress, & L. Slakey, *Transforming insTiTuTions Undergraduate STEM Education for the 21st Century*. West Lafayette, Indiana: Purdue University Press .
- Wong, V., Dillon,, J.& King,, H. (2016). STEM in England: meanings and motivations in the policy arena. *International Journal of Science Education*, 2346-2366. doi:10.1080/09500693.2016.1242818.

## CAPITULO II

### EXPERIENCIAS DE EDUCACIÓN STEM EN EL ÁMBITO FORMAL Y RURAL

#### **Angela Patricia Cifuentes G**

Profesora-Secretaría de Educación de Cundinamarca y de Universidad de Cundinamarca.  
<https://orcid.org/0000-0002-3669-3270>.

#### **Marcelo Caplan**

Associate Professor-Science and Mathematics Department Columbia College Chicago.  
Correo electrónico: [mcaplan@colum.edu](mailto:mcaplan@colum.edu).

#### **Resumen**

En este capítulo se presenta una experiencia exitosa en el marco de la educación STEM/STEAM en el ámbito formal en un área rural. Para ello, se abordó el modo de contextualización, el primer acercamiento que se tuvo con proyectos STEM. Luego, se describirá la iniciativa que involucra talleres STEAM. Esta iniciativa hace parte de una colaboración internacional entre las siguientes instituciones: Science and Mathematics, Department Columbia, College Chicago; Northeastern Illinois University (NEIU) y la Institución Educativa Rural Departamental Adolfo León Gómez, esta última institución pertenece a la Secretaría de Educación de Cundinamarca. Las instituciones mencionadas emprendieron el proceso de reproducir las experiencias exitosas de la STEAM Conference en los Estados Unidos, en una escuela rural en Cundinamarca, Colombia. La metodología utilizada es la de tipo cualitativo donde se incluyeron las siguientes actividades para la recolección de la información: (a) adaptación de los proyectos STEM/STEAM de acuerdo a las posibilidades locales; (b) preparación de los estudiantes presentadores en la conferencia a través de videoconferencias; (c) desarrollo de la logística local para la implementación —con la intención de que se pueda repetir en el futuro— de la conferencia; (d) la implementación de la STEAM Conference en Cundinamarca y, (e) estructura de la evaluación tanto de la experiencia de los estudiantes presentadores, como la de los participantes invitados a los talleres de la conferencia. Los resultados obtenidos muestran que la experiencia ha sido altamente motivadora para las dos poblaciones —presentadores y participantes—, lo que llevó a las instituciones gestoras de esta iniciativa a continuar la cooperación y repetir el proceso en el siguiente año lectivo.

**Palabras clave:** competencias siglo XXI, cooperación internacional, STEAM, videoconferencia.

## STEM EDUCATION EXPERIENCES IN THE FORMAL AND RURAL FIELDS

### Abstract

This chapter presents a successful experience in the framework of STEM / STEAM education in the formal field in a rural area. To do this, the contextualization mode was addressed, the first approach that was taken with STEM projects. Then, the initiative involving STEAM workshops will be described. This initiative is part of an international collaboration between the following institutions: Science and Mathematics, Department Columbia, College Chicago; Northeastern Illinois University (NEIU) and the Adolfo León Gómez Departmental Rural Educational Institution, the latter institution belongs to the Cundinamarca Secretary of Education. The aforementioned institutions undertook the process of reproducing the successful experiences of the STEAM Conference in the United States, in a rural school in Cundinamarca, Colombia. The methodology used is that of a qualitative type where the following activities were included for the collection of information: (a) adaptation of STEM / STEAM projects according to local possibilities; (b) preparation of the student presenters at the conference through videoconferences; (c) development of local logistics for the implementation - with the intention that it may be repeated in the future - of the conference; (d) the implementation of the STEAM Conference in Cundinamarca and, (e) the evaluation structure both of the experience of the student presenters and of the participants invited to the conference workshops. The results obtained show that the experience has been highly motivating for the two populations - presenters and participants - which led the managing institutions of this initiative to continue cooperation and repeat the process in the following school year.

**Keywords:** international cooperation, STEAM, videoconference, 21st Century skills.

### Introducción

El desarrollo económico y el liderazgo a nivel global y local de una nación, está dado por el incremento en la investigación y por el ingenio de los científicos, ingenieros e innovadores. En este mundo globalizado en el que no solo prima el conocimiento si no también, el saber hacer con dicho conocimiento, es importante que los jóvenes desarrollen capacidades y destrezas relacionadas con las denominadas competencias del siglo XXI (21st Century Skills) las cuales incluyen: la resolución de problemas, el pensamiento crítico, la creatividad, el trabajo en equipo, entre otras. Lo anterior con la intención de contribuir a su desarrollo personal, al desarrollo tecnológico y social de sus comunidades y, por lo tanto, al mejoramiento de la calidad de vida de todos los miembros de la comunidad.

La educación STEM/STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas, por su siglas en inglés) motiva a los y las estudiantes a explorar, apropiarse, transferir y aplicar conceptos y procedimientos propios de las áreas que la componen dentro de ambientes colaborativos e inclusivos. Uno de los objetivos de esta metodología es contribuir al desarrollo de las competencias del siglo XXI, para que más niños tengan la oportunidad

de explorar estos campos del conocimiento y de esta manera, poder convertirse en líderes, innovadores, investigadores y, para que desarrollen las herramientas necesarias para enfrentarse a los desafíos del hoy y del futuro de sus comunidades, expandiendo su impacto en sus países y más allá, en este mundo globalizado.

Esta iniciativa se desarrolló en la Institución Rural Departamental Adolfo León Gómez del municipio de Pasca, Cundinamarca (Colombia). Esta institución ofrece los tres niveles de la educación formal, cuenta con una sede de bachillerato y 14 sedes anexas de primaria. La institución atiende a una población que en su mayoría vive en el sector rural (85%) y su nivel socio económico está designado como población de escasos recursos.

La experiencia empezó en el segundo semestre del año escolar 2014, con la implementación del proyecto STEM para la enseñanza y el aprendizaje de las Matemáticas a través de la robótica. Este proyecto fue financiado por el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías como parte del plan departamental de desarrollo “Prosperidad para todos” cuyo propósito era el fortalecimiento de las capacidades en Ciencia y Tecnología, como ruta hacia la innovación, el conocimiento y la competitividad.

El proyecto surgió del convenio entre la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación de Cundinamarca, iCarnegie Global Learning y la Corporación Universitaria Minuto de Dios, UNIMINUTO. El parque científico de Innovación Social de Uniminuto fue la entidad que lideró este programa en 8 colegios de Cundinamarca y la Institución Educativa Rural Departamental Adolfo León Gómez era la única institución rural que participaba en él. Este proyecto se implementó en los grados sexto y séptimo durante el segundo semestre del 2014 y continuó durante el año 2015 con los mismos estudiantes. Luego, se extendió únicamente para los y las estudiantes de grado octavo y culminó en el 2016.

Para facilitar que todos los niños y niñas de educación básica y media de la comunidad rural tuvieran acceso y también pudieran participar en procesos de aprendizaje que incluyeran ambientes mediados y modelos de aprendizaje del presente siglo, se emprendió un programa, el cual se ha denominado *Iniciativa STEAM Pasca\_Rural*. Este programa involucra algunos proyectos como el que se describirá a continuación, y el cual es el propósito de esta investigación.

Con motivo de los excelentes resultados tanto en contenidos como motivacionales obtenidos en el proyecto STEM, presentados anteriormente y, teniendo como base la necesidad de promover el acceso con equidad a la educación STEM/STEAM, se consideró desarrollar un proyecto que permitiera disminuir la brecha entre los y las estudiantes que tenían acceso a educación STEM/STEAM y aquellos que no tenían. Se tituló a este proyecto la Conferencia STEAM, siguiendo el modelo desarrollado en Chicago y se adaptó a las necesidades y capacidades locales.

Se reflexionó sobre las oportunidades en las que se puede implementar este tipo de iniciativas en el marco de la educación formal, para mejorar la calidad de la educación que los estudiantes reciben, teniendo en cuenta aspectos como:

- Bajos resultados en las pruebas estandarizadas nacionales “Pruebas Saber” (Colombia).
- Los bajos índices de desempeño escolar en el área de matemáticas.

- Los índices de repitencia en el año escolar.
- La necesidad de incrementar el desarrollo de capacidades en resolución de problemas en matemáticas y ciencias.
- Los bajos niveles de motivación, autoestima e interés por la ciencia y las matemáticas.
- El desarrollo de habilidades asociadas al liderazgo, al trabajo en equipo y al aprendizaje autónomo.

Por otro lado, se consideró muy importante que los niños y las niñas que viven en áreas rurales se motiven a continuar sus estudios en instituciones de educación superior y en lo posible su ingreso a programas relacionados con ingeniería y tecnología. Otras necesidades que promovieron la implementación de la propuesta pedagógica en el marco de la educación STEAM, fueron:

- Crear ambientes efectivos para el desarrollo de habilidades para el siglo XXI relacionadas con el trabajo en equipo, la creatividad, el liderazgo y la solución de problemas.
- Desarrollo de competencias STEAM, mediante prácticas creativas que fomentan las actividades de participación de la ciencia, la tecnología, la ingeniería, las artes y las matemáticas.
- La utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la creación de nuevos e innovadores ambientes de aprendizaje.
- La contribución a la mejora continua de la calidad educativa de la comunidad rural de la región.

Por todo lo anteriormente mencionado, en el 2016, se da comienzo a la iniciativa con la implementación de talleres que promueven educación STEAM a través del uso de la videoconferencia como medio de comunicación entre un tutor que se encuentra en Chicago (USA) y los y las estudiantes y su tutora en Colombia. Las videoconferencias se realizan en español. El uso de videoconferencias está en concordancia con las políticas del sector educativo, las cuales sugieren adaptar el currículo de las instituciones educativas, para hacer posibles nuevas formas de aprendizaje inclusivo, utilizando las tecnologías de la comunicación y la información. El desarrollo de nuevas habilidades y competencias mediante las opciones y novedades que permiten el acceso a las TIC, (como la que presentamos en este documento) serán, entonces, el motor que impulsa la innovación y las buenas prácticas en el aula moderna; “la política educativa al fomentar formas de enseñar, aprender y comunicar a través de las TIC configura una noción de innovación educativa muy vinculada a las nuevas formas de comunicación y a los nuevos espacios de interacción”, (De Pablos, *et al.*, citado en Cifuentes y Caplan, 2017).

Este tipo de interacción entre profesionales de distintos países, con jóvenes de áreas rurales, permite a todos los estudiantes de la institución reconocer que es posible conectarse y aprender en cualquier lugar y, en particular que vivir en áreas rurales no es un detrimento para su futura educación.

## Fundamentación teórica

La idea detrás de la STEAM Conference es proporcionar un espacio en el cual los estudiantes participantes puedan desarrollar habilidades del siglo XXI, que complementen el conocimiento del contenido y las habilidades técnicas adquiridas durante su participación en las actividades y programas formales e informales.

La National Education Association NEA (2012), afirma que el sistema educativo de hace 50 años, fue diseñado para apoyar el dominio de las “Tres R” (lectura, escritura y aritmética, por sus sonidos en inglés). En el mundo contemporáneo, estas habilidades no son suficientes para preparar a los estudiantes para ser competitivos en esta sociedad global. Los estudiantes también deben ser comunicadores, creadores, pensadores críticos y colaboradores competentes (las “Cuatro C” por sus letras iniciales en inglés).

La preparación y presentación en la conferencia permiten la inclusión y el desarrollo de las Cuatro C en un proceso, el proceso de aprendizaje. Aunque las habilidades de las “Cuatro C” están interconectadas, las competencias de comunicación, como la articulación clara de ideas a través de presentaciones efectivas; uso correcto del idioma, tanto verbal como escrito; y el uso de las tecnologías de los medios son esenciales para el éxito futuro en sus actividades académicas, así como la empleabilidad (Živković, 2014).

Al diseñar su presentación y presentarla a la audiencia, los estudiantes: (a) obtienen una mayor interacción y participación con la audiencia; (b) aumentan el interés en el tema al descubrir material no estudiado anteriormente; (c) encuentran nuevas perspectivas y puntos de vista con respecto al tema presentado y (d) mejora en las habilidades de comunicación y presentación, lo cual es beneficioso para los presentadores y participantes (Girard y Trapp, 2011).

Doyle (2018), presentó una justificación de 16 puntos que respaldan los beneficios de las presentaciones en el aula. Uno de estos puntos es que los estudiantes necesitarán aprender profundamente el material que desean comunicar y a la vez, ser concretos y precisos. También analizarán qué información es relevante y prepararán su presentación utilizando herramientas y recursos que se ajusten a sus necesidades para atraer a la audiencia (Doyle, 2018). Los beneficios para los no presentadores incluyen una revisión del material presentado cuando aprender a escuchar y tomar nota de los puntos clave de la presentación. También aprenderán y/o practicarán la discusión acerca de aportar puntos de vista diferentes a los presentados, (Girard y Trapp, 2011).

Por otro lado, los miembros del equipo de presentación deben trabajar juntos dado el diseño de la presentación en el taller de la conferencia STEAM no es una tarea individual. En este proceso, también deberán mejorar sus habilidades de colaboración. En cada equipo de trabajo interdisciplinario, pueden surgir conflictos, desde dificultades de comunicación hasta el status de cada participante en el equipo, (Rider, 2002). Para que el equipo presente en la conferencia, deben aprender a ser respetuosos en sus interacciones con otros miembros, escuchar las ideas y el punto de vista de los demás, y aprender a trabajar en un entorno cooperativo.

Según Laal y Ghodsi, “El aprendizaje colaborativo es un enfoque educativo para la enseñanza y el aprendizaje que involucra a grupos de estudiantes trabajando juntos para resolver un problema, completar una tarea o crear un producto”. Laal y Ghodsi clasificaron los beneficios del Aprendizaje Colaborativo en cuatro categorías: 1) social, 2) psicológico, 3) académico y 4) técnicas alternativas de evaluación de estudiantes y docentes. Los beneficios sociales incluyen el

desarrollo de un sistema de apoyo social para los estudiantes; construir una mejor comprensión entre los estudiantes y el personal docente y formar comunidades de estudiantes. Los beneficios psicológicos incluyen instrucción centrada en el estudiante para aumentar su autoestima y los beneficios académicos incluyen la promoción de habilidades de pensamiento crítico e iniciativas de resolución de problemas estudiantiles, (Laal y Ghodsi, 2012). El aprendizaje colaborativo también facilita la implementación de diferentes modelos de evaluación.

Siguiendo lo presentado por Muller “La evaluación auténtica es una forma de evaluación en la que se les pide a los estudiantes que realicen tareas del mundo real para demostrar la aplicación significativa de los conocimientos y habilidades esenciales”, (Mueller, 2005). Siguiendo esta línea, Shridaran y Mustard (2016), explicaron que las evaluaciones son comparables a tareas del mundo real, donde las personas o los equipos pueden usar cualquier recurso disponible y a su disposición, ya sea otros colegas, expertos y acceso a materiales y recursos, con el objetivo de realizar la tarea en cuestión.

Las formas de evaluación auténtica incluyen portafolios, diarios reflexivos, presentaciones orales, aprendizaje integrado del trabajo, evaluación de uno mismo y de pares, evaluación del desempeño, etc. Larkin (2004), manifiesta que en las asignaturas STEAM, es necesario proporcionar a los alumnos diferentes formas de prepararse y presentar el conocimiento que adquirieron en una asignatura, como diseñar actividades pedagógicas que los lleven a ser pensadores creativos. La conferencia STEAM establece un marco que permite la implementación de una evaluación auténtica para los participantes sobre las actividades y programas de OST.

Muchas actividades y programas utilizan un conjunto de instrumentos tales como evaluaciones previas y posteriores, así como actitudes hacia STEAM, para evaluar el punto de vista de los participantes involucrados. Este tipo de evaluaciones proporcionan información limitada sobre el aprendizaje que tuvo lugar (Caplan, 2017), (Caplan, 2018). Según Austin (2012), los instructores/docentes pueden pensar que presentaron el tema con éxito, basándose en indicadores como la finalización del artefacto final, sin saber realmente cuánto conocimiento y habilidades se presentaron en los participantes del programa. Adquirido.

Siguiendo un modelo similar al presentado por Larkin (2016), con la tutoría de sus instructores, los estudiantes que participan en la preparación para presentar en la STEAM Conference deben navegar el proceso de registrar su presentación en la conferencia. Deberán presentar una propuesta, recibir los comentarios de los organizadores, modificar su propuesta y presentar su versión final. Si se acepta la propuesta de los participantes, prepararán su presentación y, en el momento del evento, presentarán su taller al público en general.

La conferencia STEAM sirve como un lugar donde los instructores pueden ver de primera mano el trabajo de sus estudiantes y evaluar su progreso a través de la observación de su comportamiento y desempeño en un entorno del mundo real.

## **Metodología**

La participación en el Encuentro Internacional Virtual Educa en Puerto Rico\_2016, permitió que los autores de este capítulo establecieran una colaboración para apoyar a la comunidad rural de Pasca, Cundinamarca, en el desarrollo del aprendizaje de las áreas STEM, a través del uso de las TIC y del enfoque “aprender haciendo”.

Esta investigación de tipo cualitativo, a través de la preparación de los estudiantes para poder participar en la Conferencia STEAM, pudieron abordar la implementación de los talleres STEAM realizados a través de videoconferencia, ejemplificamos los primeros talleres y presentamos sus bondades en términos de las capacidades que contribuyen a desarrollar en las diferentes áreas.

### Implementación de las videoconferencias

El ingeniero Marcelo Caplan es profesor Asociado del Departamento de Ciencias y Matemáticas del Columbia College Chicago, fundador del programa “Científicos para el mañana” y miembro de la red EducaSTEAM del Portal Educativo de las Américas; red creada por la Organización de los Estados Americanos (OEA) para promover la educación en las Américas. El profesor Caplan, es quien organiza y dirige los talleres desde Chicago y la profesora Patricia Cifuentes es la tutora responsable en el aula colombiana.

Cada taller incluye dentro de su metodología la presentación del objetivo de la actividad, la meta de la práctica, la conexión de la actividad con los contenidos de matemáticas y las ciencias, también se enfatiza en las relaciones existentes entre los conceptos tecnológicos desarrollados y sus aplicaciones en la vida diaria, en la sociedad y sus efectos en el medio ambiente. Cada sesión incluye el diseño de ingeniería de un artefacto que soluciona un problema o resuelve una necesidad. Finalmente, se realiza la evaluación del producto desarrollado. Como conclusión de la actividad, los tutores y los participantes hacen una evaluación formativa del proceso que tuvo lugar durante la implementación del taller, cada taller dura dos horas.

En el primer taller implementado con los estudiantes en Cundinamarca (Colombia), el profesor Caplan orientó la construcción de un robot sin computador que sigue trayectorias rectas y evita obstáculos, llamado *RoboBug*. En esta ocasión, la videoconferencia se realizó a través de la plataforma *Blue jeans network*. Posteriormente el proyecto cambió de plataforma y actualmente se utiliza la plataforma de videoconferencias *Zoom*. (Imagen 1).



Imagen 1. Enseñando a distancia a través de videoconferencia - Construcción RoboBug.

En términos de capacidades y contenidos de aprendizaje, algunos de los alcances de ésta actividad fueron: 1) establecer la diferencia entre máquina y robot; 2) manipular herramientas (cautín de pistola eléctrico, secador industrial, pelacables, pinzas, entre otros) y utilizar materiales para armar circuitos eléctricos como parte de las capacidades y habilidades en áreas de tecnología; 3) introducción a los circuitos eléctricos y al concepto de energía y su transformación; 4) establecer relación entre la dirección en la que giran los motores y las conexiones de los cables del circuito; y 5) establecer relación entre la polaridad de las baterías y sus implicaciones en la forma como se puede mover el Robo-bug.

En el aspecto afectivo, se evidenciaron altos niveles de motivación en los estudiantes, su comportamiento fue asertivo durante la actividad, estuvieron atentos y dispuestos siempre a aprender, (Cifuentes y Caplan, 2017).

En la segunda experiencia, se trabajó el módulo *engineering design process*. La meta del taller era la construcción de un carro propulsado por una banda elástica. Algunas de las capacidades que desarrolló esta actividad se detallan a continuación: a) diseñar y construir un carro propulsado por una banda elástica; b) realizar mediciones de distancias y cálculos de la velocidad del prototipo; c) probar y perfeccionar el prototipo; d) dar a conocer los resultados y el procedimiento de diseño; e) relacionar movimiento y energía; f) identificar transferencia y energía; g) valorar los beneficios del diseño. h) valorar la tecnología en la sociedad y sus efectos en el medio ambiente, (Cifuentes y Caplan, 2017).

### **Preparación de la STEAM Conference**

Durante el 2017, 2018 y 2019 el grupo base del proyecto, se ha estado formando en diferentes módulos STEAM. Un módulo temático incluye una serie de actividades que llevan al estudiante a explorar distintos tópicos STEAM a través de la investigación de preguntas fundamentales, de actividades hands-on y del desarrollo de artefactos que resuelven una problemática concreta y fundamentalmente de interés para los estudiantes. (Caplan, 2017). Algunos de estos módulos son: introducción a la robótica; diseño de proceso de ingeniería; física del sonido.

Para que los y las estudiantes compartan, realicen transferencia de conocimiento y fundamentalmente desarrollen su liderazgo al promover la expansión de las actividades STEAM, se han establecido varias estrategias, una de ellas es la realización de talleres el día de la ciencia escolar para sus compañeros y compañeras de colegio, otra está relacionada con la participación en eventos académicos organizados por otras instituciones locales y regionales y, también, al finalizar el año escolar se desarrolla el evento culminante de este proyecto: la *Conferencia STEAM*. Esta conferencia es un evento organizado para motivar el gusto por las áreas STEAM en niños y jóvenes de la región de Cundinamarca.

“El objetivo de la Conferencia STEAM es incrementar el interés por la ciencias y la tecnología en los jóvenes del territorio, pero también, generar que más docentes inquietos se sumen a la tarea de transformar sus aulas y sus ambientes de aprendizaje con buenas prácticas que involucren el enfoque “aprender haciendo” y propendan por el desarrollo de las competencias del siglo XXI. Todo esto para que más niños tengan la oportunidad de convertirse en líderes, innovadores, investigadores y puedan enfrentarse a los desafíos del hoy y del futuro del país y del mundo” (Caplan y Cifuentes, p. 4, 2019).

Después de la implementación de cinco videoconferencias, los futuros presentadores reciben el material necesario para compartir las actividades aprendidas en la STEAM Conference. (Imagen 2).



**Imagen 2. Socialización final en gran grupo.**

Como se mencionó anteriormente, cada taller sostiene una ruta didáctica que facilita el desarrollo de los procesos cognitivos en los y las estudiantes. Esta ruta incluye tres fases, una de indagación, otra de desarrollo y por último, la de cierre en la que se incluye la evaluación. Para esta última se ha diseñado un instrumento que recoge la percepción de los y las estudiantes sobre los siguientes aspectos: los temas aprendidos durante las videoconferencias, la organización de la información, la claridad y la suficiencia en las explicaciones, el conocimiento del tema por parte del presentador, el tiempo destinado para la sesión, el gusto y la motivación por seguir participando en los talleres y sugerencias para las próximas sesiones. La información fue colectada a través de un formulario Google form, que los estudiantes llenaron después de cada actividad.

### **Población**

La población de estudiantes que han participado en estas actividades son 28 niños y niñas de la educación básica y la media, cuyas edades se encuentran entre 11 y 16 años. Para participar en el proyecto se requiere estar motivado y asistir a la totalidad de los talleres programados. Como caso especial, un estudiante que hace parte del programa de inclusión educativa (persona en situación de discapacidad) es parte del programa desde el año 2018. Cabe remarcar a nivel anecdótico, que durante su participación en el proyecto, sus habilidades se han desarrollado, al punto de convertirse en un monitor y ayudar a otros participantes.

## Resultados

A continuación se presenta una muestra de los resultados obtenidos durante la implementación de los talleres STEAM en el 2018. Los siguientes son los tópicos evaluados en el instrumento aplicado a los y las estudiantes participantes de los talleres, estos revelan su percepción sobre la estructura, el desarrollo, importancia, entre otros, de cada sesión. A continuación en la tabla 1, se presentan los resultados de los formularios completados por los participantes (n=64).

**Tabla 1. Resultados de la evaluación de las videoconferencias.**

Declaración	Porcentaje de respuesta “De acuerdo” o “Totalmente de Acuerdo”
1. La información fue presentada de manera organizada:	87.5%
2. El presentador estaba bien informado sobre el tema	90.6%
3. Me interesaría asistir a un seminario/curso más avanzado sobre este mismo tema	87.5%
4. Recomendaré este tipo de videoconferencia a mis compañeros	89.06%
5. Después de esta experiencia, me interesaría participar más activamente en promover STEM/STEAM en comunidades	93.75%
6. Recomendaré la conferencia STEAM a otros jóvenes, padres y maestros	98.4%
7. El tiempo fue justo	100%

**Fuente:** elaboración propia (2019).

Se presentan algunos de los comentarios y/o sugerencias de los participantes:

- Es una actividad en la que ponemos en práctica nuestras habilidades y me siento privilegiada, ya que estas actividades no las tiene todo el mundo.
- Fue un gran aprendizaje.
- La actividad fue muy divertida.
- Mejorar el sonido de salida del aula para que el profesor Marcelo nos pueda escuchar mejor.
- Que hayan más actividades.
- Interesante, clase didáctica y pusimos en práctica todas nuestras habilidades manuales.
- Aprendí más sobre ondas, el sonido y lo importante que son las matemáticas para nuestras vidas.

- Aprendimos cosas que no sabíamos cómo, por qué eran 7 notas musicales y fue muy divertido.
- Estuvo muy interesante, amplió ciertos conceptos, además de que aprendimos varios nuevos y se nos facilitó mucha información.
- Me pareció súper, porque nunca había conocido esos términos y hoy en la clase los aprendí.
- Me pareció muy chévere porque aprendimos cosas nuevas que nunca habíamos escuchado.

## Conclusiones

A continuación se presentan algunas conclusiones —en términos de fortalezas, oportunidades y debilidades — generadas a partir de la implementación de la iniciativa.

### Fortalezas:

- La videoconferencia como herramienta TIC es aplicada generalmente en educación superior. En esta experiencia se implementa en educación básica y media y presenta las mismas bondades y beneficios.
- Los talleres STEAM han generado altos niveles de motivación en los y las estudiantes que participan en ellos. Esto se evidencia en acciones como: a) mejorar sus diseños en tiempos diferentes a las sesiones planificadas; b) manifestar querer compartir con otros o promover la educación STEAM; c) manifestar constantemente querer participar en actividades más avanzadas; d) recomendar los talleres STEAM a otros estudiantes.
- Los y las estudiantes consideran importantes estas actividades ya que les permite: a) aprender nuevos conceptos; b) utilizar herramientas y materiales de tecnología en actividades a las que nunca se habían enfrentado; c) evidenciar los alcances de la tecnología, en especial para recibir clases desde otro país y poder interactuar al mismo tiempo; d) se sienten privilegiados por tener este tipo de educación.
- El establecimiento de colaboraciones para promover educación STEAM ofrece posibilidades de elevar la calidad de la educación en contextos rurales cuando se enfoca hacia un modelo globalizador en el que se valora y se respeta la diversidad y la inclusión.

### Oportunidades:

- Aprovechar los beneficios de los recursos TIC, para favorecer las buenas prácticas en el aula mediante la creación de ambientes de aprendizaje efectivos para el desarrollo de las competencias del siglo XXI.
- Contribuir a la apropiación de las políticas educativas de nuestro país y de las Américas.

- Fomentar la participación de otros profesores e instituciones en iniciativas innovadoras que involucren en sus ambientes de aprendizaje el enfoque “aprender haciendo”.

### **Debilidades:**

- La conectividad se constituye en un reto para las instituciones rurales por el nivel que se requiere en dispositivos y herramientas digitales. Pueden generarse algunas fallas de sonido por incompatibilidad entre equipos.
- Dado que la población estudiantil rural depende del transporte escolar para llegar a sus hogares, los talleres se deben desarrollar en las primeras horas de la jornada escolar para evitar contratiempos en la etapa de cierre y evaluación.

### **Referencias bibliográficas**

- Astin, A. W. & Antonio, A. L. (2012). *Assessment for excellence: The philosophy and practice of assessment and evaluation in higher education*. Lanham, Md: Rowman & Littlefield Publishers.
- Caplan, M. (2010). *Exploring a valid and reliable assessment of engineering and technology education learning*. In the Classroom Paper presented at 2010 Annual Conference & Exposition, Louisville, Kentucky. <https://peer.asee.org/16034>.
- Caplan, M. (2017). *Scientists for Tomorrow - A Self-Sustained Initiative to Promote STEM in Out-of-School Time Frameworks in Under-Served Community-Based Organizations: Evaluation and Lessons Learned*. Paper presented at 2017 ASEE Annual Conference & Exposition, Columbus, Ohio. <https://peer.asee.org/28812>.
- Caplan, M. (2018). *Assessment of the Impact of Summer STEAM Programs on High School Participants Content Knowledge and Attitude Towards STEAM Careers* Paper presented at 2018 ASEE Annual Conference & Exposition, Salt Lake City, Utah. <https://peer.asee.org/29838>.
- Caplan, M. y Cifuentes, A.P. (2019). Promoviendo la educación STEAM en áreas rurales a través de la STEAM Conference – Una experiencia piloto. Virtual Educa. Lima, Perú.
- Caplan, M. & Oropeza, E. (2019). *The STEAM Conference: An event to promote youth to explore STEAM-related fields and potential careers (RTP)*. ASEE 2019 Annual Conference and Exposition - June 16-19, 2019 Tampa, Florida. <https://peer.asee.org/33427>.
- Cifuentes, A. P. y Caplan, M. (2017). *Iniciativa STEAM Pasca\_rural: Una colaboración internacional para el desarrollo de metodologías STEAM en áreas rurales*. Virtual Educa. Bogotá, Colombia.
- Cifuentes A. y Garzón. V. (2016). *Análisis cognitivo del proyecto STEM, enseñanza y aprendizaje de las matemáticas a través de la robótica*. Virtual Educa. San Juan, Puerto Rico.

- Cifuentes, A. (2015). *STEM en la escuela rural: enseñanza y aprendizaje de las matemáticas a través de la práctica de la robótica*. Virtual Educa. Guadalajara, Puerto Mexico.
- De Pablos, J. (2000). *Las tecnologías de la información y la comunicación: un punto de vista educativo*. Recuperado de: <http://www.ucm.es/info/multidoc/multidoc/revista/num8/jpablos.html>. 10 de abril de 2017.
- Doyle, T. (2018). Rationales for Giving Classroom Presentations. Retrieved from <https://learnercenteredteaching.wordpress.com/teaching-resources/rationales-for-giving-classroom-presentations/>
- Girard, M. & Trapp, P. (2011). "An exploratory study of class presentations and peer evaluations: Do students perceive benefits?" *Academy of Educational Leadership Journal*, vol. 15, no. 1, pp. 77-94.
- Laal, M. & Ghodsi, S. (2012). *Benefits of collaborative learning*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 31 (2012) 486 – 490. 10.1016/j.sbspro.2011.12.091.
- Larkin, T. (2014). *The Student Conference: A Model of Authentic Assessment*. *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)*. 4. 10.3991/ijep.v4i2.3445.
- Larkin, T. (2016). *The Creative Project: Design, Implementation, and Assessment*. *International Journal of Engineering Pedagogy*. 2016. Vol. 6 Issue 1, p72-79. 8p.
- Ministerio de Educación Nacional (MEN). (2006). *Estándares básicos de competencias en lenguaje, matemáticas, ciencias y ciudadanas*. Bogotá: Autor.
- Mueller, J. (2005). *The Authentic Assessment Toolbox: Enhancing Student Learning through Online Faculty Development*. *Journal of Online Learning and Teaching*. Retrieved on December 2018 from the website [http://jolt.merlot.org/documents/vol1\\_no1\\_mueller\\_001.pdf](http://jolt.merlot.org/documents/vol1_no1_mueller_001.pdf).
- National Education Association. (2012). *Preparing 21st-century students for a global society: An educator's guide to "the four Cs."* Washington, DC: Author. Available: <http://www.nea.org/assets/docs/A-Guide-to-Four-Cs.pdf>.
- Ochoa, A. (2016). *I foro desarrollos tecnológicos [makers - industrias creativas]*
- OEA, *Cumbres de las Américas, secretaria. Seguimiento e implementación: mandatos*. Recuperado de <http://www.summit-americas.org/sisca/edsp.html>. 10 de abril de 2017.
- Rider. (2002). *Twelve strategies for effective communication and collaboration in medical teams*. *BMJ* 2002; 325:S45. 10.1136/bmj.325.7359.S45.
- Sridharan, B. & Jamie, M. (2016). *Authentic assessment methods: a practical handbook for teaching staff*. Part-I, Deakin University. 10.13140/RG.2.1.2358.7921.
- Živković, S. (2014). *The importance of oral presentations for university students*. *Mediterranean journal of social sciences*. 5. 10.5901/mjss.2014.v5n19p468.
- Communication and Collaboration. (2011). *Partnership for 21st Century Skills*. Recuperado de: [http://www.p21.org/index.php?option=com\\_content&task=view&id=261&Itemid=120](http://www.p21.org/index.php?option=com_content&task=view&id=261&Itemid=120).

## CAPITULO III

### AULA INVERTIDA EN CURSOS DE CARRERAS STEM: MOTIVACIÓN Y DESEMPEÑO ACADÉMICO DE LOS ESTUDIANTES

#### **María Cristina Kanobel**

Magister en Educación en Ciencias Exactas y Naturales - mención Matemática.  
Universidad Tecnológica Nacional de la República Argentina. Correo electrónico:  
mckanobel@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-3086-1907>.

#### **Andrea Silvia Arce**

Licenciada en Educación con orientación en Matemática. Universidad Tecnológica  
Nacional de la República Argentina. Correo electrónico: ansarce@gmail.com.

#### **Resumen**

Este trabajo forma parte de las distintas intervenciones desarrolladas en el marco de un proyecto de investigación educativa propuesto por el Departamento de Innovación Tecnológica de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda, de la República Argentina, sobre “Gestión y transferencia del conocimiento en las Ciencias Básicas mediadas por tecnologías en carreras STEM”. Esta investigación tiene como propósito brindar información sobre algunas variables motivacionales que inciden en alumnos de carreras de Ingeniería al realizar el Curso de Preparación de Examen Final (Plan Beta) en modalidad *blended learning*. Estos cursos brindan una alternativa a aquellos estudiantes con dificultades para acreditar la instancia de evaluación final en algunas materias de los primeros años de la carrera. Tienen como propósito acompañar y motivar a los estudiantes a complementar esta instancia, propiciando una profundización e integración de los conceptos que fueron abordados en las cursadas, para afrontar con éxito las actividades propuestas. La intervención fue realizada en dos cursos correspondientes a las asignaturas Álgebra y Geometría Analítica y Probabilidad y Estadística respectivamente, en el contexto de un modelo didáctico de aula invertida. Luego de la implementación del diseño pedagógico en ambos cursos, se relevó información sobre motivación y estrategias de aprendizaje de los estudiantes a través del cuestionario MSLQ (Motivation Learning Strategies Questionnaire) y sobre su rendimiento académico. La metodología utilizada responde a un diseño descriptivo. Participaron del trabajo de campo los estudiantes de ambos cursos. Entre los resultados se observó, en ambas asignaturas, un alto porcentaje de estudiantes motivados con la propuesta didáctica que lograron autorregular sus aprendizajes, desarrollando estrategias efectivas que se tradujeron en una alta proporción de estudiantes que acreditaron las asignaturas.

**Palabras clave:** aula invertida, *blended learning*, STEM, variables motivacionales, autorregulación.

## CLASSROOM INVESTED IN STEM CAREER COURSES: MOTIVATION AND ACADEMIC PERFORMANCE OF STUDENTS

### Abstract

This work is part of the different interventions developed within the framework of an educational research project proposed by the Department of Technological Innovation of the National Technological University, Avellaneda Regional Faculty, of the Argentine Republic, on “Management and transfer of knowledge in the Sciences Basic mediated by technologies in STEM races”. The purpose of this research is to provide information on some motivational variables that affect Engineering students when completing the Final Exam Preparation Course (Beta Plan) in blended learning mode. These courses provide an alternative to those students with difficulties to accredit the instance of final evaluation in some subjects of the first years of the degree. They have the purpose of accompanying and motivating students to complement this instance, promoting a deepening and integration of the concepts that were addressed in the courses, to successfully face the proposed activities. The intervention was carried out in two courses corresponding to the subjects Algebra and Analytical Geometry and Probability and Statistics respectively, in the context of an inverted classroom didactic model. After the implementation of the pedagogical design in both courses, information on students’ motivation and learning strategies was collected through the MSLQ (Motivation Learning Strategies Questionnaire) and on their academic performance. The methodology used responds to a descriptive design. The students of both courses participated in the field work. Among the results, a high percentage of students motivated with the didactic proposal who managed to self-regulate their learning was observed in both subjects, developing effective strategies that translated into a high proportion of students who accredited the subjects.

**Keywords:** autoregulation, blended learning, Flipped Learning, motivational variables, STEM.

### Introducción

El avance de la inclusión de las Tecnologías de la información y comunicación (TIC) en educación está modificando las formas de enseñar y de aprender sugiriendo la creación de nuevos ambientes innovadores para la enseñanza que sean, no solo motivadores para los estudiantes sino también, promotores de aprendizajes profundos. En la actualidad, los procesos de enseñanza y aprendizaje en el nivel superior no solamente tienen lugar en espacios físicos, sino que, en el contexto de la educación universitaria, se caracterizan por los principios de movilidad y ubicuidad. En este sentido, la accesibilidad a dispositivos móviles ha cambiado los escenarios del aprendizaje y habilitan otras formas de gestionar conocimiento transformando el paradigma existente.

En este nuevo escenario y en particular en las ramas STEM (Ciencias, Tecnologías, Ingenierías y Matemáticas, por su siglas en inglés) se espera que la enseñanza oriente a la formación de personas con capacidad de adquirir saberes cada vez más complejos, entrenados para resolver problemas en forma creativa y colaborativa, inmersos en un aprendizaje continuo que se extienda durante toda su vida. Sin embargo, aunque el

contexto actual de la educación universitaria está influido por las características de la sociedad del conocimiento, no ha evolucionado a la misma velocidad que la tecnología, la comunicación o el transporte. En muchas de las aulas del nivel universitario es frecuente todavía la práctica centrada en la enseñanza, donde el rol docente se ajusta a la exposición de los temas haciendo de los estudiantes meros receptores. En contraposición, un ambiente innovador de aprendizaje propicia una formación de calidad que plantea necesidad de desarrollar habilidades tanto cognitivas y psicomotoras como afectivas y sociales, así como el desarrollo de distintos niveles de competencias en los estudiantes. El papel de las TIC como mediadoras de ambientes de enseñanza y aprendizaje son articuladoras entre las actividades académicas y las nuevas metodologías de enseñanza, posibilitando innovar en la forma de acceso y en la forma de producción del conocimiento.

Para la inclusión de estas nuevas estrategias y entornos al trabajo áulico es necesario abordar tres grandes dimensiones: los cambios en los objetivos educativos y la concepción de los procesos de enseñanza y aprendizaje, los roles del docente y del estudiante y la estructura organizativa institucional. En este contexto social característico de la sociedad del conocimiento, en el contexto particular de la Universidad Tecnológica Nacional Regional Avellaneda (UTN FRA) y en función de las expresiones precedentes, se posiciona el proyecto de investigación que se propone indagar; cómo se construye el conocimiento en ambientes innovadores de enseñanza mediados por TIC en las áreas Matemática y Física en el contexto de una educación centrada en el estudiante inmersa en carreras STEM, bajo el modelo de competencias y describir cómo estos ambientes influyen en la motivación de los estudiantes y su posterior desempeño académico. En distintas acciones se fueron desarrollando en este marco, entre ellas, la experiencia que se describe en el presente trabajo: la inclusión de la modalidad Blended Learning en cursos del llamado Plan Beta bajo el modelo de Aula invertida o Flipped classroom.

En las carreras de Ingeniería, los mayores niveles de abandono se observan en los primeros años del ciclo básico, donde se cursan las asignaturas básicas y troncales necesarias para la continuación de sus estudios superiores. En consonancia con la problemática que se viene observando año a año y a la experiencia docente, se hacía necesario revertir dicha situación. De este modo, se planteaba un nuevo desafío en ese sentido generando un espacio de reflexión docente, para el estudio y posterior acción, con el objetivo de lograr modificar esa tendencia acompañado a la necesidad de incrementar el rendimiento académico de los alumnos. Desde ese momento se hizo necesario indagar sobre las diversas problemáticas que presentan los estudiantes en la construcción de conocimiento del área Matemática en los primeros años de la carrera y, en consecuencia, elaborar diversas estrategias de enseñanza para abordar conceptos de difícil comprensión.

Se partió del diagnóstico obtenido de la experiencia docente sobre algunas de las dificultades que se observan en los cursos año a año, atendiendo a la premisa que indica que los estudiantes necesitan relacionar los nuevos conocimientos con sus propios conceptos, acciones y experiencias previas para construir conocimiento. Para que esto ocurra, tal como explica en Kanobel (2014), el estudiante debe ser consciente de que deberá relacionar el nuevo concepto que quiere aprender, con los aspectos relevantes de su estructura cognoscitiva. En este sentido, según la Teoría ANG de Ausubel, Novak y Gowin (1998), se deben cumplir ciertos requisitos según se describe en Kanobel y Alvarez (2011): a) los materiales con los que se trabajen deben ser potencialmente significativos, b) quien está

aprendiendo debe poseer en su estructura cognitiva, conceptos y proposiciones relevantes que sean capaces de actuar como base de anclaje para las nuevas ideas a ser asimiladas y c) el estudiante debe poder relacionar intencionadamente el material potencialmente significativo, en forma no arbitraria y sustancial, con la estructura cognoscitiva que ya posee. Si alguna de estas condiciones falla, el aprendizaje también se verá afectado.

En base a lo anteriormente expuesto se plantea el siguiente interrogante: ¿es posible solucionar las dificultades en el aprendizaje de conceptos del área matemática en alumnos de los primeros años del nivel universitario del área STEM? Pensando que es posible, se deben desarrollar distintas estrategias para favorecer la construcción del conocimiento matemático en los estudiantes promoviendo la metacognición y autorregulación de los aprendizajes y generando el aprendizaje colaborativo, tal como afirma Pérez (citado por Coll y Blasco, 2009) “el material multimedia es una excelente herramienta educativa, tanto por su flexibilidad como por su atractivo y sus posibilidades de acceso” (p.10). Por otro lado, se concuerda con Cano (citado en Coll y Blasco, 2009) en que la utilización de diversos canales para mostrar una información influye positivamente en la efectividad del proceso de aprendizaje.

## Marco teórico

La motivación y el aprendizaje son importantes procesos que nunca se desarrollan en el vacío, sino situados en un tiempo y espacio específico. Por tal motivo, el docente tiene un rol fundamental al diseñar e implementar la intervención didáctica que luego será interpretada y realizada por los estudiantes.

Se define a la autorregulación del aprendizaje como “el proceso en el cual los estudiantes activan y sostienen pensamientos, efectos y comportamientos que son planteados y cíclicamente adaptados a la consecución de sus metas” (Zimmerman, citado por Arce, Pintos y Kanobel, 2019). En el modelo de aprendizaje autorregulado que nos presenta Pintrich (2000), el protagonista es el estudiante en todas las situaciones de planificación, monitoreo, control y evaluación de los aprendizajes; estas situaciones o fases, no son lineales o jerárquicas, se acomodan dinámica y simultáneamente.

Por otro lado, los contextos educativos que promueven actividades donde los estudiantes discuten distintos puntos de vista, se ayudan entre sí, toman decisiones en grupos, interactuando, permiten que el aprendizaje se enriquezca a partir de los conocimientos compartidos y las estrategias elegidas para aprender (Järvelä & Niemivirta, 2001). Este tipo de actividades componen el trabajo colaborativo generando una mayor autonomía en la que los alumnos autorregulan su aprendizaje.

En el campo de la Psicología Educativa se sostiene que la calidad de los aprendizajes está determinada, en gran parte, por las actividades de aprendizaje que los estudiantes ejecutan. En Paoloni, Losrr y Falcon (2018), se explica que Winne y Marx (1989), definen a las de tareas académicas como “eventos de la clase que proporcionan oportunidades para que los estudiantes utilicen sus recursos cognitivos y motivacionales al servicio del logro de metas personales y educacionales” (p. 3). Por lo expuesto, el diseño de tareas académicas promisorias para la motivación y el aprendizaje debe contemplar entre otras las siguientes características: variedad y diversidad, significatividad, instrumentalidad, moderado nivel de dificultad, desafío, curiosidad, colaboración, posibilidad de elección y control (Paoloni *et al.* 2018).

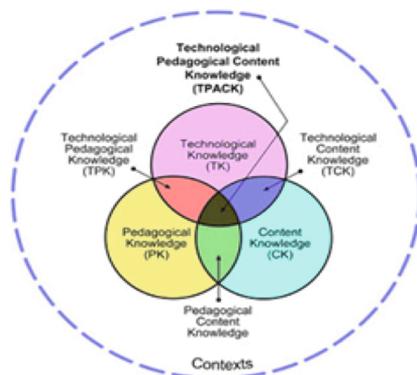
## La modalidad Blended Learning

Este término se refiere al **aprendizaje** en modalidad mixta o semipresencial, donde se combinan las clases en el aula presencial con la enseñanza virtual. De esta forma el estudiante tiene la posibilidad de **disponer de un “aula extendida”, esto es, fuera del espacio presencial.**

## El modelo T Pack

Es evidente que la Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) están inmersas en la todos los ámbitos de la vida diaria y, según afirman Barroso y Cabero (2010), su integración en el aula y en el diseño curricular es una parte importante dentro de las políticas educativas. Además, se debe tener en cuenta que la didáctica debe contextualizarse en la asignatura que se enseña y, en consecuencia, debe estar impregnada y condicionada por ella. Según Fuhr, Stoessel, Marchisio y Rocha (2017), se conceptualiza la tarea de pensar la enseñanza como una transformación del conocimiento de la materia en una forma de conocimiento que sea fructífera para ser enseñada a los estudiantes.

Bajo estas bases, para abordar el diseño pedagógico implementado en el trabajo de campo se adopta el modelo teórico T- PACK. (cuya sigla significa Conocimiento Técnico Pedagógico del Contenido) que fue desarrollado por Mishra & Koehler (2006), basados en la idea de Shulman sobre la integración de conocimientos pedagógicos y curriculares que deberían poseer los docentes, teniendo en cuenta que la didáctica debe contextualizarse en la asignatura que se enseña y, en consecuencia, debe estar impregnada y condicionada por ella. Mishra y Koehler amplían la idea original de Shulman e integran las TIC a la dupla planteada. Definen así, el modelo TPACK como un marco conceptual para integrar las llamadas Nuevas Tecnologías en el proceso de enseñanza. La figura1, describe esta integración:



**Figura 1. Modelo T-Pack.**

**Fuente:** elaboración propia (2019).

Según los autores del modelo TPACK, los conocimientos pedagógicos, disciplinares y tecnológicos del docente interactúan entre sí cuando se construye un diseño instruccional que tenga en cuenta el conocimiento tecnológico relativo a los recursos que se emplearán, el conocimiento disciplinar se refiere a los contenidos que se deben enseñar para que los estudiantes aprendan, mientras que el conocimiento pedagógico implica de qué forma abordar dichos contenidos a través de diferentes medios. El profesor debe articular dichos conocimientos de manera que esta interacción suponga una mejora en la calidad de la enseñanza.

### **Aula invertida en un contexto STEM**

En contextos STEM, se propicia la motivación de los estudiantes con la inclusión de entornos lúdicos y metodologías innovadoras como, por ejemplo, Flipped Learning o Aprendizaje invertido. Flipped Learning (FL) es un modelo pedagógico que transfiere el trabajo de determinados procesos de aprendizaje fuera del aula y utiliza el tiempo de clase, junto con la experiencia del docente, para facilitar y potenciar la construcción de conocimientos dentro del aula. El aprendizaje invertido es un enfoque integral que combina la instrucción directa con métodos constructivistas, promueve la motivación y el compromiso de los estudiantes con su propio aprendizaje posibilitando una mejor comprensión conceptual y aprendizajes significativos. La innovación educativa que supone este modelo brinda diversas posibilidades asociadas a los procesos de enseñanza y aprendizaje: a) permite a los docentes dedicar más tiempo a la atención a la diversidad, b) crea un ambiente de aprendizaje colaborativo en el aula, c) es una oportunidad para que los docentes puedan compartir información y conocimiento entre sí, con los estudiantes, las familias y la comunidad, proporciona al alumnado la posibilidad de volver a acceder a los contenidos generados o facilitados por sus profesores para rever su aprendizaje.

### **Moodle como medio para invertir la clase**

La plataforma Moodle es una herramienta de gestión de aprendizaje (LMS) de distribución libre, entre los llamados Entornos de Enseñanza y Aprendizaje Virtuales (EVEA). La palabra Moodle significa *Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment* (Entorno de Aprendizaje Dinámico Orientado a Objetos y Modular). Es una aplicación que permite gestionar distintas aulas educativas, organizada por uno o varios docentes a la cual los alumnos pueden acceder y comunicarse con todos los participantes. El diseño y desarrollo de Moodle se basan en el constructivismo social: en este contexto el docente actúa como encargado de suministrar y organizar los recursos a los alumnos para que alcancen un aprendizaje exitoso. Según Sancho (2013), las ventajas del uso de esta plataforma se basan en sus principales características: i) entorno de aprendizaje modular y dinámico, ii) sencillo de mantener y actualizar, iii) no necesita prácticamente de “mantenimiento” por parte del administrador, iv) dispone de una interfaz que permite crear y gestionar cursos fácilmente, v) los recursos creados en los cursos se pueden reutilizar, vi) la inscripción y autenticación de los estudiantes es sencilla y segura, vii) resulta muy fácil trabajar con él, tanto para el profesorado como el alumnado, viii) detrás de él hay una gran comunidad que lo mejora, documenta y apoya en la resolución de problemas, ix) el aprendizaje es especialmente efectivo cuando se realiza compartiéndolo con otros. La plataforma Moodle disponible en la UTN FRA fue utilizada en los cursos del Plan Beta que participaron de la experiencia como medio para flipear las clases bajo la modalidad blended learning.

## Metodología

Esta investigación se enmarca en un diseño descriptivo, a partir del diagnóstico realizado en la cátedra de Probabilidad y Estadística, hacia el año 2006 delineamos, elaboramos y pusimos en práctica una serie de clases presenciales pautadas, a modo de “curso- taller” para aquellos alumnos que quisieran orientación para la preparación del final de la materia. A causa del éxito obtenido en dicha experiencia piloto, repetimos la modalidad en años sucesivos, mejoramos el formato y luego se incorporó la modalidad diseñada en nuestra cátedra como parte del plan institucional de la UTN-FRA. Actualmente, todas las asignaturas correspondientes al departamento de Ciencias Básicas cuentan con estos cursos presenciales llamados “Cursos de preparación de Final” o Plan Beta en modalidad presencial.

### **El porqué de la nueva propuesta Blended Learning para el Plan Beta**

Aunque desde su implementación, los cursos presenciales del Plan Beta fueron una solución para la problemática planteada, el grupo de docentes investigadores observó que en la actualidad son muchos los estudiantes que no pueden acceder a esta instancia presencial por problemas de horarios. Es necesario aclarar que estos cursos se desarrollan en un solo horario fijo. Esto permitió reflexionar sobre cómo hacer para revertir esta dificultad.

Se pensó que la propuesta de un curso en modalidad mixta (blended learning), solucionaría en parte este inconveniente, ya que muchos de los alumnos que no pueden inscribirse en los cursos presenciales, podrían acceder trabajando desde esta modalidad. De esta manera se llegaría a muchos más estudiantes, con el propósito de revertir la problemática de quienes aún adeudan el examen Final y deben algunas asignaturas.

Por otro lado, la Ordenanza 1549 del año 2016, que aprueba el Reglamento de Estudios para todas las carreras de grado de la Universidad Tecnológica Nacional a partir del ciclo lectivo 2017, deroga la hasta entonces vigente Ordenanza 908 y modifica el paradigma de aprobación de las asignaturas, incorporando el concepto de “Aprobación Directa” (AP), es decir la posibilidad de promoción de las asignaturas durante la cursada, sin rendir el examen final. A partir de esta ordenanza, se hizo necesario adaptar el curso de preparación de Final (Plan Beta) ajustándolo a un diseño en función de las nuevas disposiciones, teniendo en cuenta que tomarían el curso los alumnos que ya habían cursado las materias bajo un anterior régimen de estudio y aún no habían regularizado su situación, es decir que habían aprobado la cursada pero no habían acreditado la asignatura.

En el marco del Proyecto de Investigación y Desarrollo interfacultades “Gestión y transferencia del conocimiento en las ciencias básicas mediadas por tecnologías” se planteó una nueva propuesta para el Curso de Preparación de Final (Plan Beta). Para ello, se eligieron las asignaturas Probabilidad y Estadística (PyE) y Álgebra y Geometría Analítica (AyGA) donde se implementó el nuevo diseño didáctico en modalidad blended learning aprovechando la potencialidad que brindan los entornos virtuales tanto para promover espacios de comunicación e interactividad como para crear entornos de enseñanza -aprendizaje colaborativos y cooperativos, impulsando la autorregulación del proceso de

aprendizaje, sumando la posibilidad de creación de materiales didácticos superadores con la ventaja de la simulación.

La metodología de las clases presenciales y virtuales apuntan a un aprendizaje autorregulado y colaborativo donde el profesor acompaña al alumno en una revisión de los conceptos teóricos, actividades prácticas e integración de los mismos en la resolución de problemas. Así, el estudiante determina sus estrategias y metas, regulando su comportamiento y haciendo uso de sus recursos disponibles. La experiencia innovadora contempla el uso de la plataforma Moodle, para instancias de intercambio entre los estudiantes y los docentes, y entre los estudiantes entre sí. Se incluyen materiales didácticos diseñados por los docentes a cargo de los cursos, específicamente para esta modalidad de dictado de clases. El curso se viene desarrollando por cuatrimestre, dos veces al año, desde el año 2017 en un curso de AyGA y un curso de PyE. Posteriormente al dictado del curso en el primer cuatrimestre del año 2018, se solicitó a los estudiantes que respondieran de manera voluntaria el cuestionario MSLQ, en forma virtual a través de un formulario Google, para realizar una medición de las variables motivacionales mencionadas.

### **MSLQ: una herramienta para indagar sobre motivación**

La investigación se enmarca en los enfoques sociocognitivos de la motivación que atienden a las complejas interrelaciones que se establecen entre la motivación de los estudiantes, sus estrategias de aprendizaje (aspectos cognitivos) y las características propias del contexto académico. En este sentido, el cuestionario MSLQ (Motivated Strategies for Learning Questionnaire) de Pintrich, Smith, García, y Mckeachie (1991) en versión traducida por Donolo *et al.* (2008), permite evaluar las orientaciones motivacionales y el uso por parte de los estudiantes de distintas estrategias, posibilitando valorar aspectos cognitivos, metacognitivos y motivacionales de manera integrada. Es un cuestionario con formato tipo Likert, con 81 ítems que se aplican a quince variables agrupadas en tres escalas: una escala de motivación, que se aplica distintos indicadores como orientación a metas intrínsecas, orientación a metas extrínsecas, valor de la tarea, creencias de control de aprendizaje, autoeficacia para el aprendizaje y el desempeño, y ansiedad ante las pruebas; una escala de estrategias cognitivas y metacognitivas que se mide por los indicadores de repaso, de elaboración, de organización, pensamiento crítico y autorregulación metacognitiva y la escala de regulación de recursos que está dada por tiempo y ambiente de estudio, regulación del esfuerzo, aprendizaje en grupos y búsqueda de ayuda.

### **Descripción de la intervención pedagógica**

Cada curso seleccionado para la investigación tiene un cronograma de actividades que comenzaron en agosto de 2018 con finalización en diciembre del 2018. Las clases se desarrollaron en modalidad semipresencial: con clases virtuales e instancias presenciales obligatorias, con encuentros de tres horas cada dos semanas.

En el primer encuentro presencial de cada asignatura, no sólo se explicaron las características de la modalidad de cursada sino también, permitió que los estudiantes

conocieran las herramientas y recursos con los que trabajarían en los ambientes virtuales dispuestos.

Se planificaron diversas tareas en el Campus Virtual de nuestra facultad (Plataforma Moodle) para las clases virtuales, donde los estudiantes disponen de espacios de comunicación sincrónica y asincrónica y pueden acceder a material didáctico digital, apuntes teóricos, simulaciones con el software libre Geogebra, videos con resolución de actividades, actividades prácticas y teóricas que reflejan el grado de complejidad de las que han de desarrollarse en la instancia de la evaluación final globalizadora, y cuestionarios de autoevaluación parciales obligatorios con guías, retroalimentación y corrección inmediata. De esta forma se pretende lograr una extensión del aula presencial en un ambiente virtual.

Las actividades propuestas en los cursos del Plan Beta que participaron de la investigación tienen como objetivo brindar a los participantes algunas herramientas promotoras de entornos lúdicos y motivadores que faciliten el proceso de aprendizaje, favoreciendo la metacognición de saberes bajo la metodología Flipped Learning. Las propuestas en cada una de las dos asignaturas, situadas bajo el modelo STEM, posibilitan en los estudiantes la experimentación, discusión y análisis en los encuentros presenciales.

Dado que los estudiantes ya han cursado la asignatura y solamente deben cumplimentar la instancia de examen final para acreditarla, las clases presenciales de ambas asignaturas se organizan en función de las necesidades de los estudiantes en cuanto a dificultades de resolución de ejercicios, discusión de conceptos teóricos, resolución de problemas abiertos, además de realizar una revisión general de los contenidos desarrollados virtualmente en las semanas anteriores al encuentro. Cada tarea se diseña para incidir favorablemente en el uso de estrategias de autorregulación y propiciar valoraciones positivas acerca de lograr mayor autorregulación de los aprendizajes, esencial para lograr la acreditación efectiva del espacio curricular. En el siguiente apartado se describen algunas de las actividades desarrolladas en ambas asignaturas.

### **Algunas de las actividades desarrolladas en el campus virtual**

#### *a) Álgebra y Geometría Analítica*

El aula virtual de AyGA para el Plan Beta, incluye distintos recursos: foros de discusión, materiales diseñados específicos y links apropiados para la profundización de los contenidos. La docente a cargo del curso es la responsable de motivar la participación en dichos espacios. La figura 2, ilustra partes de evaluaciones implementadas en el aula virtual utilizando los cuestionarios Moodle con varias opciones de preguntas y retroalimentación inmediata. Se destaca la posibilidad del uso de gráficos e imágenes en el cuerpo de la figura facilitando el juego de marcos en Geometría Analítica.

Mis cursos Calificaciones

Este cuestionario no está disponible en este momento

**Pregunta 1**  
Sin responder aún  
Puntúa como 2  
⚑ Marcar pregunta  
✎ Editar pregunta

**Si  $z = 2 + i\sqrt{3}$  entonces**

El conjugado de  $z$  es:

La parte imaginaria de  $z$  es:

La parte real de  $z$  es:

El módulo de  $z$  es:

El opuesto del conjugado de  $z$  es:

**Pregunta 2**  
Sin responder aún  
Puntúa como 2  
⚑ Marcar pregunta  
✎ Editar pregunta

El gráfico representa:

Elegir...  
Raíces cúbicas de uno  
Raíces cúbicas de 27i  
Raíces cúbicas de  $Z = 27\text{cis}30^\circ$

**Figura 2. Ejemplo de ítem de evaluación on line sobre Números Complejos.**

**Fuente:** elaboración propia (2018).

### *b) En Probabilidad y Estadística*

Las acciones implementadas para este curso se desarrollaron de forma similar a las ya detalladas, articulando conceptos centrales y teniendo en cuenta el aspecto predictivo y de inferencia de la asignatura para el abordaje de los contenidos.

En la figura 2, se ilustra uno de los ítems de las evaluaciones implementadas en el aula virtual, sobre los primeros tres módulos de la asignatura.

The screenshot shows the 'CAMPUS VIRTUAL' interface for 'Probabilidad y Estadística'. It includes a navigation bar with 'Mis cursos' and 'Calificaciones'. The main content area displays a breadcrumb trail: 'Página Principal ► Plan Beta ► Aulas Beta de Materias Básicas ► Probabilidad y Estadística ► Unidad 4 ► Primera autoevaluación ► Vista previa'. On the left, there is a 'Navegación por el cuestionario' panel with buttons for '1' through '6', '7' through '10', and 'Comenzar una nueva p...'. Below this is a 'Tiempo restante 1:29:27' and 'Comenzar una nueva p...' button. The main question area shows two questions:

**Pregunta 1**  
Sin responder aún  
Puntaje como 1,00  
⚑ Marcar pregunta  
✎ Editar pregunta

A toda variable aleatoria se le puede asociar una función de probabilidad

Selección una:

Verdadero  
 Falso

**Pregunta 2**  
Sin responder aún  
Puntaje como 1,00  
⚑ Marcar pregunta  
✎ Editar pregunta

La función  $f(x) = kx$  si  $x \in (1,3)$  es función de densidad para algún valor de  $k$ .

Selección una:

Verdadero  
 Falso

**Figura 3. Ejemplo de ítem de evaluación on line sobre unidades 1, 2, y 3.**

Fuente: elaboración propia (2018).

## Resultados

### Algunas consideraciones sobre la evaluación

La evaluación se realizó en dos etapas: una evaluación continua a partir de la participación en foros y debates de discusión, desempeño en las clases presenciales, culminando cada unidad con la confección de un cuestionario virtual de cinco preguntas, acordes con los contenidos mínimos acordados por cada cátedra para la aprobación de la cursada con retroalimentación y corrección inmediata, disponible durante tres días con un límite de dos horas para confeccionarlo en un único intento. Los cuestionarios cumplen una doble función de feedback tanto para el alumno como para el docente: la retroalimentación inmediata permite al estudiante revisar su respuesta con pautas específicas y a partir de allí brindar una nueva respuesta a la consigna. En el caso de los docentes, cada cuestionario a través de los informes estadísticos que genera la plataforma permite conocer en qué nivel de apropiación de los conocimientos impartidos se encuentra cada estudiante del curso.

Al finalizar el curso, en ambas asignaturas, habiendo aprobado un mínimo de cuestionarios del total de cuestionarios propuestos en cada una, cada estudiante debió resolver un examen presencial integrador diseñado como una tarea académica de alcances amplios que incluyó interrelación de los contenidos acordados por la Cátedra para la AD, con la posibilidad de una instancia más de recuperación. Los alumnos que no hubieran aprobado todas las etapas de evaluación durante el curso, tuvieron la oportunidad de rendir el examen final elaborado por la Cátedra, común a todos los cursos. En el caso de Álgebra y Geometría Analítica en la primera instancia resolvieron la propuesta de

evaluación, 30 alumnos de los 31 alumnos que tomaron el curso resultando 26 aprobados. En la segunda instancia se presentaron 4 alumnos resultando aprobados 3. Esta tendencia se viene observando desde el comienzo del dictado del curso en su nueva modalidad. En el caso de Probabilidad y Estadística, de los 18 estudiantes que cursaron la materia, 15 acreditaron en primera instancia, 2 en el recuperatorio y 1 abandonó la cursada por motivos personales.

### Algunas consideraciones sobre la de la herramienta MSLQ

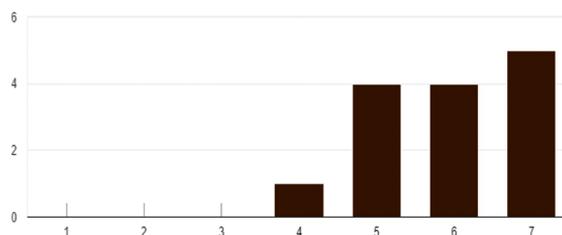
El cuestionario MSQL consta de dos partes: una parte A, orientada a la motivación y a las actitudes del estudiante con respecto a las clases de la materia, y una parte B, que se refiere a las estrategias de aprendizaje y habilidades de estudios para esta materia. El cuestionario fue respondido por los estudiantes de los dos cursos.

Los datos obtenidos en Álgebra y Geometría Analítica, muestran que, en el análisis de las variables motivacionales, se observa una motivación media-alta para este grupo de estudiantes pues, sobre un rango de variación entre 1 y 7, la media adopta un valor de 5,20.

Como ejemplo, en las figuras 3 y 4 se pueden observar las respuestas a algunas de las preguntas del cuestionario.

Para mí, es muy importante aprender los contenidos de la materia en la misma clase.

14 respuestas

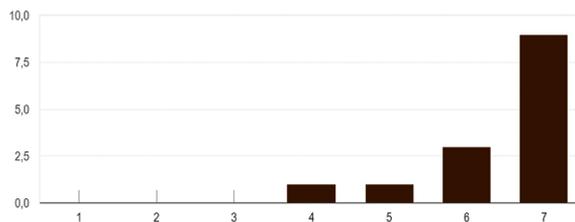


**Figura 4. Resultado aplicación de cuestionario.**

**Fuente:** elaboración propia (2018).

Yo estoy seguro de que puedo aprender los conceptos básicos enseñados en esta materia.

14 respuestas



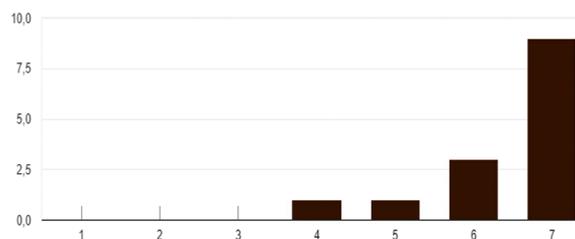
**Figura 5. Resultado aplicación de cuestionario.**

Fuente: elaboración propia (2018).

En el caso de Probabilidad y Estadística, la descripción de las respuestas obtenidas muestra también buenos indicadores: en las variables motivacionales se observa un índice de motivación medio-alto, con un rango entre 2 y 7, con una media de 5,75. Los gráficos de las figuras 5, 6 y 7 muestran las respuestas a algunas de las preguntas orientadas a estrategias motivacionales.

Yo estoy seguro de que puedo aprender los conceptos básicos enseñados en esta materia.

14 respuestas

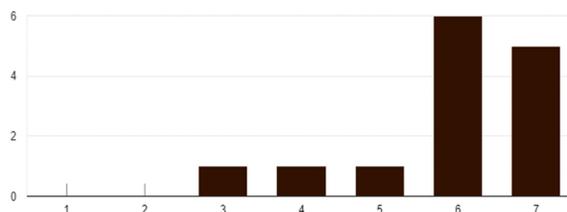


**Figura 6. Resultado aplicación de cuestionario.**

Fuente: elaboración propia (2018).

Yo estoy seguro de que puedo comprender los materiales más complejos presentados por el profesor de esta materia.

14 respuestas



**Figura 7. Resultado aplicación de cuestionario.**

**Fuente:** elaboración propia (2018).

En cuanto a las estrategias de aprendizaje y habilidad de estudios para la materia, se obtuvo una media general de 6.2 que también indica un uso de estrategias medio-alto en el grupo.

## Conclusiones

Esta propuesta forma parte de un Plan de seguimiento y retención de alumnos. Se observó en ambos cursos que, en su mayoría, los estudiantes logran acreditar la asignatura y, además, que el curso promueve en ellos una modalidad de estudio beneficiosa para el futuro ingeniero, desarrollando distintas competencias, no solo propias de cada asignatura sino también, alguna de las llamadas competencias blandas. Estos datos quedan ratificados del relevamiento obtenido del cuestionario MSLQ sobre motivación y estrategias de aprendizaje: el estudio estadístico descriptivo indica que los resultados obtenidos son muy satisfactorios. De las respuestas de los estudiantes se infiere que se sintieron motivados y lograron desarrollar un aprendizaje autorregulado en colaboración y cooperación. Después de hacer algunos ajustes en el diseño, durante el primer cuatrimestre del año 2019, fue implementada nuevamente la modalidad en ambos cursos. Un primer análisis indicaría un incremento en el porcentaje de aprobados en ambas asignaturas.

Otro punto para destacar es el uso didáctico que los estudiantes le otorgaron a otras herramientas de comunicación como, por ejemplo, la aplicación Whatsapp. Aunque esta herramienta para comunicación que no estaba contemplada en el diseño pedagógico, fue adoptada por los alumnos en ambas asignaturas a partir de iniciativas propias. Luego de armar grupos con el propósito de comunicación sincrónica entre estudiantes y docente, se apropiaron del recurso tanto para las preguntas a modo de foro de consultas, como así también para el intercambio de información, de material didáctico y de espacio de trabajo entre estudiantes.

A modo de cierre, las experiencias descriptas y analizadas indican que se abren distintas líneas de investigación acción: por un lado, se hace necesario, repensar los diseños instruccionales incluyendo algunas herramientas que son adoptadas entre los estudiantes desde una inclusión genuina de ellas. Por otro, a manera de seguimiento y extensión del

presente estudio, se propone realizar nuevos estudios estadísticos con los datos relevados del cuestionario MSLQ analizando las tres escalas, a saber: escala de motivación, escala de estrategias cognitivas y metacognitivas y escala de regulación de recursos en miras de mejorar nuestra intervención didáctica.

## Referencias bibliográficas

- Arce, A., Pintos, C. y Kanobel, M. (2019). *Pensamiento variacional en un enfoque por sistemas a través de las transformaciones lineales en Álgebra y Geometría Analítica y Análisis Matemático*. Actas V. Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata. Recuperado de <http://jornadasceyn.fahce.unlp.edu.ar/v-jornadas-2019/actas/Arce.pdf/view?searchterm=None>
- Barroso, J. y Cabero, J. (2010). *La investigación educativa en TIC: visiones prácticas*. Madrid: Síntesis.
- Coll, V. y Blasco, O. (2009). *Aprendizaje de la Estadística económico-empresarial y uso de las TICs*. EDUTEC, Revista tecnológica de Tecnología Educativa, No.28,1-20. Recuperado de <http://edutec.rediris.es/Revelec2/revelec.htm>.
- Järvelä, S & Niemivirta, M. (2001). *Motivation in context: Challenges and possibilities in studying the role of motivation in new pedagogical cultures*. En S. Volet y S. Järvelä (Eds.), *Motivation in Learning Contexts. Theoretical Advances and Methodological Implications* (pp 105-127) London.
- Kanobel, M. y Alvarez, A. (2011). *Entornos virtuales como complemento al aula presencial en el nivel universitario: aportes de una experiencia en Probabilidad y Estadística*. Rumbos Tecnológicos Vol 3. 75-84.
- Kanobel, M. (2012). *Entornos virtuales como apoyo a la enseñanza presencial: el caso de Probabilidad y Estadística en la UTN-FRA*. 305-311. Recuperado de [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/18437/Documento\\_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/18437/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Kanobel, M. (2014). *Mapas conceptuales y UVE de Gowin como estrategia para construir conocimiento estocástico en el nivel universitario*, I Encuentro Colombiano de Educación estocástica. 329-338. Recuperado de <http://funes.uniandes.edu.co/6552/1/Kanobel2014MapasECEE.pdf>.
- Pintrich, P. (2000). *The role of goal orientation in self-regulated learning*. En Boekaerts, M., P. Pintrich y M. Zeidner (Eds.) *Handbook of self-regulation*. San Diego. Academic Press.
- Paoloni, P. V. (2010) *Motivación para el aprendizaje. Aportes para su estudio en el contexto de la universidad*. En Paoloni, P. V., M. C. Rinaudo, D. Donolo, A. González Fernández.

- Paoloni, P., Loser, T. y Falcon, (2018). *El papel de las tareas académicas en la dinámica emocional de estudiantes universitarios. Un estudio en carreras de educación*. Revista Páginas de Educación. Vol. 11, Núm. 2. 1-23. Recuperado de <https://doi.org/10.22235/pe.v11i2.1638>
- Fuhr, L., Stoessel, A. F., Rocha, A. y Marchisio, S. (2017). *Estudio del conocimiento pedagógico del contenido del profesor cuando diseña materiales para la educación a distancia*. Virtualidad, Educación y Ciencia, 8(15), 54-75.
- Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054. Retrieved January 29, 2020 from <https://www.learntechlib.org/p/99246/>.
- Zimmerman, B. (2000), *Attaining self-regulation: A social cognitive perspective*. En M., Boekaerts, P. Pietrich y M. Zeidner (Eds). Handbook of self-regulation. San Diego. Academic Press.

## CAPÍTULO IV

# EDUCACIÓN STEM/STEAM COMO PRETEXTO PARA LA INNOVACIÓN EN COMUNIDADES DE APRENDIZAJE ¿Cómo puede promoverse una cultura de innovación en una comunidad de aprendizaje?

**Lina Marcela Gómez Quintero**

Ingeniera Mecánica. Magíster en Ciencias Naturales y Matemática. Docente y Consultora STEAM. Coordinadora STEM Colegio Colombo Hebreo, Bogotá D.C. Correo electrónico: marcelagq1987@gmail.com, stem@cch.edu.co. ORCID <http://orcid.org/0000-0002-2586-2614>.

### Resumen

El propósito de esta investigación es presentar los puntos considerados relevantes para el reconocimiento de la Educación STEM/STEAM como una alternativa significativa en la conformación de comunidades de aprendizaje fundamentadas en la innovación de carácter local con impacto global. Posteriormente, se definió el concepto de Cultura STEAM, sobre el cual se delinearon los aspectos de interés a la hora de caracterizar una comunidad de aprendizaje que se busque intervenir, estableciendo estrategias de trabajo para evaluar validez de constructo. Desde esta perspectiva, se diseñó una hoja de ruta para la estructuración de rutinas de revisión y mejoramiento de hábitos y actividades en pro de la formación de los miembros de la comunidad de aprendizaje, hacia los perfiles que la misma requiere para su desarrollo, con el fin de orientar las iniciativas de transformación curricular hacia estos perfiles objetivo, desde la caracterización de la comunidad a través de la definición de sus principios. Este trabajo fue concebido bajo la premisa; Competencias globales desde estrategias locales, esto es, la creencia en que las condiciones de la comunidad que se busca intervenir son las que determinan en gran medida las características de los procesos de enseñanza y aprendizaje, desde los cuales se construyen y desarrollan las competencias necesarias para satisfacer, incluso superar, las exigencias de ésta y futuras sociedades.

**Palabras clave:** alineación de principios, comunidad de aprendizaje, educación STEM/STEAM, innovación educativa.

## STEM / STEAM EDUCATION AS A PRETEXT FOR INNOVATION IN LEARNING COMMUNITIES

### Abstract

The purpose of this research is to present relevant for the acknowledgement of STEM/STEAM Education as a significant alternative to the conformation of learning

communities founded on local innovation with global impact, were presented. Next, the concept of STEAM Culture was defined to shape issues of interest for the characterization of a learning community regarded for intervention, and to establish work strategies which allow evaluating construct validity. From this perspective, a navigation chart was designed to structure routines for the revision and improvement of training habits and activities to settle actor profiles needed in community development; this navigation chart leads to the guidance of curricular transformation initiatives to achieve these profiles, from community characterization by means of the definition of its principles. This work has been conceived from the statement Global competencies from local strategies, which means, the belief on the conditions of the regarded learning community to intervene, as the great influencers on the characteristics of teaching and learning processes which support the construction and development of those competencies needed to fulfill, even overcome, the demands of this society and upcoming.

**Key words:** educational innovation, learning community, principles alignment, STEM/STEAM Education.

## Introducción

La comunidad internacional ha reconocido la necesidad de un ecosistema sostenible, en el que tanto esta generación como las siguientes cuenten con los medios necesarios para desarrollarse y perdurar, todo en pro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible – ODS – que contiene, entre otros, una educación de calidad como base para la erradicación de la pobreza y la garantía de un porvenir digno (Organización de las Naciones Unidas – ONU, 2015). Si bien puede definirse una educación de calidad como aquella en la que los actuales y futuros ciudadanos del mundo dan cuenta de las Habilidades para el Siglo XXI, la ruta para lograr tal objetivo no es única, sino que se ve notablemente afectada por las características demográficas, sociales, económicas y culturales de cada comunidad de aprendizaje, puesto que éstas arrojan contextos diversos para la manifestación de la competencia de cada estudiante o aprendiz (Tobón, 2005).

El propósito de esta investigación consiste en presentar los puntos considerados relevantes para el reconocimiento de la Educación STEM/STEAM como una alternativa significativa en la conformación de comunidades de aprendizaje fundamentadas en la innovación de carácter local con impacto global. Por lo tanto, este documento muestra el proceso de construcción del concepto de Cultura STEAM (acrónimo en inglés para Ciencias, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemática) como paso previo a la implementación del enfoque STEM/STEAM para la innovación al interior de una comunidad de aprendizaje determinada, al abrir la puerta para la caracterización de la comunidad y sus necesidades, favoreciendo la orientación de los planes, programas y proyectos educativos hacia la resolución de problemas y satisfacción de necesidades comunitarias con miras a su desarrollo sostenible. En primer lugar, se explica la importancia del contexto como elemento diferenciador para el diseño curricular y la elección de los enfoques, métodos y metodologías que harán parte del proceso educativo de la comunidad. Posteriormente, se presenta el enfoque STEM/STEAM desde su objetivo, sus perspectivas y características, para dar paso a las definiciones de Cultura STEAM y Mentalidad Enfocada en el

Aprendizaje, que permiten establecer una hoja de ruta para la caracterización inicial de cada comunidad de aprendizaje en función de sus principios directores y en pro del plan educativo que permitirá el logro de los objetivos considerados prioritarios.

## Marco conceptual

### Contexto y necesidades en una sociedad global formada por comunidades locales

La sociedad ha experimentado grandes cambios, gracias a las nuevas percepciones del individuo y su papel en la sociedad, a los avances científicos y tecnológicos. El desarrollo de esta era, sobre las comunicaciones remotas y con la información como divisa para la creación de vínculos y proyectos, ha afectado la estructura de las distintas organizaciones adscritas a una comunidad, incluyendo las de carácter educativo [...] la organización educativa se renueva, pasando de ser una pirámide con un docente único a la cabeza de un grupo de alumnos, a una red del tamaño del planeta con nodos interconectados, en donde la información se mueve y se transforma [...] Cada miembro de este grupo contribuye al enriquecimiento de la información que fluye, haciéndola más precisa y/o aplicada. Desde esta perspectiva, cada uno de los participantes de este proceso formativo/creativo, está siendo a su vez discente y docente, pues recibe y analiza el contenido enriquecido que otros le ofrecen, y a la vez aporta su discurso a la creación conceptual de los otros; esto hace que los ambientes virtuales de aprendizaje tengan tantos docentes como miembros del grupo haya. (Samudio-Hernández, Castro-Betancur, Gómez-Quintero y Osorio-Escobar, 2017).

La cita anterior refiere un panorama somero de la evolución que está teniendo el proceso educativo a partir de la apertura del marco de referencia que cada individuo tiene para enfocar su aprendizaje. El marco que delimita actualmente nuestra sociedad es el mundo. Gran parte de los individuos cuenta con la posibilidad de acceder a volúmenes impresionantes de información en fracciones de segundo gracias a Internet y todas aquellas bases de datos y medios de comunicación que se nutren de ella, así como de entablar contacto directamente con personas en cualquier parte del globo, para recibir de primera mano mucha más información. Adicionalmente, a través de las diversas plataformas, servicios, artefactos que han sido diseñados bajo esta dinámica de altísima velocidad, cada persona se convierte en un generador de información como nunca (de manera consciente o inconsciente), llevándose al lugar de transformador de su experiencia de vida. Un panorama como éste, obliga a la redefinición de los roles asignados a sus individuos y a las condiciones de su ambiente; entre éstos, los que están ligados a la labor educativa, exigen un cambio sin lugar a duda. La transformación es una necesidad.

Colombia, no es ajena a esta empresa: su intención de hacer parte de la dinámica mundial se declaró desde la firma del primer Tratado de Libre Comercio en 1969, al hacerse parte de la Comunidad Andina, y se ha ratificado desde 1994 con la participación en acuerdos como el de la Comunidad del Caribe (CARICOM, 1994), el de la Asociación Europea de Libre Comercio (EFTA, 2008), el Acuerdo con la Unión Europea (2012) y el del Mercado Común del Sur (MERCOSUR, 2017). Las fluctuantes dinámicas que se han observado a lo largo de estos años, de acuerdo con Lampis y Kiku (2012), se han debido al conflicto entre las proyecciones globales y las necesidades locales (como se deja en claro

al revisar el crecimiento económico sin atender primero las brechas regionales) lo cual desdibuja el trabajo realizado en aras de un desarrollo sostenible y sostenido, sincronizado con la globalidad.

En aras de promover esa coherencia, en el Plan de Desarrollo 2010-2014 “*Prosperidad para todos*”, se ha establecido como prioridad la dupla *crecimiento sostenible y competitividad*, y ha decretado que la innovación como uno de sus pilares:

“La innovación constituye el mecanismo óptimo para garantizar la competitividad de un país en el largo plazo y asegurar que el crecimiento económico sea sostenible. En un mundo altamente globalizado, la búsqueda permanente de alternativas para producir más y mejor con menos recursos es un factor crítico que impulsa el crecimiento económico de los países y permite transformaciones económicas de largo alcance”. (p. 50).

Actualmente, la apuesta va por la misma vía, o por lo menos eso enuncia el Plan de Desarrollo Nacional 2018-2022, “*Pacto por Colombia, pacto por la equidad*”, que asegura estar construido a partir de estrategias transversales que comprenden, entre otras, el *Pacto por la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, un sistema para construir el conocimiento de la Colombia del futuro*, el cual se materializa en la Ley 1951 de 2019. A su vez, se pretende dar forma a una cultura basada en el conocimiento, que permita interactuar en paridad con otras comunidades en toda la extensión del globo, como se entrevé en sus objetivos específicos:

“1. Fortalecer una cultura basada en la generación, apropiación y divulgación del conocimiento y la investigación científica, el desarrollo tecnológico, la innovación y el aprendizaje permanente [...]”

2. Fortalecer la institucionalidad en Ciencia, Tecnología e Innovación y competitividad, otorgando al nuevo Ministerio el liderazgo que conlleve a la óptima articulación de las organizaciones públicas y privadas regionales e internacionales, que permitan el desarrollo de una sociedad del conocimiento [...]

3. Articular y optimizar las instancias de liderazgo, coordinación y ejecución del Gobierno nacional y la participación de los diferentes actores de la política de Ciencia, Tecnología e Innovación.

4. Fortalecer el desarrollo regional a través de políticas integrales de descentralización e internacionalización de las actividades científicas, tecnológicas y de innovación, de acuerdo con las dinámicas internacionales.

5. Orientar el fomento de actividades científicas, tecnológicas y de innovación hacia el mejoramiento de la competitividad [...]” (p. 2).

Estos objetivos en particular destacan la necesidad de crear una cultura soportada en el conocimiento, así como el reconocimiento y empoderamiento de las entidades e instituciones que influyen de forma notable en este propósito. De este modo, el sistema educativo recibe un protagonismo que ha perdido a lo largo de los años, dada su condición de organismo formador y capacitador de las futuras generaciones, en pro del desarrollo nacional.

Desde hace más de una década, el sistema educativo colombiano se ha fundamentado en la formación por competencias, de acuerdo con el modelo de Educación de Calidad establecido por el Ministerio de Educación Nacional (MEN). La definición de competencia que rige estos lineamientos, aunque no está explícitamente declarada, se percibe mediante la presentación del contexto de aula esperado, como sigue (MEN, 2006):

...el consenso alrededor de la necesidad de fijar metas de calidad y saber si se están alcanzando es cada vez mayor, en la medida en que se reconoce que los resultados esperados no se limitan exclusivamente al rendimiento académico. Estas metas se fijan en función de una situación deseada expresada en términos de lo que se espera que los estudiantes logren como resultado de su paso por la escuela; su avance se evalúa con el fin de saber si se están alcanzando, y en la tarea de alcanzarlas se comprometen los recursos, el liderazgo y el saber de los docentes y de las instituciones educativas en un esfuerzo intencional de mejoramiento continuo. (p. 9).

En otras palabras, aseguran que la formación del estudiante va más allá del rendimiento académico, y que suscribe escenarios diversos *a posteriori*, es decir, ambientes y situaciones por fuera del aula regular en donde se valida el proceso de aprendizaje. Esto vislumbra una respuesta a la definición de competencia que cita Tobón (2005), en donde se evidencian los criterios de la enseñanza para la comprensión, presentados también por Perkins (1993).

### **Enseñanza basada en la competencia**

Las competencias son una “actuación idónea que emerge en una tarea concreta, en un contexto con sentido, donde hay un conocimiento asimilado con propiedad y el cual actúa para ser aplicado en una situación determinada, de manera suficientemente flexible como para proporcionar soluciones variadas y pertinentes” (Bogoya, 2000, p. 11, citado por Tobón, 2005).

Esta definición es consistente con lo propuesto por Richards y Rodgers (2002), según quienes el enfoque de enseñanza basado en la competencia se diferencia de los otros en que se centra en el resultado final del proceso, más que en la entrada de éste; esto, en lugar de referirse al demérito de la construcción de conocimiento inherente a la creación del producto final, significa que en el proceso de aprendizaje se puede emplear todo saber disponible para la resolución de las cuestiones propuestas, puesto que el foco estará puesto en la ejecución de las estrategias para el cumplimiento de un reto comprensivo, respondiendo a la definición de desempeño flexible como evidencia de logro de los objetivos de aprendizaje propuestos. En el marco de un desempeño flexible, se refieren aspectos indiscutibles de mentalidad y ejecución (Perkins, 1993), en donde se ofrecen situaciones no rutinarias para su solución, que el estudiante debe representar, modelar, interpretar, planear y resolver, a partir de la necesidad planteada desde el inicio. Esta serie de tareas, a *grosso modo*, hacen parte de las etapas de pensamiento de diseño, herramienta de gran relevancia en procesos de innovación.

## ¿Cómo puede promoverse una cultura de innovación en una comunidad de aprendizaje?

Antes que nada, es importante enunciar qué es la innovación en el contexto educativo, para poder evidenciar su relevancia. Según la Red de Escuelas de Europa (European Schoolnet, 2017), existen muchas definiciones para este término que pueden emplearse en el marco de una transformación educativa, acogiéndose a la propuesta por Rogers (2003, citado por European Schoolnet, 2017):

... una idea, práctica u objeto que es percibido como nuevo por un individuo u otra unidad de adopción... [y] Poco importa [...] si la idea es o no “objetivamente” nueva en términos del lapso de tiempo transcurrido desde su primer uso o descubrimiento.<sup>1</sup>

Esta definición cuenta con dos aspectos a resaltar: en primera instancia, el hecho de que la innovación es cuestión de percepción, tanto individual como comunitaria, respecto de un objeto, idea o práctica; así las cosas, la innovación depende de la forma en que objetos, escenarios y circunstancias son percibidos, y embebida en esta premisa, está el reconocimiento de que la mentalidad del observador implicará el reconocimiento de la capacidad de innovar a través de lo observado. Segundo, y en el mismo orden de ideas, la definición resalta la poca importancia de la novedad objetiva de aquello que es concebido como innovador, llevando a un segundo plano la brecha temporal entre su aparición en nuestro ecosistema y el día en que suscitó el interés de su redescubridor, lo cual refuerza la influencia de la mentalidad en la identificación de los aspectos o factores innovadores en un objeto o idea. Modificando las palabras de la cita atribuida a Oliver Platt, “*la innovación está en el ojo del espectador*”.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, (OCDE) (2016), por su parte, presenta una definición internacional, un poco más general, en donde definen innovación como ‘la implementación de un producto (bien o servicio) o proceso, nuevo o significativamente mejorado, un nuevo método de mercadeo, o un nuevo método organizacional en prácticas de negocios, organización de espacios de trabajo, o relaciones exteriores.’<sup>2</sup>

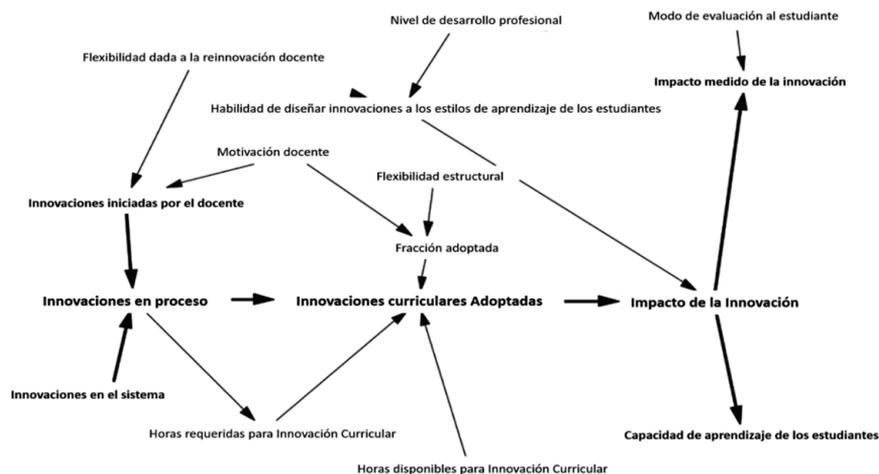
Sobre esta definición, se aprecia una perspectiva más global del proceso innovador, en donde los criterios de evaluación son, básicamente, la novedad o la significativa mejora de un producto o proceso. No obstante, guarda relación con la anterior en que el foco se mantiene en procesos, métodos, procedimientos y prácticas. Desde esta perspectiva, se vislumbra que la prioridad a la hora de innovar está en los aspectos que orientan el comportamiento y la relacionada toma de decisiones, los cuales traen consigo hábitos orientados a la construcción de una cultura en permanente mejoramiento. En todo caso, el objetivo de esta innovación es

<sup>1</sup> Fragmento original: ‘... an idea, practice, or object that is perceived as new by an individual or other unit of adoption...[and] It matters little [...] whether or not an idea is “objectively” new as measured by the lapse of time since its first use or discovery.’ (Rogers, 2003, p 12). Traducción de la autora. La palabra “objectively” se reportó como originalmente subrayada.

<sup>2</sup> Fragmento original: ‘the implementation of a new or significantly improved product (good or service) or process, a new marketing method, or a new organizational method in business practices, workplace organization or external relations.’ Traducción de la autora.

el mejoramiento en el desempeño académico de los estudiantes (Rikkerink *et al.*, 2015), y más aún, el mejoramiento en el proceso de aprendizaje de los estudiantes para su excelente desempeño en escenarios cotidianos, tanto rutinarios como no rutinarios.

Se han formulado varios modelos de innovación educativa, que apuntan a la resignificación de los roles involucrados en la cotidianidad, entre ellos el de Hirsch (1998) quien propuso un esquema de innovación multiescala, que modela el impacto de la innovación curricular en función de la actividad docente y logística asociada a su trabajo en el aula, teniendo como prioridad la capacidad de aprendizaje de los estudiantes y sus preferencias para tal fin (figura 1).

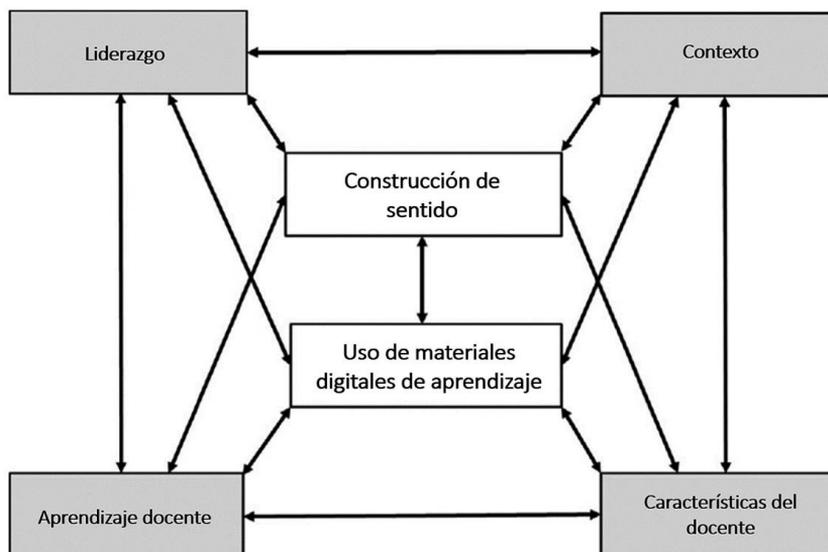


**Figura 1. Proceso de innovación curricular.**

**Fuente:** Hirsch, (1998)<sup>3</sup>.

Otro modelo de interés es el de Rikkerink *et al.* (2015), también multiescala, el cual se fundamenta en el Marco de Aprendizaje Organizacional (*Organizational Learning Framework*) para incorporar elementos contextuales y prácticas de liderazgo en la implementación de tecnologías digitales con fines educativos, en aras de consolidar un nuevo modelo innovativo. Los resultados obtenidos dieron luces respecto del impacto del liderazgo consciente del contexto, en la construcción colectiva de sentido que acentúa el efecto de los recursos digitales en el proceso de aprendizaje. Si bien se presenta como mucho más simple, se relaciona evidentemente con el modelo de Hirsch en los aspectos contextuales y la formación docente hacia la creación de significado en sus prácticas de enseñanza y aprendizaje (figura 2).

<sup>3</sup> Traducción de la autora.



**Figura 2. Proceso de innovación curricular.**

**Fuente:** Rikkerink *et al.* (2015)<sup>4</sup>.

Hasta aquí, se ve la perspectiva organizacional. No obstante, tomando la perspectiva del docente en sí mismo, aparece una definición más humana, como la brindada por Martínez (2008):

[...], yo quiero entender la innovación como el deseo y la acción que mueven a un profesor, a una profesora o colectivo de profesores y profesoras, a intentar realizar mejoras en su práctica profesional, con la finalidad de conseguir la mejor y más amplia educación para sus alumnos y alumnas. (p. 2).

Este punto de vista agrega un poderoso componente de transformación: la voluntad docente. Aunque las definiciones anteriores le dieron protagonismo a la actividad del docente dentro del esquema organizacional, Martínez (2008), reivindica la innovación educativa como un asunto de elección, en donde se determina una estrategia de mejora a partir de la única meta principal, una verdadera educación para alumnos y alumnas. En consecuencia, el proceso de innovación puede direccionarse desde el esquema organizacional, pero no puede detonarse sin la identificación de la necesidad y/u oportunidad de mejora por parte del docente como agente facilitador de esta transformación.

Las características y circunstancias de la sociedad contemporánea han promovido el encuentro de necesidades globales a resolver, así como aspectos a lograr y defender,

<sup>4</sup> Traducción de la autora.

conocidos como Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los cuales han determinado las pautas para la educación de estas generaciones y las futuras. Dichas pautas se han denominado Habilidades para el Siglo XXI, que pueden enumerarse como sigue:

- Metacognición.
- Pensamiento Crítico.
- Creatividad.
- Colaboración.
- Comunicación.
- Manejo de Información.
- Alfabetización Digital.
- Habilidades Sociales e Interculturales.
- Iniciativa, Autonomía y Responsabilidad Personal.

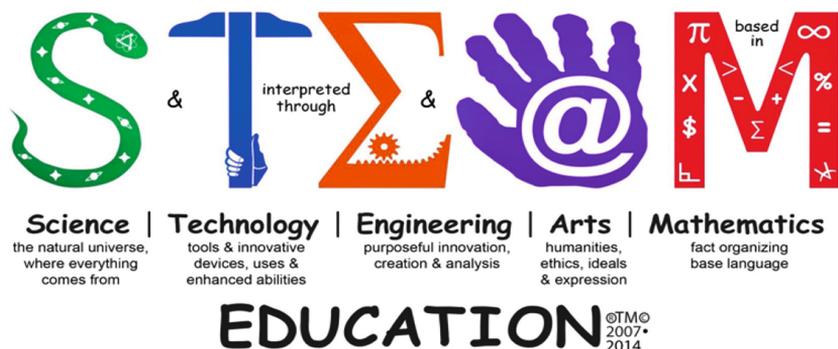
La coordinación de estas habilidades hace posible y cada vez más fluida la comunicación con pares de cualquier parte del mundo, en aras de la creación de contenidos que construyan conocimiento cada vez más pertinente, y de la solución de necesidades puntuales que puedan ser aprovechadas por varias comunidades; y la afinidad y vinculación a carreras que promuevan el desarrollo científico y tecnológico (Castro y Ayres, 2015), puesto que se conciben como la clave para el desarrollo sostenible de las comunidades. Es notorio el interés en establecer dinámicas de aprendizaje basadas en competencias, atendiendo a las características de la sociedad actual, y por supuesto, a las condiciones culturales bajo las cuales cada individuo y comunidad deba desenvolverse bajo el marco de una situación a resolver, sea pregunta, problema o proyecto (Milani, 2008; Gjorgjeva, 2011; Albu, 2013; Bykova, 2013; Kartashova, 2015; citados por Ge, Ifenthaler & Spector, 2015).

Entre las alternativas educativas que mayor auge han logrado actualmente, se encuentra el enfoque educativo STEM/STEAM. Si bien su origen tiene más de 70 años, ha sido construido de modo trascendente, es decir, a partir de objetivos dinámicos y persiguiendo habilidades para el análisis y construcción de sistemas, de acuerdo con las condiciones y necesidades de su contexto. Ge *et al.* (2015), a continuación enuncian las generalidades y perspectivas de la Educación STEM/STEAM, que permiten establecer apuestas para la conformación de comunidades de aprendizaje con hábitos sostenibles en pro del aprovechamiento y transformación de prácticas significativas hacia la innovación como cultura institucional.

### **Educación STEM/STEAM y Cultura STEAM: antecedentes y apuestas**

El enfoque STEM recibe su nombre del acrónimo en inglés para Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*), y fue concebido inicialmente en la década de los años 60 en los Estados Unidos; el enfoque STEAM, por su parte, agrega a este acrónimo la A para Artes y Humanidades (*Arts and Humanities*), para hacer más visible y explícita la influencia de estas áreas en el

desarrollo de un pensamiento más complejo e integral. Es importante destacar que, si bien el acrónimo STEM no contiene explícitamente la letra A para hacer referencia a las Artes y Humanidades, su fundamentación implica el pensamiento integrador a través de la conciencia del ser y su relación armónica con el entorno, que es lo que da el lugar correspondiente a esta A (Botero, 2018). No obstante, el acrónimo STEAM busca hacer esta conexión más evidente, por ende, más necesaria. Originalmente, se concibió como STEM, es decir, se concibió como un enfoque de fortalecimiento y orientación del proceso educativo hacia el liderazgo científico y tecnológico (Castro y Ayres, 2015; Martínez, 2017). De hecho, STEM no surgió como un enfoque, sino como una estrategia del gobierno norteamericano para alcanzar y sostener su liderazgo científico y tecnológico sobre la Unión Soviética. Esto se dio durante la carrera armamentista protagonizada por los Estados Unidos y la Unión Soviética, posterior a la Segunda Guerra Mundial, y se considera que el lanzamiento del satélite ruso Sputnik fue el detonante de esta decisión. Más adelante, las Artes y las Humanidades se incorporaron para conformar un enfoque educativo de mayor envergadura e integralidad (Yakman, 2008), bajo los principios conceptuales y cognitivos propuestos en la figura 3.



**Figura 3. Estructura del enfoque educativo STEAM.**

**Fuente:** Yakman, (2008).

Esta propuesta, en concordancia con el enfoque STEM original, no concibe compartimientos de conocimiento (como unidades o islas temáticas), sino que acuña concepciones, conceptos y procedimientos para apalancar la apertura del proceso de aprendizaje: las preguntas nucleares sobre el porqué, el cómo y el para qué, tienen el mismo lugar que la sensibilidad y la expresión emocional del individuo, y el pensamiento estratégico para la solución de problemas. En este sentido, el enfoque STEM/STEAM está diseñado para fortalecer procesos de pensamiento proactivos y fundamentados en la aplicación y fortalecimiento de competencias, siendo ésta una necesidad del sistema educativo tradicional, la cual exige cambios estructurales importantes. Este sistema tradicional, basado en la impartición de asignaturas y la transmisión unidireccional de contenidos, ha establecido una

estructura jerárquica para el saber, determinando intensidades horarias superiores para las asignaturas “duras”, y menospreciando el trabajo desde perspectivas artísticas y deportivas.

Existen diversas perspectivas para la estructuración de una Educación STEM/STEAM, entendida ésta como una educación integrada que fomenta el pensamiento complejo y sistémico, las cuales comprenden diferentes niveles de integración de acuerdo con Bybee (2013, citado por Botero, 2018). También, se han presentado modelos para clasificar los niveles de integración disciplinar en la construcción de una concepción STEM/STEAM (Vásquez, Sneider y Corner, 2013; citados por Botero, 2018). Dichas perspectivas y niveles de integración se presentan en la tabla 1.

**Tabla 1. Perspectivas de la Educación STEM/STEAM.**

Perspectiva	Descripción
Silos y huecos	Dos asignaturas cuentan con un contenido curricular importante, mientras las otras dos cuentan con poco o nada de presencia en el currículo. Generalmente en esta perspectiva, las dos asignaturas con contenido importante son Matemáticas y Ciencias, mientras Tecnología e Ingeniería cuentan con una pobre o nula participación en el currículo.
Asignatura líder	Todas las asignaturas se ven como pares, es decir, se perciben al mismo nivel. Así, una de ellas es tomada como líder que contiene a las demás
Silos	Es la manera más común de encontrar las asignaturas actualmente, separadas curricularmente y con contenido independiente
Interconexión a través de otra asignatura	Una asignatura es empleada como puente para conectar otras dos, de contenido independiente. Por lo general, son Tecnología y/o Ingeniería los puentes entre Matemáticas y Ciencias.
Coordinación	Aparece cuando el equipo docente de las diferentes asignaturas trabaja de manera colaborativa para trabajar en los conceptos y/o habilidades necesarias en el desarrollo de una competencia
Combinación	Los contenidos se enlazan en una asignatura especial que tiene, regularmente, un objetivo enfocado al diseño de un producto <sup>5</sup>
Superposición	Se aprecia en procesos de investigación que requieren la incorporación de contenidos temáticos
Integración multidisciplinaria o temática	Se aplica cuando se pretende dar al estudiante coherencia curricular, es decir, se desarrollan temas que pueden ser abordados desde diferentes asignaturas
Integración interdisciplinaria	El currículo permite tratar los temas de diferentes asignaturas para que se fusionen, haciendo que ambas asignaturas busquen desarrollar conocimientos y habilidades iguales
Integración completa o transdisciplinaria	Un proyecto que presenta al estudiante un problema de la vida real, y que responde a necesidades reales de la sociedad, permite agregar todas las asignaturas de forma holística

**Fuente:** Bybee (citado por Botero, 2018); Vásquez, Sneider y Corner, (citados por Botero, 2018).

<sup>5</sup> En el ejemplo propuesto por Botero Espinosa (2018), un curso STEM es generado a través de la combinación de Ciencias, Matemáticas y Tecnología; Ingeniería entra a participar a partir de los procesos de diseño asociados al producto que se pretende obtener en dicho curso.

Botero (2018), enlista los aspectos que hacen de STEM/STEAM una educación diferente de otras propuestas para la transformación educativa. Si bien emplea el acrónimo STEM, dado que responde a la concepción original para la integración curricular, en donde las Artes y Humanidades están presentes en virtud de esta integración, en este documento se usa STEM/STEAM para incluir ambas concepciones y mostrar los criterios de este trabajo como no excluyentes; también, para emplear el término acuñado por la Organización de los Estados Americanos (OEA, 2017) que pretende conciliar ambas perspectivas:

- Trae problemas globales que el ciudadano debe entender.
- Cambia la percepción de los problemas medioambientales y asociados.
- Reconoce las habilidades para actuar en una sociedad eminentemente tecnológica.
- Incluye la ingeniería en la enseñanza de las ciencias.
- Se enseñan las ciencias y las matemáticas a través del diseño.
- Se da un significado nuevo a la instrucción en las áreas STEM/STEAM.
- Trae el concepto de la integración como un todo.
- Le da sentido a lo que los estudiantes aprenden.
- Los estudiantes se familiarizan con un contenido específico de manera más profunda.
- La instrucción en STEM/STEAM es una prioridad para todos los estudiantes, inclusive, con diferentes formas de aprendizaje.
- La instrucción en STEM/STEAM es importante tanto para estudiantes como para profesores.
- Incluye con la ingeniería el proceso de diseño.
- Trae una cultura de estudiantes que se cuestionan las cosas, que innova, y esto permea a todo el colegio.
- Hace a los estudiantes competentes para las pruebas, de tal manera que es una consecuencia y no una meta a donde queremos llegar.
- Se evalúa al estudiante, no por cuanto sabe, sino por cómo se desempeña.
- La dinámica es ahora centrada en el estudiante.
- Se está preparado para preguntas espontáneas, así como para investigaciones planeadas.
- Se centra en la invención y en la innovación.

En la implementación de cada nueva dinámica educativa, se requiere la determinación de fases que permitan realizar la transición de un esquema a otro (El-Deghaidy, 2017); generalmente, esto se lleva a cabo mediante acciones paliativas, reactivas y de corto plazo, tales como reuniones y capacitaciones cortas, así como la creación de indicadores de gestión cuya esencia es en esencia administrativa. El proceso de entrenamiento y difusión que se requiere para estos fines (el cual abarca tanto labores informativas como revisión del

estado del arte y la técnica de interés) se ve ampliamente relegado ante las exigencias de estos ya descritos indicadores, por lo cual no es posible evidenciar mejoras sustentables en los procesos de enseñanza y aprendizaje, mucho menos en la formación por competencias. Se hace necesario, por ende, un ambiente tal que facilite la evaluación de posibles, nuevas estrategias de trabajo, formación y crecimiento, y esto sólo es posible cuando existen principios, hábitos y rutinas sólidos, ordenados y proactivos, que involucren notablemente a todo miembro de la comunidad.

Es por ello que, la Cultura STEAM, puede definirse como una cultura favorecedora de la innovación científica, artística y tecnológica sostenible, basada en el aprendizaje significativo (Ausubel & Fitzgerald, 2012) y dinámico como prioridad dentro de la concepción del otro como par, a través del pensamiento crítico-flexible, la comunicación y el trabajo colaborativo. Es válido establecer, por tanto, que la Cultura STEAM es una construcción colectiva que integra perspectivas y expectativas, tanto locales (de la comunidad en específico, así como globales) respecto de las competencias para la ciudadanía global, bajo el pretexto del desarrollo de la mentalidad para la ciencia y la tecnología. En este orden de ideas, la consolidación de una cultura afín con los principios STEAM se hace necesaria para la adopción y adaptación exitosa de este enfoque educativo; generalizando, la adopción y adaptación exitosas de cualquier enfoque o modelo educativo a una comunidad específica, demanda un proceso de preparación de hábitos, rutinas y actitudes, que permitan ensamblar los principios del modelo con los de la comunidad de manera armoniosa.

Desde esta perspectiva, se muestra necesario descomponer el proceso de consolidación de una Cultura STEAM en diferentes fases, requiriéndose en cada una de ellas, un algoritmo de interacción constructiva (Millán, 2014), esto es, un proceso retroalimentado y realimentado que parte de la reflexión individual y culmina en la construcción colectiva para la atención a necesidades específicas y la generación de un conocimiento sólido, sostenible y reproducible mediante el ejercicio de competencias.

La figura 4, muestra las fases para la consolidación de una Cultura STEAM. Como se aprecia en el mismo, el modelo propuesto para el desarrollo y afianzamiento de una Cultura STEAM consta de cuatro etapas, cada una de las cuales permite el fortalecimiento de la conciencia de la comunidad de aprendizaje, favoreciendo una comprensión gradual y proactiva de sus características. La implementación de las etapas parte de la particularidad inmediata y los fundamentos básicos comunitarios, los principios que la hacen única respecto de otras comunidades aledañas, y se expande a través de acciones y prácticas que permean el entorno de forma inmediata y en el mediano y largo plazo.

En la comunión de las habilidades y competencias del siglo XXI y posteriores, que se pretende desarrollar en las comunidades educativas, se establecieron los enunciados directores o principios que comprenden una mentalidad basada en el aprendizaje, la cual resume aquellas habilidades, desempeños y actitudes generales que pueden trascender el tiempo, generando experiencias de aprendizaje dinámicas y auténticas. La composición de esta mentalidad se presenta en la figura 5.

## Definición de una Cultura STEAM



**Figura 4. Fases de consolidación de una Cultura STEAM.**

Fuente: elaboración propia (2019).

## Mentalidad enfocada en el aprendizaje



**Figura 5. Principios para una mentalidad enfocada en el aprendizaje.**

Fuente: elaboración propia (2019).

El compendio de estos principios, que comprenden aspectos emocionales, comunicativos, cognitivos, colaborativos y de respeto por las creaciones del otro, ayuda a establecer acciones de implementación y seguimiento cotidiano, que pueden ser evidenciadas y evaluadas de manera constante por cualquier miembro de la comunidad, facilitando así las acciones de mejoramiento y sostenimiento que se consideren pertinentes.

## Metodología

Partiendo de la concepción de este proceso como la intervención a un sistema, y asumiendo además que la intervención a la estructura cultural de una comunidad de aprendizaje constituye un caso de innovación social enfocada en la Educación, el diseño metodológico de este trabajo se fundamentó en el proceso propuesto por el Pensamiento de Diseño (*Design Thinking*) formulado desde la escuela de Negocios de Harvard (Brown, 2008; Brown & Wyatt, 2010).

Las etapas metodológicas de este trabajo, de acuerdo con su correspondencia con las etapas del Pensamiento de Diseño, se presentan en la tabla 2.

**Tabla 2. Esquema metodológico de acuerdo con las etapas del Pensamiento de Diseño (*Design Thinking*).**

Etapa en pensamiento del diseño	Etapa metodológica
Empatizar (Empathize)	Caracterización de la comunidad.
Definir (Define)	Definición del problema. Formulación de hipótesis de trabajo.
Idear (Ideate)	Análisis del entorno (DOFA). Generación de soluciones y prioridades.
Prototipar (Prototype)	Establecimiento de modelos de aprendizaje y rutinas de trabajo.
Evaluar (Test)	Evaluación del impacto en el corto plazo.

**Fuente:** elaboración propia (2019).

## Resultados

Los resultados presentados a continuación responden a una de las comunidades intervenidas a partir del procedimiento anteriormente mencionado. Éstos reúnen principalmente los cambios que se reflejaron en los hábitos de cada comunidad, tanto a través de prácticas regulares como por manifestaciones cualitativas de transformación, incluyendo: entrevistas de auto y coevaluación, seguimiento colaborativo y cooperativo, observación de la toma de decisiones relacionada con retos y problemas para la evaluación, entre otros.

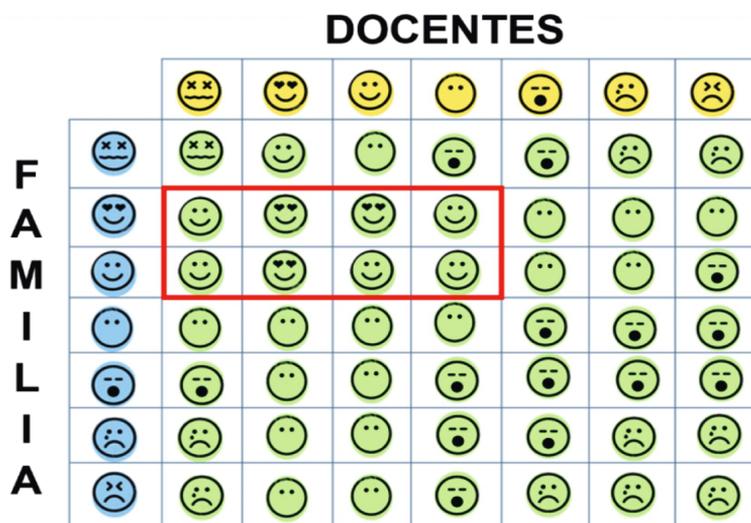
Esta comunidad (tiempo de intervención: 3 años), constituida en una institución educativa de inclusión, identificó su necesidad de mejorar la respuesta académica en las asignaturas relacionadas con las Ciencias Exactas<sup>6</sup>, atendiendo al aprendizaje significativo como elemento indispensable en la práctica educativa. Posterior a la

<sup>6</sup> Si bien aquí se incluyen Matemáticas, Biología, Física y Química, la observación de la comunidad permitió ver que las dificultades asociadas a trabajo con estas asignaturas estaban íntimamente relacionadas con el trabajo desarrollado en Matemáticas. Por tal motivo, se decidió enfatizar en el trabajo desde dicha asignatura, para luego establecer el impacto de las acciones tomadas en el desarrollo de las experiencias de aprendizaje en las demás asignaturas.

observación de las rutinas y demás acciones educativas cotidianas, se definieron los siguientes planteamientos:

- El estudiante es permanentemente influenciado por dos poderosos referentes: padres (acudientes) y docentes. Su respuesta ante cualquier aspecto del proceso de aprendizaje será, en gran parte, reflejo de las respuestas observadas en estos dos modelos.
- El lenguaje (verbal – no verbal), la comunicación de las expectativas y la atención a los estilos comunicativos, son claves en la formación de una base emocional para el aprendizaje, asegurando un impacto positivo en la actitud ante el nuevo conocimiento.

En primer lugar, se estableció un modelo de doble entrada para estimar la respuesta emocional de un estudiante ante un tema, concepto o procedimiento cualquiera, partiendo de la respuesta emocional de sus referentes adultos (padres/acudientes y docentes), clasificándola en siete categorías: amor loco/fanatismo, enamoramiento, aprecio, indiferencia, aburrimiento, tristeza/temor y enojo. Este modelo se basó en la observación y entrevista a distintos estudiantes y sus familias, a lo largo de varios años y en diferentes comunidades, en contextos académicos, tales como: reuniones de seguimiento, formación a padres, espacios de autoevaluación, entre otros. El modelo se presenta en la figura 6.



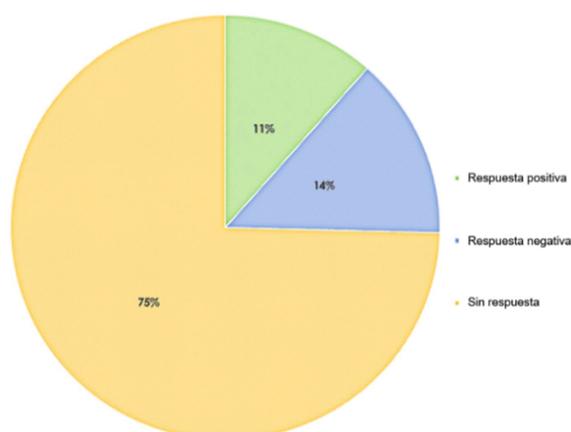
**Figura 6. Modelo de doble entrada emocional para estimación de la respuesta del estudiante ante el conocimiento<sup>7</sup>.**

Fuente: elaboración propia (2019).

<sup>7</sup> En éste, se resaltan las respuestas emocionales deseadas en los estudiantes, a fin de definir las respuestas requeridas en sus referentes adultos.

El modelo presenta una combinación particular de actitudes referentes para fomentar en los estudiantes una respuesta emocional positiva al aprendizaje en general: las emociones positivas de los referentes familiares afectan notablemente la respuesta de los estudiantes, mientras que las respuestas de los docentes se localizan en un espectro más amplio, pero positivo en su mayoría. Adicionalmente, este modelo muestra la indiferencia como respuesta más común, lo cual explica que la mayor parte de los estudiantes no logran los resultados esperados a pesar de las ayudas didácticas y metodológicas que puedan recibir.

Para revisar el estado de los estudiantes de la comunidad en este aspecto, se establecieron actividades de diagnóstico para evaluar de forma preliminar el impacto emocional de términos matemáticos relacionados con operaciones, herramientas y conceptos, en comparación con otros términos de uso cotidiano, tanto dentro como fuera de la escuela. Las respuestas obtenidas fueron clasificadas en tres categorías de respuesta emocional ante cada escenario: respuesta emocional positiva, negativa y sin respuesta. Los resultados se presentan en la figura 7.



**Figura 7. Respuesta emocional vinculada a términos asociados a vivencias en el aprendizaje matemático.**

**Fuente:** elaboración propia (2019).

En consonancia con el modelo desarrollado, la mayoría de los estudiantes que desarrollaron la actividad diagnóstica demostraron una respuesta emocional nula ante términos ligados a la vivencia de aprendizaje formal de la Matemática<sup>8</sup>, explicándose de ese modo la dinámica de aprendizaje netamente procedimental y en el corto plazo que fue reportada desde el inicio de la intervención. Las otras dos respuestas, tanto positiva

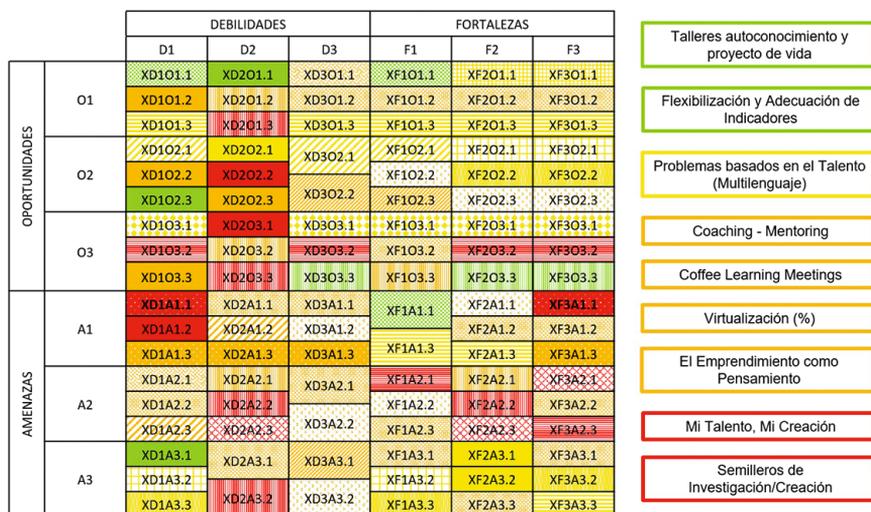
<sup>8</sup> En el documento se encontrarán dos términos: Matemáticas y Matemática. Mientras el primero se refiere al nombre recibido generalmente por la asignatura en el plan escolar, la segunda guarda relación con el área del conocimiento.

como negativa, respondieron a estudiantes que presentaron desempeños extremos en la asignatura<sup>9</sup>. Esto dio cabida a un análisis DOFA básico, fundamentado en los criterios de la tabla 3 y con los resultados que se muestran en la figura 8.

**Tabla 3. Criterios comunitarios para el análisis DOFA básico.**

	Debilidades	Oportunidades	Fortalezas	Amenazas
1	Heterogeneidad académica del grupo	Procesos de búsqueda vocacional	Modelo pedagógico institucional	Antecedentes respuesta emocional desfavorable
2	Alta rotación (ingresos y egresos) de estudiantes	TICs como biblioteca (disponibilidad 24/7)	Pensamiento Sistémico y Aprendizaje Significativo	Edades superiores a los 10 años
3	Hábitos de estudio ineficientes/nulos	Medios promotores de emprendimiento	Tamaño de grupos (15-20 estudiantes)	Uso suplementario de TICs

Fuente: elaboración propia (2019).



**Figura 8. Análisis DOFA básico, con selección de actividades recurrentes para la transformación de la cultura institucional ante el aprendizaje.**

Fuente: elaboración propia (2019).

<sup>9</sup> Hubo estudiantes con un alto desempeño académico, que disfrutaban las sesiones de aprendizaje y práctica, y otros que tuvieron desempeños tanto altos como muy bajos, sumados a altos niveles de estrés relacionados con una exigencia desmedida en casa.

Las actividades propuestas a partir del análisis DOFA fueron revisadas en el marco de la dinámica comunitaria, para establecer su periodicidad e intensidad horaria. Con éstas, pudo ratificarse la estructura de clase y elaborar un compendio de instrumentos de evaluación que dieran cuenta de las estrategias de integración académica para la promoción de respuestas emocionales positivas y consecuentes experiencias de aprendizaje más significativas y auténticas. Entre estos instrumentos, aparecieron los proyectos de indagación y creación, en los que se establecieron rutinas de aula y entregables definidos, como se presentan en la tabla 4.

**Tabla 4. Rutinas de aula y entregables mínimos trabajados en los proyectos de indagación y creación**

Rutinas de aula	Entregables mínimos de proyecto
Momento de Silencio y toma de Asistencia. Calentamiento. Resumen clase anterior. Pregunta de apertura y trabajo reflexivo. Socialización y retroalimentación. Traducción.	Bitácora. Reporte. Presentación. Artículo (si aplica). Nuevas preguntas.

**Fuente:** elaboración propia (2019).

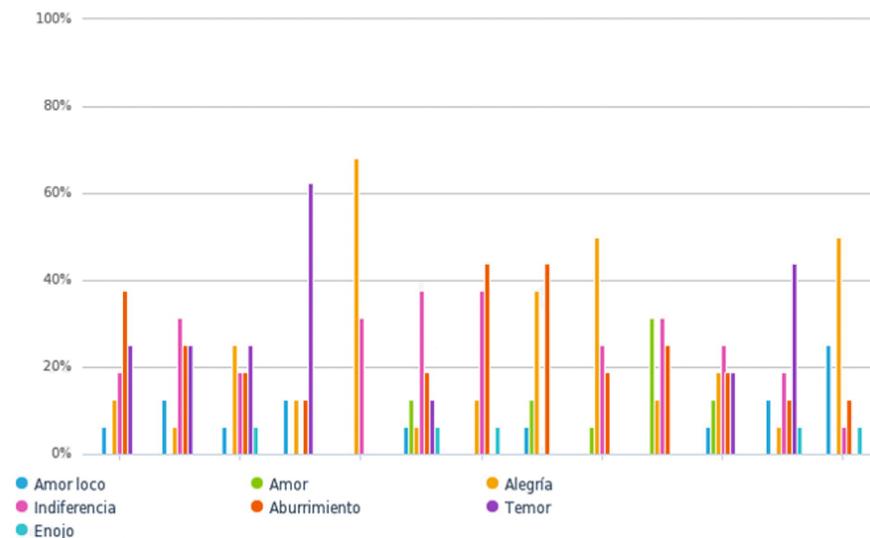
Desde este primer frente, se lograron diferencias sustanciales en la percepción de los estudiantes ante las actividades relacionadas con el aprendizaje en clase de Matemáticas, lo cual se demostró a través de una prueba previa y posterior al trabajo desarrollado con la comunidad, a modo de cuestionario, en la cual se indagó por la emoción presente en diferentes situaciones alusivas a la dinámica escolar de aprendizaje matemático. Dicho cuestionario se realizó con una sola pregunta: ¿qué emoción experimentas ante cada situación? Luego, se dieron a conocer 13 escenarios, a saber:

1. Escuchas a alguien decir “¡Vamos a clase de Matemáticas!”.
2. Entrás a clase de Matemáticas.
3. Resuelves un problema numérico.
4. Presentas un examen de Matemáticas.
5. Escuchas a un amigo hacer un chiste matemático.
6. Hablas sobre Matemáticas con tus padres.
7. Hablas sobre Matemáticas con tus amigos.
8. Lees un libro de Matemáticas.
9. Haces una tarea de Matemáticas con un amigo.
10. Haces una tarea de Matemáticas con tus padres.
11. Haces una tarea de Matemáticas por tu cuenta.

12. Te enteras de que habrá un proyecto de Matemáticas.

13. Sales de clase de Matemáticas.

Los resultados previos se presentan en la figura 9, y los resultados posteriores en la figura 10.



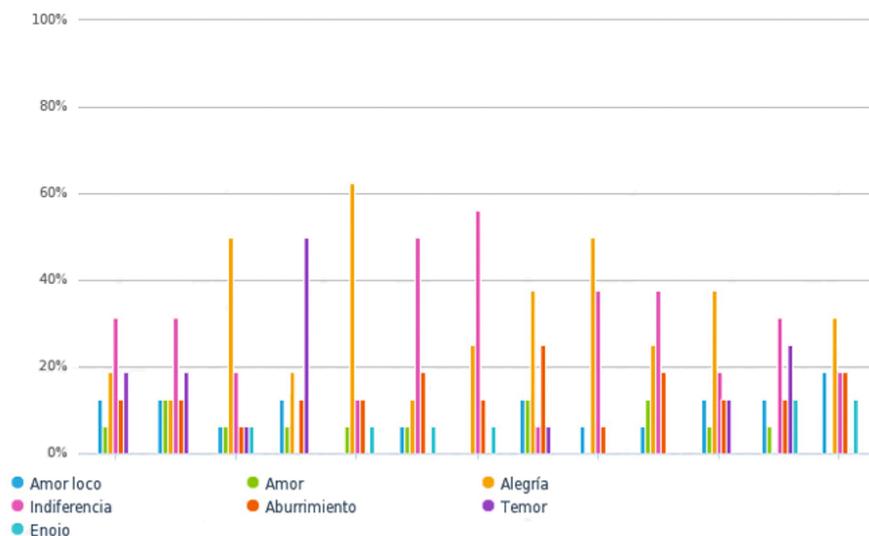
**Figura 9. Cuestionario ¿qué emoción experimentas ante cada situación? – Resultados previos.**

**Fuente:** elaboración propia (2019).

Se aprecia una mayoría de respuestas emocionales negativas y nulas en este primer acercamiento, lo cual es consistente con lo que se evidenció en el diagnóstico. Las respuestas de indiferencia<sup>10</sup> y aburrimiento ocupan una buena parte de las respuestas en la mayoría de las actividades, mientras que el amor sólo figura en cinco de las trece situaciones formuladas. Por otro lado, las respuestas asociadas a la alegría fueron notorias en la situación 5, seguidas de las situaciones 8, 9 y 13; estas situaciones se caracterizan por la desvinculación del aula de clase (se perciben ajenas a la típica rutina de aula) y su desarrollo como una vivencia

<sup>10</sup> La indagación respecto del porqué a la elección de la respuesta indiferente, tanto antes como después de la intervención, mostró motivaciones notablemente distintas: la respuesta más común con los resultados previos indicó que *no importaba la actividad que se hiciera, porque al fin y al cabo esperarían a que el tiempo pasara para que se acabara rápidamente, aunque no catalogarían su respuesta como aburrimiento*; en cambio, con los resultados posteriores se obtuvo que *no importaba la actividad que se hiciera, sentían que podían afrontarla debidamente y se sentían tranquilos al respecto*.

grupal, ya sea con padres o amigos (se aprecian como escenarios en donde otra persona acompaña y respalda al estudiante, haciendo que enfrentarse a la Matemática sea más llevadero); en la misma línea, el temor cuenta con mayor cantidad de respuestas en las situaciones 4 y 12, en donde se declara la intención evaluativa.



**Figura 10. Cuestionario ¿qué emoción experimentas ante cada situación? – Resultados posteriores.**

**Fuente:** elaboración propia (2019).

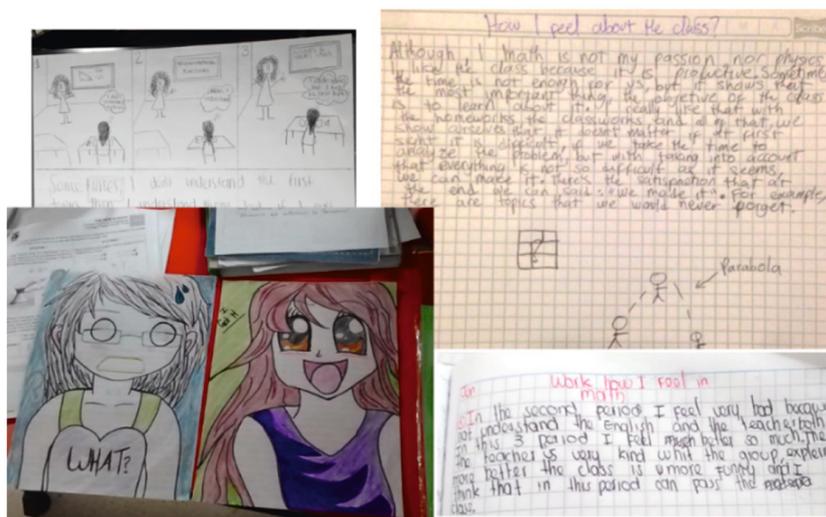
Es clara la disminución de respuestas asociadas al aburrimiento en la mayor parte de las situaciones, a excepción de la quinta<sup>11</sup>; una mayor gama emocional apareció en situaciones que anteriormente contaban sólo con unas pocas respuestas, siendo esto atribuible a un mayor criterio para analizar dichas situaciones, y el establecimiento de una mayor conexión emocional con los saberes y personas que hacen parte de esa vivencia. El temor, adicionalmente, mostró una menor presencia en las respuestas emocionales posteriores, lo cual permite sugerir un positivo impacto de la intervención realizada, sobre la relación de los estudiantes con el proceso de aprendizaje matemático.

También, dentro del proceso de evaluación del mismo, se pidió a los estudiantes que manifestaran su autopercepción ante el aprendizaje matemático en el aula de manera

<sup>11</sup> En la misma línea, los estudiantes reconocieron que su criterio para comprender un chiste de esta naturaleza había mejorado, por lo cual podían relacionar su respuesta emocional con la calidad del chiste contado por su par, y con las relaciones que podían hacer con el mismo y otros contextos.

comparativa, esto es, valorando las actitudes y aptitudes iniciales y posteriores al proceso de intervención. Se pidió a estos estudiantes que emplearan la estrategia de comunicación (gráfica, escrita impresa, escrita digital, audiovisual) que prefirieran, siempre y cuando la comparación fuera lo suficientemente clara como para declarar el cambio como considerable o poco significativo<sup>12</sup>.

Algunas de las valoraciones realizadas por los estudiantes, se compilan en la figura 11.



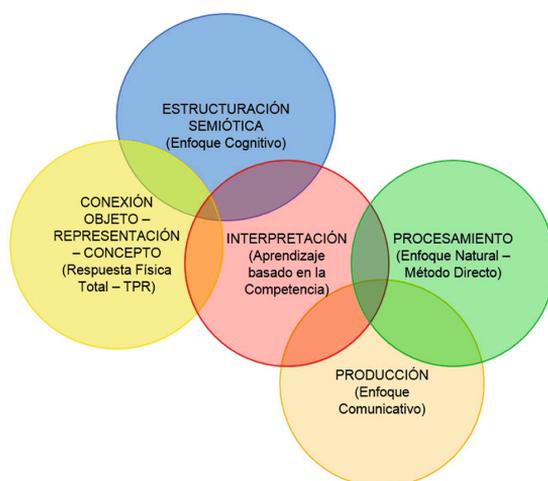
**Figura 11. Evaluación comparativa de la autopercepción de los estudiantes ante el aprendizaje matemático.**

**Fuente:** elaboración propia (2019).

Se encontró que la intervención a la respuesta emocional del estudiante permitió en gran medida identificar los puntos clave de atención para la creación de la rutina de clase. En atención a esta respuesta dentro de la rutina de aula, la comunicación abierta de las expectativas condujo a la creación de un ambiente proactivo, que redundó en la calidad del trabajo realizado por los estudiantes, lo cual a su vez influyó en su autoestima respecto de las clases de Matemáticas y Física. También, el lenguaje positivo como condición para el trabajo en el aula de clase favoreció la comunicación entre pares, permitiendo avanzar significativamente en las tareas desarrolladas colaborativamente.

<sup>12</sup> Esta actividad hizo parte de una serie de estrategias relacionadas con la conciencia del estudiante sobre su proceso de aprendizaje, tanto a nivel cognitivo como emocional, lo cual estuvo siempre soportado por el modelo pedagógico de Formación en Conciencia, bandera de la comunidad educativa.

Por otro lado, y atendiendo al segundo planteamiento, se desarrolló un modelo integrado multietapa para la estructuración del lenguaje matemático, desde una perspectiva lingüística y comunicativa (Gómez Quintero, 2018). Dicho modelo se fundamentó en la concepción de la Matemática como una estructura lingüística<sup>13</sup> que depende de la lengua materna y se incorpora al aprendizaje de manera similar a una lengua adicional, contando con una serie especial de constructos “gramaticales” de fácil relación con cualquier otra lengua. El modelo planteado permite conectar las etapas de adquisición del código lingüístico matemático con el desarrollo de competencias lingüísticas, teniendo siempre en cuenta su relación e influencia; sobre él se fundamenta el diseño de las estrategias e instrumentos para el aprendizaje de los estudiantes, apelando a su experiencia con el entorno para la construcción de conceptos y el análisis de las variables involucradas en su relación con los objetos de estudio y su potencial variación en el tiempo. El esquema del modelo se aprecia en la figura 12.



**Figura 12. Enfoque integrado multietapa para el aprendizaje matemático desde una perspectiva lingüística y comunicativa.**

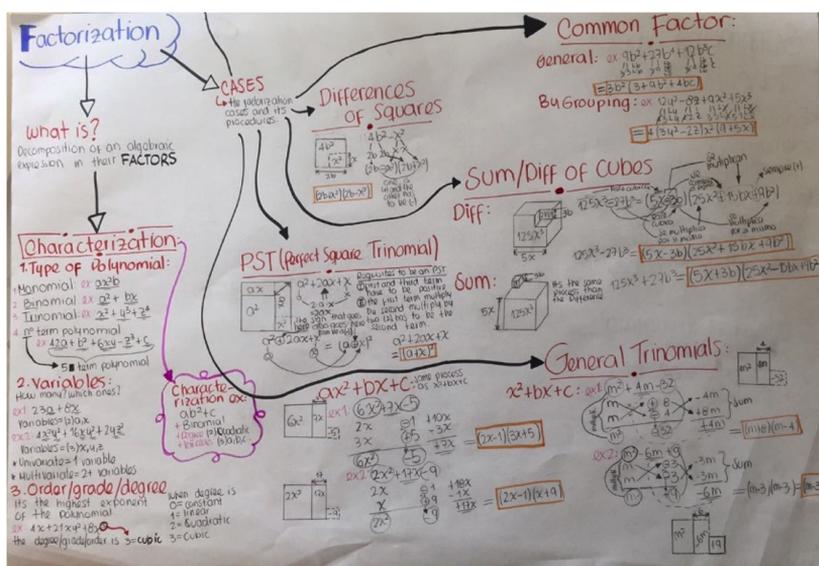
**Fuente:** elaboración propia (2019).

El modelo generado define cinco etapas, permanentemente retroalimentadas, que comprenden la conformación de un proceso de comunicación matemática sustentado en la consolidación del proceso comunicativo natural, es decir, en el fortalecimiento de las habilidades de recepción y producción de información de maneras oral y escrita. De este modo, las competencias comunicativas matemáticas esperadas guardan estrecha relación

<sup>13</sup> Se habla de *estructura lingüística* y no de *lengua*, ya que lo que conocemos como *lenguaje matemático* no cumple con todos los criterios para ser catalogado como *lengua*: aunque cuenta con un código para la comunicación, no es el medio de comunicación oficial en un país, ni tiene hablantes nativos.

con las competencias comunicativas naturales, y los criterios de evaluación se ven modelados en función de éstas (Anderson, Krathwohl y Bloom, 2001)<sup>14</sup>.

Bajo esta luz, se establecieron estrategias de trabajo en el aula que facilitarían el proceso translingüístico, tanto para la construcción de conceptos y sus relaciones, como para la matematización de situaciones que se espera estudiar: el uso de fichas, bitácoras, mapas mentales, *word clouds*, listas de chequeo, entre otras herramientas e instrumentos de evaluación, ensamblaron una estructura de trabajo enfocada en la atención al proceso de pensamiento y su manifestación en cada uno de los distintos productos (figura 13); en otras palabras, se diseñaron instrumentos para la evaluación del desempeño de los estudiantes de una manera más confiable, atendiendo a los aspectos particulares del proceso y a la autogestión del conocimiento. Uno de éstos es la Lista de Chequeo para la Solución de Problemas (*Problem Solving Checklist*), instrumento basado en el Ciclo para la Solución de Problemas, propuesto por George Polya (1965), cuya finalidad es hacer evidente la representación y consecuente modelación de situaciones problema, en aras de una evaluación e intervención puntuales y confiables sobre el proceso de aprendizaje (figura 14).



**Figura 13. Mapa mental realizado por un estudiante, como material de apoyo para la prueba de desempeño, teniendo en cuenta los modelos construidos en el aula.**

Fuente: elaboración propia (2019).

<sup>14</sup> Con estudiantes en edad preescolar, la comunicación del proceso de pensamiento es evidenciado mediante preguntas de orientación realizadas por el tutor o docente, de cuyas respuestas se puede guardar un registro audiovisual o escrito realizado por dicho docente para concentrar la atención en la valoración del proceso de razonamiento por encima del dominio de las estrategias comunicativas básicas.



**Figura 14. Componentes de la Lista de Chequeo para la Solución de Problemas (Problem Solving Checklist).**

**Fuente:** elaboración propia (2019).

Se hizo evidente en los estudiantes una mayor conciencia respecto a las tareas relacionadas con la solución de problemas, y las estrategias ejecutadas tanto individuales como colaborativamente, siendo estas últimas las más valoradas al momento de evaluar la pertinencia y refinamiento de las estrategias y herramientas empleadas para la modelación de la situación y la solución del problema en cuestión. En términos académicos, el enlace de la Matemática con otros conocimientos, así como con diversos contextos, promovió el uso de múltiples lenguajes en la comunicación del razonamiento matemático. Esto afectó positivamente el nivel de confianza de los estudiantes a la hora de expresar sus líneas de razonamiento para resolver problemas. Además, el uso de Proyectos de Indagación y Creación, con su correspondiente bitácora, permitió hacer un seguimiento de los procesos cognitivos asociados al desarrollo de cada proyecto, apoyando la retroalimentación efectiva.

## Conclusiones

Se sugiere que el enfoque STEM/STEAM, más allá de demandar unos recursos y estrategias de aprendizaje rígidos, promueve el uso de metodologías y estrategias

diversas en pro de la construcción de un esquema educativo integral y favorecedor de la innovación por parte de toda comunidad educativa. Es, en sí, un pretexto para el reconocimiento de una comunidad de aprendizaje como ente dinámico y colaborativo, en el que la influencia individual es determinante para su crecimiento. De este modo, el tradicional prejuicio respecto del aprendizaje como objeto inamovible se desintegra para abrir aún más paso a un paradigma educativo basado en la concepción del individuo, del otro y de su entorno como seres y escenarios complejos que funcionan sistémicamente, haciéndose permanentemente evaluables.

### Límites, retos y desafíos

La actual inercia educativa, que es función de la inercia cultural, ralentiza los procesos de transformación de una comunidad, especialmente cuando la pauta de cambio se establece repentina y unilateralmente. Se propone entonces que esta estructura de trabajo, en caso de considerarse pertinente para la comunidad académica, sea alineada con el Proyecto Educativo Institucional, para garantizar la alineación entre la filosofía y la práctica comunitaria, entregándose así insumos sólidos a una potencial comunidad de aprendizaje.

### Recursos tecnológicos involucrados en las experiencias de aprendizaje

Algunos de los recursos tecnológicos empleados son citados en la tabla 5.

**Tabla 5. Algunos recursos tecnológicos digitales empleados por la comunidad.**

Búsqueda de información	Práctica y seguimiento	Creación de contenido	Comunicaciones
Motores de búsqueda (Google, Yahoo)	Vektor App, por	Filmora	Plataforma institucional
Biblioteca institucional	Cognition Matters	Educreations	Oficina de
Bases de datos (ScienceDirect, Scopus)	Learn Alberta, por	Editores de texto	Comunicaciones
Portales específicos para información puntual	Alberta University	ScreenCast-o-Matic	YouTube
			Edmodo
			Instagram

**Fuente:** elaboración propia (2019).

**Tabla 6. Enlaces para ampliar la experiencia.**

Descripción	Enlace
Blog “Las notas de clase de Marcela Gómez”	<a href="https://www.lasnotasdeclasedemarcelagomez.blogspot.com">https://www.lasnotasdeclasedemarcelagomez.blogspot.com</a>
Artículo “Cultura STEAM y la educación para el siglo XXI”	<a href="http://rutamaestra.santillana.com.co/edicion-18/cultura-steam-y-la-educacion-para-el-siglo-xxi/">http://rutamaestra.santillana.com.co/edicion-18/cultura-steam-y-la-educacion-para-el-siglo-xxi/</a>
Tesis de maestría “Competencia comunicativa de la matemática: un enfoque para la modelación de situaciones problema”	<a href="https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/3928/COMPETENCIA%20COMUNICATIVA%20DE%20LA%20MATEM%C3%81TICA%20UN%20ENFOQUE%20PARA%20LA%20MODELACI%C3%93N%20DE%20SITUACIONES%20PROBLEMA.pdf">https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/3928/COMPETENCIA%20COMUNICATIVA%20DE%20LA%20MATEM%C3%81TICA%20UN%20ENFOQUE%20PARA%20LA%20MODELACI%C3%93N%20DE%20SITUACIONES%20PROBLEMA.pdf</a>
Presentación “Componente emocional en el aprendizaje de la Matemática y la Física”	<a href="https://es.slideshare.net/galatea1987/encuentro-investigacin-escolar-componente-emocional-del-aprendizaje-math-physics">https://es.slideshare.net/galatea1987/encuentro-investigacin-escolar-componente-emocional-del-aprendizaje-math-physics</a>
Presentación “STEAMCulture: insights and habits rather than outcomes”	<a href="https://drive.google.com/file/d/0B9X_ut9YyVHWSS1nRHpDaVcwcXM/view">https://drive.google.com/file/d/0B9X_ut9YyVHWSS1nRHpDaVcwcXM/view</a>
Presentación taller “Estrategias de evaluación en matemáticas y ciencias: construcción de una bitácora a través de la Problem-Solving Checklist”	<a href="https://drive.google.com/file/d/0B9X_ut9YyVHWUí01dGVSNWfJcTQ/view">https://drive.google.com/file/d/0B9X_ut9YyVHWUí01dGVSNWfJcTQ/view</a>
Artículo “Enfoque STE(A)M en Colombia: inicios, perspectivas y posibilidades”	<a href="https://www.slideshare.net/slideshow/embed_code/key/3vmQ0cs7ZzwIkh">https://www.slideshare.net/slideshow/embed_code/key/3vmQ0cs7ZzwIkh</a>
Artículo “Entornos maker para el aprendizaje conceptual: construcción de instrumentos musicales y desarrollo del lenguaje matemático”	<a href="https://easychair.org/conferences/review_for_paper.cgi?paper=3911514;a=19026692">https://easychair.org/conferences/review_for_paper.cgi?paper=3911514;a=19026692</a>
Artículo “Cultura STEAM y creación de hábitos de trabajo”	<a href="https://www.slideshare.net/slideshow/embed_code/key/B2acAZkHkYttfQ">https://www.slideshare.net/slideshow/embed_code/key/B2acAZkHkYttfQ</a>
Entrevista “Cultura STEAM e innovación educativa”	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=Fj5Ta0Mp4-I">https://www.youtube.com/watch?v=Fj5Ta0Mp4-I</a>
Reflexión “STEM Education and Our Learning Process”, por Stefany Jones Beltrán	<a href="https://www.linkedin.com/posts/marcelagomezq_reflection-about-stem-education-by-stefany-activity-6511344211131011072-I2fu">https://www.linkedin.com/posts/marcelagomezq_reflection-about-stem-education-by-stefany-activity-6511344211131011072-I2fu</a>

**Fuente:** elaboración propia (2019).

## Referencias bibliográficas

Anderson, L. W., Krathwohl, D. R. & Bloom, B. S. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Allyn & Bacon.

- Ausubel, D. & Fitzgerald, D. (2001). *Meaningful Learning and Retention: Intrapersonal Cognitive Variables*. Recuperado de: <http://www.jstor.org/stable/pdf/1168901.pdf>.
- Botero, J. (2018). Educación STEM. Introducción a una nueva forma de enseñar y aprender. STEM Education Colombia, Primera Edición; 335 p.
- Brown, D. (2010). *A methodical history of language teaching*. Recuperado de: <https://methodologyshumenextramurals.files.wordpress.com/2013/02/2-a-methodical-history-of-languauge-teaching.pdf>.
- Brown, T. (2008). *Design Thinking*. Recuperado de: [http://www.academia.edu/download/59170818/Design\\_thinking\\_-\\_Harvard\\_business\\_review20190508-105953-1k4c4b7.pdf](http://www.academia.edu/download/59170818/Design_thinking_-_Harvard_business_review20190508-105953-1k4c4b7.pdf), 2008.
- Brown, T. & Wyatt, J. (2010) *Design Thinking for Social Innovation*. Recuperado de: <https://ojs.unbc.ca/index.php/design/article/viewFile/1272/1089>,
- Castro, J., Ayres, P. & PAAS, F. (2015). *The Potential of Embodied Cognition to Improve STEAM Instructional Dynamic Visualization*. En: *Emerging Technologies for STEAM Education – Full STEAM Ahead*. Recuperado de: <http://www.springer.com/la/book/9783319025728>.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014. Recuperado de: <https://www.dnp.gov.co/Plan-Nacional-de-Desarrollo/PND-2010-2014/Paginas/Plan-Nacional-De-2010-2014.aspx>.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. Recuperado de: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Articulado-Plan-Nacional-de-Desarrollo-2018-2022-Pacto-por-Colombia-Pacto-por-la-Equidad.pdf>.
- El-Deghaidy, Heba. (2017). *STEAM Methods: a case from Egypt*. En: *Designing and Teaching the Secondary Science Methods Course. An International Perspective*. Recuperado de: <https://www.springer.com/gp/book/9789463008815>.
- EUROPEAN SCHOOLNET. (2017). *Open Book for Educational Innovation*. Recuperado de: [http://www.eun.org/documents/411753/817341/Open\\_book\\_of\\_Innovational\\_Education.pdf/c1044658-5793-408c-8acb-a041338111ef](http://www.eun.org/documents/411753/817341/Open_book_of_Innovational_Education.pdf/c1044658-5793-408c-8acb-a041338111ef).
- Ge, X., Ifenthaler, D., Spector, J. (2015). *Emerging Technologies for STEAM Education – Full STEAM Ahead*. Recuperado de: <http://www.springer.com/la/book/9783319025728>.
- Gómez, L. (2017). *Cultura STEAM y la Educación para el Siglo XXI*. Recuperado de: <http://www.santillana.com.co/rutamaestra/edicion-18/cultura-steam-y-la-educacion-para-el-siglo-xxi/>.
- Gómez, L. (2018). *Competencia comunicativa de la matemática: un enfoque para la modelación de situaciones problema*. Recuperado de: <https://repository.upb.edu/bitstream/handle/20.500.11912/3928/COMPETENCIA%20COMUNICATIVA%20DE%20LA%20MATEM%C3%81TICA%20UN%20ENFOQUE%20PARA%20LA%20MODELACI%C3%93N%20DE%20SITUACIONES%20PROBLEMA.pdf>.

- Hirsch, G. (1998). *Model of Educational Innovation*. Recuperado de: <https://www.systemdynamics.org/assets/conferences/1998/PROCEED/00055.PDF>.
- Lampis, A. y Kiku, L. (2012). *Colombia, entre lo local y lo global: la inserción de las regiones en la nueva economía global*. Recuperado de: [http://poligramas.univalle.edu.co/index.php/sociedad\\_y\\_economia/article/view/4027](http://poligramas.univalle.edu.co/index.php/sociedad_y_economia/article/view/4027).
- Martínez, J. (2017). *The Search for Method in STEAM Education*. Recuperado de: <http://www.palgrave.com/la/book/9783319558219>
- Martínez B. (2008). *¿Pero qué es la innovación educativa?* Recuperado de: <https://www.uv.es/bonafe/Innovaci%c3%b3nCUADERNOS.pdf>.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL – MEN. Enfoque de Competencias en la Educación: del conocimiento al uso y apropiación. Recuperado de: <https://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/w3-article-275791.html>.
- OECD. *Innovating Education and Educating for Innovation*. Recuperado de: <http://www.oecd.org/education/cei/GEIS2016-Background-document.pdf>.
- ONU. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado de: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Perkins, D. (1993). *Teaching for Understanding*. Recuperado de: [http://www.personal.psu.edu/kzc163/blogs/insys527\\_dsgn\\_cnstr\\_lrn\\_env/2013/02/perkins-1993-teaching-for-understanding.html](http://www.personal.psu.edu/kzc163/blogs/insys527_dsgn_cnstr_lrn_env/2013/02/perkins-1993-teaching-for-understanding.html).
- Polya, G. (1965). *How to solve it?* Recuperado de: [https://www.academia.edu/27692629/George\\_Polya\\_1965\\_.C%C3%B3mo\\_plantear\\_y\\_resolver\\_problemas\\_t%C3%ADtulo\\_original\\_How\\_To\\_Solve\\_It\\_.M%C3%A9xico\\_Trillas\\_215\\_pp](https://www.academia.edu/27692629/George_Polya_1965_.C%C3%B3mo_plantear_y_resolver_problemas_t%C3%ADtulo_original_How_To_Solve_It_.M%C3%A9xico_Trillas_215_pp).
- Richards, J. y Rodgers, T. (2002). *Approaches and Methods in Language Teaching*. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/264205979\\_Approaches\\_and\\_Methods\\_in\\_Language\\_Teaching\\_2nd\\_ed](https://www.researchgate.net/publication/264205979_Approaches_and_Methods_in_Language_Teaching_2nd_ed).
- Rikkerink, M., Verbeeten, H., Simons, R. & Ritzen, H. (2015). *A new model of educational innovation: Exploring the nexus of organizational learning, distributed leadership, and digital technologies*. Recuperado de: <http://www.nso-cna.nl/wp-content/uploads/2016/08/Rikkerink-Verbeeten-Simons-Journal-of-Educational-Change-2015.pdf>.
- Samudio, I., Castro, D., Gómez, L. y Osorio, J. (2017). *La virtualidad y los cambios de rol en el aprendizaje*. Recuperado de: <https://lasnotasdeclasedemarcelagomez.blogspot.com/2017/01/?m=0>.
- Tobón, S. (2005). *Formación basada en Competencias*. Recuperado de: <https://www.uv.mx/psicologia/files/2015/07/Tobon-S.-Formacion-basada-en-competencias.pdf>.
- Yakman, G. (2008). *STEAM Education: an overview of creating a model of integrative education*. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/327351326\\_STEAM\\_Education\\_an\\_overview\\_of\\_creating\\_a\\_model\\_of\\_integrative\\_education](https://www.researchgate.net/publication/327351326_STEAM_Education_an_overview_of_creating_a_model_of_integrative_education).

## CAPÍTULO V

### EDUCACIÓN STEM INTEGRADA COMO ESTRATEGIA PARA LA PERMANENCIA ESTUDIANTIL EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR

#### **Sandra Barragán**

Doctora en Modelado para la Política y la Gestión Pública. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Correo electrónico: [sandra.barragan@utadeo.edu.co](mailto:sandra.barragan@utadeo.edu.co). ORCID <http://orcid.org/0000-0001-6503-4445>.

#### **Favio Cala**

Doctor en filosofía. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Correo electrónico: [favio.cala@utadeo.edu.co](mailto:favio.cala@utadeo.edu.co). ORCID <http://orcid.org/0000-0001-8953-9034>.

#### **Resumen**

La deserción estudiantil en las Instituciones de Educación Superior colombianas es un fenómeno resistente a las políticas públicas y privadas. En los últimos años se ha intensificado alcanzando la segunda tasa más alta en América Latina. Para mejorar la capacidad institucional en la gestión de la permanencia estudiantil, en este trabajo se analiza la contribución de la educación STEM integrada a través de la modelación matemática al mejoramiento de la calidad académica y al incremento del nivel de logro académico de los estudiantes. Este mejoramiento se constituye en un eje importante del modelo gubernamental para morigerar las causas asociadas al determinante académico. Particularmente, se enfatiza en la metodología de enseñanza basada en estilos de aprendizaje mediante la educación STEM integrada, puesto que permite desarrollar competencias en los estudiantes, así como fortalecer la práctica educativa. Para ilustrar el enfoque analizado, se presentan dos ejemplos de la modelación matemática aplicados al contexto de los dominios cognitivos del Álgebra Lineal y del Cálculo Vectorial enmarcados en el *habitus* institucional de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Adicionalmente, se muestran ítems diseñados para evaluar el nivel de logro académico de los estudiantes, dada la importancia de alinear los objetivos de formación, las actividades de clase y la evaluación. El proceso de evaluación y seguimiento de la metodología se encuentra en progreso. Se han adelantado observaciones y mediciones que revelan aspectos positivos de esta implementación. Se concluyó que la adopción de la modelación matemática facilita el desarrollo de las competencias de los estudiantes en los sentidos educativo y laboral, al mismo tiempo que fortalece la práctica educativa al fomentar la actualización de las habilidades docentes y de investigación de los profesores.

**Palabras clave:** deserción estudiantil, educación STEM integrada, graduación oportuna, matemáticas.

## INTEGRATED STEM EDUCATION AS A STRATEGY FOR STUDENT PERMANENCE IN HIGHER EDUCATION

### Abstract

Student dropout in Higher Education Institutions is a phenomenon resistant to public and private policies, but the situation has dramatically intensified over recent years. The Colombian dropout rate is the second highest in Latin America. To improve the institutional capacity in the management of student permanence, this chapter analyses the contribution of integrated STEM education using mathematical modelling for the improvement of academic quality and student academic level. This improvement is an important component of the government model. In this chapter, the teaching methodology based on learning styles is emphasised. To illustrate the approach analysed, two examples of mathematical modelling in the context of Linear Algebra and Vector Calculus cognitive domains are displayed. These examples are framed in the institutional habitus of the Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Also, closed-ended questions designed to assess students' level of knowledge are shown given the importance of aligning training objectives, class activities and assessment. Although the process of monitoring and evaluation of the methodology is in progress, observations and measurements revealed positive aspects of this implementation. Among these, it was concluded that the adoption of mathematical modelling facilitates the development of students' competencies in the educational and work senses, simultaneously strengthening the educational practice by encouraging the updating of the teaching and research skills of teachers.

**Keywords:** integrated STEM education, mathematics, student dropout, timely graduation.

**Proyecto de investigación:** Una aproximación a la retención estudiantil en la educación superior colombiana desde una perspectiva de modelación.

### Introducción

En abril de 2019, Santos y Cajiao, (2019) expusieron 8 razones por las que las matrículas a nivel universitario se redujeron entre un 10% y 20% en Colombia. En lo que es modificable por las Instituciones de Educación Superior (IES), se puede mencionar que a los jóvenes la forma tradicional de adquirir conocimientos ya no les resulta atractiva, más aún, considerando todas las formas de acceso al conocimiento que encuentran en internet, adicionalmente, ya no se interesan en procesos de formación de 4 años que no los hacen competitivos en el campo laboral; mismos que además los hace sentir incapaces (Santos y Cajiao, 2019). El adjetivo «brutal» empleado por estos autores, para referirse a esta baja de matrículas no es algo desprevenido y en todas las IES colombianas se ha experimentado.

Ante este panorama, el objetivo del presente capítulo es explorar la modelación matemática como una alternativa de la educación STEM integrada en su calidad de enfoque interdisciplinario que permite el mejoramiento de la calidad académica, el incremento del

nivel de logro académico de los estudiantes y de las habilidades docentes en las IES, lo que favorece la permanencia estudiantil y la graduación oportuna.

## Fundamentación teórica

### La educación STEM

El significado del acrónimo STEM es “*Science, Technology, Engineering and Mathematics*” (en español, a veces se refieren a educación CTIM como acrónimo de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas). La educación STEM es un enfoque para el aprendizaje en el que se logra la aproximación a conceptos académicos con grados de dificultad considerables desde la ciencia, la tecnología, las matemáticas, la ingeniería y las experiencias propias de los estudiantes (TKI, 2019; Vásquez, 2014; Tsupros, Kohler, y Hallinen, 2008; Holmlund, Lesseig, y Slavít, 2018).

Así, la educación STEM implica:

1) la conciencia de los roles de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas en la sociedad moderna; 2) la familiarización con algunos conceptos en cada una de las áreas; y 3) un nivel básico en el dominio de las aplicaciones, es decir, la habilidad crítica para evaluar la ciencia o la ingeniería en un nuevo contexto, resolver problemas de tecnologías comunes y desempeñarse en situaciones básicas de matemáticas para la vida diaria” (National Academy of Engineering and National Research Council, 2014, p. 34).

Adicionalmente, Kelley y Knowles (2016), definen la educación STEM integrada como “enseñar el contenido STEM de dos o más de estos dominios STEM, sujetos a las prácticas STEM dentro de un contexto auténtico con el fin de conectar estos temas para mejorar el aprendizaje de los estudiantes” (p.3), es decir, este enfoque proporciona una aproximación combinada que conecta todas o algunas de las asignaturas STEM a través de un contexto relevante para los estudiantes y que posibilita aprender los contenidos programáticos. Igualmente, Stholmann, Moore y Roehrig (2012), indican que desde esta perspectiva se promueve en el estudiante el uso de alto nivel de pensamiento crítico, de habilidades para solución de problemas y se incrementa la apropiación del conocimiento. Las características de esta novedosa aproximación al conocimiento hacen que el proceso de aprendizaje les resulte a los estudiantes significativo y provechoso en los contextos en los que se desenvuelven.

En otras palabras, abordar situaciones problema reales en ciencias que conlleven a retos en términos tecnológicos, simbólicos o matemáticos potencia habilidades como la negociación, la comunicación, la percepción y el trabajo en equipo (*Power skills*). Como se verá en la sección de ejemplos estas habilidades se impulsan mediante la discusión plenaria y el razonamiento individual. Adicionalmente, el trabajo integrado implica incorporar los dominios conceptuales de varias áreas de la matemática permitiendo la construcción de un argumento envolvente que debe ser: 1) elaborado (individual o colectivamente); 2) contextualizado en el problema original; 3) expuesto; y 4) sostenido frente a los demás participantes. Todo esto contribuye a la formación integral de los estudiantes y les puede

proporcionar un nivel de estímulo suficiente para afianzarse en los cursos y en la misma IES. Propiciar experiencias educativas mediadas por la Educación STEM puede aumentar el compromiso de un estudiante con sus propias metas con la calidad esperada y en el tiempo previsto para las actividades académicas dentro de un plan de estudios.

### **El abandono escolar en Educación Superior en Colombia**

Aunque el fenómeno del abandono escolar no es reciente, en el último par de años se ha agudizado. Como antecedente en las políticas públicas se puede mencionar que en 2009 el Ministerio de Educación Nacional (MEN) en su libro *Deserción estudiantil en la educación superior colombiana. Metodología de seguimiento, diagnóstico y elementos para su prevención* (Ministerio de Educación Nacional, 2009), indicó que un estudiante de una IES es desertor cuando no tiene actividad académica durante dos semestres académicos consecutivos. En las mediciones más recientes se encontró que en noviembre de 2018, el Banco Mundial concluyó que en América Latina Colombia tiene la segunda mayor tasa de deserción, con un 42%, en la Educación Superior después de Bolivia, con 48%, (Casas, 2018). Por otra parte, para el primer semestre de 2016, Colombia tuvo 952.988 estudiantes nuevos, mientras que para la misma época de 2017 tuvo 912.468 lo que representa una reducción de 4,25 puntos porcentuales (Sistema Nacional de Información de la Educación Superior, 2018).

Para el año 2015, el MEN, por medio del Viceministerio de la Educación Superior, promulgó la *Guía para la implementación del modelo de gestión de permanencia y graduación estudiantil en Instituciones de educación superior*. Aquí, el MEN aclara que la permanencia estudiantil es un atributo de las instituciones, ya que es “la iniciativa permanente de las IES para generar estrategias de fortalecimiento de la capacidad institucional, que contribuyan a disminuir las tasas de deserción estudiantil” (Ministerio de Educación Nacional, 2015, p. 196). Para robustecer los programas para la permanencia y la graduación oportuna (PYGO), cada IES debe ocuparse de 8 componentes: 1) Posición y formalización; 2) Cultura de la información; 3) Mejoramiento de la calidad académica; 4) Trabajo conjunto con las instituciones de educación media; 5) Programas de apoyo a estudiantes; 6) Compromiso con el núcleo familiar; 7) Gestión de recursos y 8) Trabajo colaborativo (Ministerio de Educación Nacional, 2015).

La Guía presenta una caja de 37 herramientas distribuidas en los 8 componentes. Dichas herramientas promueven el diseño, seguimiento y evaluación de políticas institucionales, estrategias y acciones para los PYGO. En la tercera componente denominada Mejoramiento de la Calidad Académica se encuentra la Herramienta 13 denominada “Metodología basada en estilos de aprendizaje” (Ministerio de Educación Nacional, 2015). Esta herramienta propende por la identificación de las formas en que los estudiantes de la IES aprenden para generar ayudas didácticas que potencien las competencias de aprendizaje en un ambiente de eficiencia y eficacia apoyado en la cualificación docente (Ministerio de Educación Nacional, 2015).

En ese orden, las cifras de deserción en la educación superior en los niveles nacional e institucional, la dinámica del ausentismo, repitencia, aprobación de los cursos de matemáticas y los requerimientos del MEN, propician la investigación plasmada en este

capítulo. Para alcanzar el objetivo trazado de explorar la modelación matemática en el marco de la educación STEM integrada orientada hacia la permanencia estudiantil y la graduación oportuna, se diseñó el método de investigación que se describe a continuación.

## Metodología

Para la investigación completa se tenía que conjugar un análisis exhaustivo del contexto gubernamental en términos de las políticas públicas y los lineamientos para acreditación de alta calidad institucional con ocasión de circunscribir la propuesta a la misión, la visión y sobre todo a las características de la población, en el orden de abordar los conceptos clave de los cursos de matemáticas y de los postulados de la educación STEM y las alternativas en las que se manifiesta. La metodología de la investigación completa constó de 5 fases que a continuación se describen, pero en el alcance de este capítulo solo se encuentran las fases 2, 3 y 4. En suma, la investigación plasmada en este capítulo es proyectiva y su fuente de datos es documental (fases 2 a 4). Las mencionadas fases son:

Fase 1: Analizar las políticas públicas y la literatura técnica relacionada con la deserción y la permanencia estudiantil en la educación superior.

Fase 2: Estudiar la “Metodología basada en estilos de aprendizaje” y la Educación STEM integrada para comprender cómo se pueden armonizar una en función de la otra. El estudio se dio por separado y luego se encauzó a acoplarlas. La “Metodología basada en aprendizajes” no es la metodología de investigación que gobierna este capítulo, este es el nombre dado por el MEN para la herramienta número 13, del tercer componente llamado mejoramiento de la calidad académica de la *Guía para la implementación del modelo de gestión de permanencia y graduación estudiantil en instituciones de educación superior* (Ministerio de Educación Nacional, 2015). La metodología basada en estilos de aprendizajes se describe ampliamente en el apartado destinado a los resultados, pues es un producto de la investigación documental.

Fase 3: Diseñar el material de trabajo en aula en sintonía con la modelación matemática.

Fase 4: Implementar el material en las aulas de clase, material tanto de la modelación matemática como de trabajo cotidiano y sus evaluaciones articuladas.

Fase 5: Estimar la contribución de la modelación matemática a la aprobación y a la fidelización de los estudiantes en los cursos de matemáticas.

Conforme al objetivo de este capítulo, en los resultados se hace énfasis en los hallazgos producto de la segunda, tercera y cuarta fases del método expuesto. La primera y la última fase están en el alcance de este trabajo, esto implica que la estimación de la contribución mediante la aplicación de instrumentos a un grupo de participantes está fuera de los límites de este capítulo (aún se encuentra en ejecución la fase 5), puesto que como se mencionó antes es el objetivo de este escrito analizar y argumentar la contribución de la educación STEM integrada en la fidelización de los estudiantes de las carreras de ingeniería.

## Resultados

En este apartado se presentan los resultados del trabajo de investigación en las fases 2, 3 y 4 del método de investigación que están relacionadas con el estudio documental en función de visibilizar los aspectos de la herramienta del MEN llamada “Metodología basada en estilos de aprendizaje” y la Educación STEM integrada con el fin de acoplarlas hacia la permanencia estudiantil en la educación superior.

### Metodología basada en estilos de aprendizaje

Para ampliar la comprensión de la herramienta denominada “Metodología basada en estilos de aprendizaje”, se puede citar a Figueroa *et al.* (2005), quienes definen los estilos de aprendizaje como:

... la forma en que un individuo aprende, y como las personas tienen diferentes estilos de aprendizaje, éstos se reflejan en las diferentes habilidades, intereses, debilidades y fortalezas académicas. Aunque algunos autores usan los términos estilo cognitivo y de aprendizaje en forma indistinta, existe una diferencia entre ambos, El estilo cognitivo se centra en la forma de la actividad cognitiva (por ejemplo: pensar, percibir, recordar), no en su contenido. El estilo de aprendizaje es un constructo más amplio, que incluye estilos cognitivos, afectivos y psicológicos. (p.15).

En ese orden de ideas, cada persona tiene su propia forma de aprender y esta se encuentra mediada por el área de conocimiento a la que quiere acceder. Es por esto por lo que el MEN recomienda la identificación (y el autoconocimiento) de los estilos de aprendizaje de los estudiantes para favorecer el aprendizaje y con esto influir sobre algunas variables académicas que puedan desencadenar el abandono (Ministerio de Educación Nacional, 2015).

Como primera etapa del proceso se encuentra el Diagnóstico de los estilos de aprendizaje en la que tanto la IES y como los mismos estudiantes reconocen en qué tipo de aprendizaje se sienten representados. Particularmente en el ámbito de la Ingeniería, Felder y Silverman (s.f) revelan como clasificación para los estilos de aprendizaje las siguientes categorías: 1) Sensitivos o intuitivos; 2) Visuales o verbales; 3) Inductivos o deductivos; 4) Activos o reflexivos; y 5) Secuenciales o globales. Estas categorías no se excluyen mutuamente.

Actualmente para los estilos de aprendizaje también hay que tomar en cuenta características socioculturales como las de la generación de los *Centennials*. Sobre esta generación, Arango *et al.*, (2019), señalan que:

“La posibilidad de tener internet 24/7 en sus vidas les ha brindado la capacidad de conocer y aprender de cualquier tema que sea de su interés. Esto ha permitido que su relacionamiento con el mundo y las tendencias globales sea cada vez mayor, pues están siempre hiperconectados. La educación y el aprendizaje varían, y se capitalizan alrededor de plataformas que se adaptan a sus necesidades”. (p. 27).

Otro rasgo distintivo de los *Centennials* es que la educación formal no los convence y la están reevaluando basados en los trabajos no convencionales en los que están interesados (Arango *et al.*, 2019).

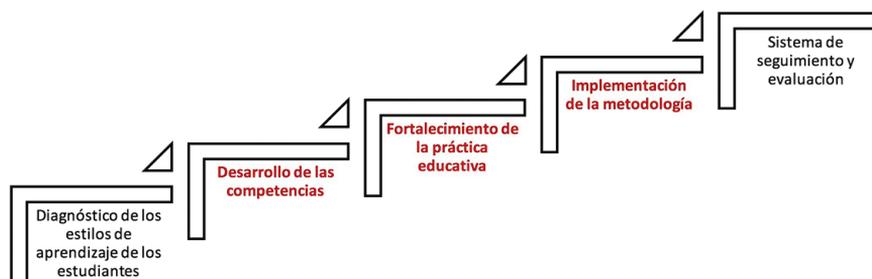
Bajo estas consideraciones de los estilos de aprendizaje, se puede iniciar la segunda etapa que corresponde al desarrollo de competencias en los estudiantes. Esta etapa agrupa lo que tiene que ver con el diseño de guías de trabajo y ayudas didácticas para favorecer las competencias de aprendizaje en las áreas de conocimiento de interés, que en el caso del presente trabajo están en las asignaturas de matemáticas de la fundamentación básica para las carreras de ingeniería y se reflejan en el diseño por secciones de los ejemplos y los ítems para evaluación.

La tercera etapa, involucra el fortalecimiento de las habilidades de docencia en los profesores universitarios que tienen a su cargo las mencionadas asignaturas ya que en ellas concretan sus prácticas educativas. La práctica docente es una mixtura de la experiencia, las estrategias pedagógicas y didácticas, la metodología asociada, la concertación con colegas, el diagnóstico de los estilos de aprendizaje y las directrices de la IES plasmadas en el Modelo Pedagógico Institucional y el Proyecto Educativo Institucional. En este capítulo se muestran los ejemplos de condensación de estas habilidades de docencia para orientar las actividades, por lo cual en cada sección de los ejemplos se incluyen comentarios, observaciones e instrucciones para ubicar y encauzar las discusiones de las situaciones problemáticas.

Enseguida, la cuarta etapa de Implementación de la metodología, se enfila a hacer eficiente y eficaz el proceso de enseñanza y aprendizaje (Ministerio de Educación Nacional, 2015). Los ejemplos expuestos en este capítulo se detallan en puntos específicos de los contenidos programáticos de Álgebra Lineal y Cálculo Vectorial para Ingeniería, en los que hay que dar cuenta de contenidos con tiempos apretados. Al reflexionar sobre la segunda, tercera y cuarta etapas, surgió la pregunta de investigación alrededor de la cual gravita el presente escrito y que fue abordada teórica y prácticamente en el contexto institucional de la UTADEO: ¿cómo puede contribuir la educación STEM a la enseñanza basada en estilos de aprendizaje para disminuir el abandono escolar por causas académicas?

La quinta y última etapa, se refiere al seguimiento y a la evaluación de la iniciativa institucional para la verificación de su incidencia en el nivel de logro académico de los estudiantes.

El proceso de implementación de la herramienta Metodología basada en aprendizajes se muestra en la figura 1. El objetivo del presente escrito es analizar y argumentar la contribución de la educación STEM integrada en la fidelización de los estudiantes de las carreras de ingeniería, circunscrita a las etapas 2, 3 y 4 que se resaltan en la figura continuación.



**Figura 1. Implementación de la herramienta Metodología basada en aprendizajes.**

**Fuente:** elaboración propia adaptada de (Ministerio de Educación Nacional, 2015).

Con el propósito de avanzar en el análisis, en la sección siguiente se describen los principios de la educación STEM y su vínculo en las tres etapas de la Metodología basada en aprendizajes.

### **Educación STEM integrada dirigida a la permanencia estudiantil**

En virtud de que la educación STEM es una combinación del currículo y de la pedagogía con la que se acercan los contenidos (Margot y Kettler, 2019), se adaptarán las características y propiedades de este enfoque para el aprendizaje, en cada una de las tres etapas de implementación de la Metodología basada en aprendizajes resaltadas de la figura 1. El Desarrollo de competencias se propicia mediante situaciones problema que tienen objetivos de información y formación específicos (incorpora la actividad del profesor y del estudiante); el fortalecimiento de la práctica educativa se encuentra en el ámbito del profesor haciendo que su experiencia en didáctica y pedagogía se fortalezcan con los desafíos que le implica este enfoque; y la implementación de la metodología que es la puesta en el aula del currículo y la pedagogía en el esquema de este enfoque interdisciplinario (Tsupros *et al.*, 2008) o transdisciplinario (Vásquez, 2014) de la educación STEM integrada. En este apartado se incorpora la educación STEM integrada a la Metodología basada en aprendizajes del MEN que favorece el aprendizaje y la enseñanza, elevando el nivel de logro académico de los estudiantes, mejorando la práctica educativa y por tanto fomentando la persistencia de los estudiantes en la educación superior.

### **Desarrollo de competencias**

En términos generales, las competencias que se pretenden desarrollar en el proceso de enseñanza – aprendizaje en la educación superior tienen dos posibles orígenes: uno en educación y otro en el entorno laboral. En el primer caso, Bogoya (2007), afirma que el enfoque por competencias en educación superior implica flexibilizar la forma de seleccionar, adecuar y actuar el saber en contexto, y en el caso de las competencias laborales,

la Organización Internacional del Trabajo (OIT) ha definido la competencia profesional como “la idoneidad para realizar una tarea o desempeñar un puesto de trabajo eficazmente por poseer las calificaciones requeridas para ello”, (International Labour Organisation, 1986, p. 13).

La relación entre las competencias desarrolladas cuando la persona está inmersa en el sistema educativo y cuando está en el sistema productivo son fundamentales. Así lo muestra el trabajo de Shinde y Kaynak (2016), cuyo objetivo fue analizar, modelar y simular políticas públicas para mejorar la calidad del sistema educativo turco y su relación con el sector productivo. El estudio concluyó que las habilidades y conocimientos obtenidos en la Universidad y las escuelas vocacionales no satisfacían las necesidades de la industria y por tanto los estudiantes no encontraban atractiva la graduación y el desenlace era el abandono escolar (Shinde y Kaynak, 2016). En adición, Vásquez (2014), relata la experiencia pedagógica del Reino Unido cuyo propósito consistió en aumentar las competencias STEM de los estudiantes que posteriormente se verían reflejadas en las habilidades que los trabajadores requieren en el mercado laboral. Este propósito estaba ligado a otro que era coadyuvar a la competitividad global y al liderazgo en investigación y desarrollo en ciencia del Reino Unido (Vásquez, 2014).

En el mismo sentido de la articulación entre las competencias que se adquieren en la educación y las laborales, Kelley y Knowles (2016), aseguran que la clave para un aprendizaje genuino en ciencias es aprender en un contexto relevante y transferir el conocimiento científico a situaciones auténticas. Las situaciones artificiales no dan lugar a debate, ni análisis que hagan que los participantes usen su experiencia previa tanto en las ciencias como en su vida cotidiana. Si bien algunos de los conceptos en matemáticas son difícilmente llevados hacia lo concreto, es deseable que en lo posible se contextualicen los contenidos programáticos de los cursos y esto se haga formal en el currículo y en su implementación (Margot y Kettler, 2019).

### **Fortalecimiento de la práctica educativa**

Con base en la convergencia de la actividad académica en investigación y la docencia, se espera que un profesor universitario esté en niveles muy altos de formación académica, del estado del arte en su disciplina y de la pedagogía (Bogoya, 2012), de modo que pueda desempeñar su práctica educativa combinando la investigación, la docencia presencial y no presencial y la extensión social como lo demandan las actividades misionales de las IES. La labor pedagógica alrededor de la educación STEM integrada se presenta como un reto en la formación permanente de los profesores en los tres aspectos mencionados.

En cuanto a las habilidades de docencia, Kelley y Knowles (2016), aseguran que para desempeñarse efectivamente en la educación STEM integrada, los profesores deben participar activamente en la investigación científica en su propia disciplina, porque la dinámica de esta práctica pedagógica y los estudiantes con las destrezas y pensamiento computacional así lo exigen permanentemente. Se requiere la exploración permanente de cuestionamientos y preguntas en el estado del arte del área de trabajo mediante la formulación de proyectos de investigación formativa o en semilleros de investigación.

El segundo aspecto relacionado también con la actualización de los profesores en el estado del arte disciplinar y en pedagogía está relacionado con el uso de la tecnología considerada, en el sentido amplio de un proceso cuyas actividades involucran concebir, construir y usar objetos, conocimiento e iniciativas (Kelley y Knowles, 2016). La tecnología en la dirección disciplinar, en matemáticas como es el caso tratado en este capítulo consiste en emplear software especializado, aplicativos o dispositivos que faciliten la elaboración de gráficas, el sondeo de hipótesis y la representación de escenarios para la simulación. Así mismo, la tecnología en pedagogía involucra el uso de aulas virtuales y de objetos virtuales de aprendizaje que faciliten la evaluación y el seguimiento al trabajo extraclase de los estudiantes, además de plataformas para el reporte de calificaciones o planeación de actividades. En los dos casos, el disciplinar y el pedagógico, el profesor debe conocer con solvencia esta tecnología para aprovechar su potencial y para ayudar a superar los posibles obstáculos de funcionamiento que se puedan presentar en la ejecución de rutinas en el aula de clase.

Se debe agregar que la educación STEM integrada facilita el fortalecimiento y renovación de las habilidades de docencia a causa del modelo mental que presupone puesto que conceptualiza el aprendizaje como una actividad que se surte de su contexto y de la dinámica social en la que se da. En otras palabras, la interacción entre las personas involucradas en el proceso de enseñanza-aprendizaje beneficia a todos los participantes porque intercambian preguntas, experiencias, prácticas, conocimiento (Levine y Marcus, 2010), y en consecuencia obliga a los profesores y a los estudiantes a estar en permanente actividad académica. Más aún, los profesores que orienten su labor docente hacia este enfoque tienen un enorme reto que los compromete a conocer no solo su disciplina sino la de los otros para diseñar situaciones problema que permitan a los estudiantes transitar entre los dominios conceptuales y cognitivos de las asignaturas STEM (Margot y Kettler, 2019).

Los dominios cognitivos estipulados en el diseño de las pruebas internacionales *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS) son: 1) reconocimiento; 2) aplicación; y 3) razonamiento (Mullis, Martin, Ruddock, O'Sullivan, y Preuschoff, 2009). Es decir, que los objetivos, las situaciones problema a tratar y la evaluación deben estar delineados y proyectados en los contenidos apropiados para el curso y debe ir a potenciar alguno de los dominios cognitivos mencionados. Como aclaración se puede decir que para un curso de Álgebra Lineal que tiene como uno de sus dominios conceptuales a los sistemas de ecuaciones lineales hay que idear aproximaciones básicas como el reconocimiento de lo que es una solución de un sistema, otras para que se pueda aplicar los métodos de solución considerando la eficiencia de los algoritmos y otras para que pueda reflexionar y argumentar sobre las ecuaciones, sobre el sistema y su uso en contexto (el primer ejemplo presentado en este capítulo ilustra lo expuesto).

### **Implementación de la metodología**

La base para la pedagogía STEM es la enseñanza a través del diseño de procesos ingenieriles para integrar las asignaturas mediante una aproximación basada en proyectos, problemas, estudio de casos y modelación que requieren que el estudiante aplique los contenidos aprendidos para resolver problemas (Margot y Kettler, 2019; Vásquez, 2014) en

diferentes entornos. Moore *et al.* (2014), diseñaron el esquema que se presenta en la figura 2 y que recomiendan para asegurar la calidad en la implementación de la educación STEM. Siguiendo este esquema se presentan las secciones en las que se han dividido las situaciones problema de los ejemplos y su estudio.



**Figura 2. Esquema para asegurar la calidad de la educación STEM.**

**Fuente:** elaboración propia (2019), adaptado de (Moore *et al.*, 2014).

En este capítulo se propone que la implementación de la educación STEM integrada se haga en su forma de modelación adaptada a la cotidianidad de las clases de matemáticas de la formación básica en ingeniería. Conviene subrayar que Blanchard, Devaney y Hall, (1998), en un sentido básico, afirman que el objetivo de la modelación no es producir una copia exacta del objeto «real» sino más bien representar algunas características de la cosa real. Esta afirmación es ratificada por Vattimo (2010), cuando expresa que la verdad es siempre un hecho interpretativo y por tanto el criterio supremo en el cual es posible inspirarse. Un modelo no es la correspondencia puntual del enunciado respecto de las cosas, sino el consenso sobre los presupuestos de los que se parte para valorar dicha correspondencia (Vattimo, 2010).

La modelación como la materialización de la educación STEM integrada es una oportunidad de apuntalar a los estudiantes en el conocimiento y en el sistema educativo. El estímulo o la motivación pueden fundarse en el estudio de situaciones problema que requieren atención y cuya solución debe ser abordada desde perspectivas multidisciplinarias que permitan la comprensión del problema a resolver. La discusión informada, la representación simbólica que se ajuste lo más posible a tal situación, la elección de un método apropiado de cálculo de la solución cuantitativa y la expresión de una solución adecuada al contexto pueden ofrecer una forma novedosa de acercarse a las matemáticas suavizando la posible aversión hacia las mismas.

Para ejemplificar la modelación en los cursos de matemáticas adaptando el esquema de la figura 2, en el siguiente apartado se explican con detalle dos situaciones problema en las condiciones y *habitus* institucional de la UTADEO: contenido programático, caracterización de la población estudiantil, número de créditos de las asignaturas, bibliografía básica, texto guía, intensidad horaria semanal y semestral, modalidad de impartición, programas a los que se les presta el servicio académico e infraestructura disponible.

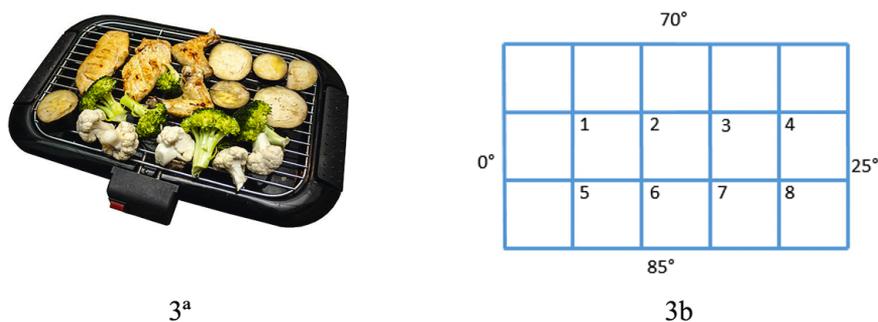
## La modelación matemática en la educación STEM integrada: ejemplos de implementación para el trabajo en aula

En los contenidos programáticos estándar de los cursos de Álgebra Lineal y Cálculo vectorial para currículos de ingeniería se tratan dominios conceptuales como los sistemas de ecuaciones lineales y la optimización (aplicación de los extremos de funciones de varias variables), respectivamente. Los ejemplos de trabajo académico en el ámbito de la educación STEM integrada se formularon apuntando a que los estudiantes se empoderen en su propio aprendizaje (Margot y Kettler, 2019), para lo cual se desarrollaron con base en el esquema de la figura 2. Las instrucciones y comentarios que se han hecho en el aula de clase se incluyen en *itálica* para distinguirlos del desarrollo y/o conclusiones del trabajo en aula.

El ejemplo 1, refiere al dominio conceptual de los sistemas de ecuaciones lineales y en el dominio cognitivo de la aplicación según la estructura de los tres dominios cognitivos. En concordancia, el ejemplo se puede ubicar en un nivel de complejidad alto.

### *Ejemplo 1*

Una plancha rectangular tiene flujo de calor a través de ella misma, ya que tiene aislamiento por arriba y por abajo. En los bordes tiene una temperatura constante, pero es diferente en cada borde. Las temperaturas en los puntos interiores de la placa se pueden estimar, promediando las temperaturas de los cuatro puntos circunvecinos. Para la placa de la figura 3, estime  $T_i$  con  $i = 1, 2, 3, \dots, 8$ , las temperaturas en los puntos interiores de la placa igualmente espaciados. Problema adaptado de Kolman (Kolman y Hill, 2013, pág. 70).



**Figura 3. Placa rectangular con puntos internos de calor.**

**Fuente:** elaboración propia adaptado de (Kolman y Hill, 2013). Imagen gratuita de <https://es.freeimages.com>.

Para el trabajo en este contexto STEM, se dividió el análisis en 8 secciones, dado que como se recomienda en Barragán, Bogoya, Contento, y Ocaña, (2014), es importante seccionar la aproximación a la solución, teniendo en cuenta que cada parte tiene un grado de complejidad mayor que la anterior (Barragán *et al.*, 2014):

Primera sección: en esta sección se invita a los estudiantes a parafrasear la situación y a discutirla con sus compañeros (corresponde al trabajo en equipo y centrado en el estudiante como en la figura 2). Entre otras cosas, se indaga si conocen la palabra circunvecinos, cuando esto no ocurre se les insta a buscarla y a señalar a sus compañeros ubicados en puntos circunvecinos. En esta sección se aprende de los errores de interpretación y lectura, los estudiantes evidencian el léxico contraído. Se espera que se expresen verbalmente y por escrito en el siguiente sentido: se entiende en la figura 3, que las temperaturas en los bordes de la placa no cambian y que se deben estimar las temperaturas en los puntos interiores. Lo cual no supone poner un termómetro en cada punto y hacer la medición (en ocasiones, se han buscado los significados de las instrucciones: estimar, calcular, conjeturar, aproximar para entender lo que realmente propone la situación problema). Estimar implica entonces usar la regla de cálculo que se sugiere en el enunciado que requiere promediar los puntos circunvecinos, esto es, la temperatura a estimar en el punto es sumar las temperaturas de los puntos que se encuentran al oeste, al norte, al este y al sur dividida en 4. No en 8, aunque sean 8 puntos para estimar.

Segunda sección: se pide a los estudiantes iniciar el paso del lenguaje verbal al lenguaje simbólico mediante la definición de las incógnitas presentes en el modelo. Esta definición se hace lo más técnica posible, luego de varios intentos. Se logra evidenciar que: en el enunciado se sugiere explícitamente usar  $T_i$  donde  $i = 1, 2, 3, \dots, 8$ . Lo que quiere decir que hay una incógnita por cada uno de los 8 puntos de calor y que estos se nombran con  $T_1, T_2$  y así sucesivamente hasta  $T_8$ . Las temperaturas están medidas en grados centígrados porque los bordes de la placa tienen marcada esta unidad,

$T_i$  := Temperatura estimada en el punto de calor  $i$  donde  $i = 1, 2, 3, \dots, 8$  (en grados centígrados).

Tercera sección: se propicia la discusión en grupos o en plenaria sobre las cláusulas, restricciones o limitaciones de la situación. Es importante el direccionamiento para que las actividades no divaguen sin concluir. Se espera concluir que: solo existe una limitación y consiste en promediar la temperatura de los puntos circunvecinos para encontrar las que nos preguntan. La figura 3, muestra 8 puntos interiores, entonces debemos encontrar 8 expresiones, una por cada punto. Concretamente, el promedio de las temperaturas en los puntos circunvecinos es:

$$\text{Para } T_1 \quad T_1 = \frac{70+0+T_2+T_5}{4}$$

$$\text{Para } T_2 \quad T_2 = \frac{70+T_1+T_6+T_3}{4}$$

$$\text{Para } T_3 \quad T_3 = \frac{70+T_2+T_4+T_7}{4}$$

$$\text{Para } T_4 \quad T_4 = \frac{70+T_3+25+T_8}{4}$$

$$\text{Para } T_5 \quad T_5 = \frac{T_1+0+T_6+85}{4}$$

$$\text{Para } T_6 \quad T_6 = \frac{T_2 + T_5 + T_7 + 85}{4}$$

$$\text{Para } T_7 \quad T_7 = \frac{T_3 + T_6 + T_8 + 85}{4}$$

$$\text{Para } T_8 \quad T_8 = \frac{T_4 + T_7 + 25 + 85}{4}$$

Cuarta sección: aquí se pide a los estudiantes reflexionar sobre los posibles valores que pueden asumir las incógnitas definidas y que se relacionan con condiciones técnicas que deben satisfacer (por ejemplo, si fueran número de personas, no podrían ser negativos, ni fraccionarios puros). Con base en las experiencias propias de los estudiantes, se esperan expresiones como: las temperaturas pueden ser números negativos o 0 (cero), si la sensación térmica es de frío y positivos en otro caso. Además, en casos de fiebre hemos visto en el termómetro digital, temperaturas de  $38,4^\circ$  o similares. Así;

$T_i$  son irrestrictas donde  $i = 1, 2, 3, \dots, 8$

Quinta sección: se analiza el objeto matemático obtenido para identificarlo (en vista de que el planteamiento de la segunda sección aún no se encuentra de forma estándar) y decidir qué tipo de acción de cálculo se seleccionará de forma que el método a ejecutar o el algoritmo sea eficiente y eficaz. Este análisis está mediado por las herramientas tecnológicas disponibles. Es decir, como es un sistema de 8 ecuaciones lineales con 8 incógnitas, la solución manual queda descartada, en su lugar, es recomendable usar el criterio matemático para juzgar la respuesta de una calculadora online o del software disponible al ejecutar un algoritmo eficiente como la eliminación de Gauss-Jordan.

El sistema de 8 ecuaciones lineales con 8 incógnitas que modela la situación de la placa asadora eléctrica es:

$$\begin{cases} 4T_1 - T_2 - T_5 = 70 \\ -T_1 + 4T_2 - T_3 - T_6 = 70 \\ -T_2 + 4T_3 - T_4 - T_7 = 70 \\ -T_3 + 4T_4 - T_8 = 95 \\ -T_1 + 4T_5 - T_6 = 85 \\ -T_2 - T_5 + 4T_6 - T_7 = 85 \\ -T_3 - T_6 + 4T_7 - T_8 = 85 \\ -T_4 - T_7 + 4T_8 = 110 \end{cases}$$

Sexta sección: en este momento sí se pide hacer los cálculos necesarios para ello, se sugiere una calculadora online que ya se ha probado y que funciona correctamente. En los enlaces para ampliar la experiencia se sugiere su uso. Curiosamente, en los cursos con estudiantes de ingeniería, más que en los cursos en los que hay estudiantes de ciencias

económico-administrativas, se percibe siempre un afán por hacer operaciones matemáticas y muchas, por lo que hay que insistir que es importante, pero que solo es un paso en el ejercicio de la modelación matemática y la solución de problemas.

$$\left( \begin{array}{cccccccc|c} 4 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 70 \\ -1 & 4 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 70 \\ 0 & -1 & 4 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 70 \\ 0 & 0 & -1 & 4 & 0 & 0 & 0 & -1 & 95 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 4 & -1 & 0 & 0 & 85 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & -1 & 4 & -1 & 0 & 85 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & -1 & 4 & -1 & 85 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & -1 & 4 & 110 \end{array} \right)$$

Usando la calculadora online desde los teléfonos celulares se obtuvo la matriz escalonada reducida de la figura 4.

	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	b
1	1	0	0	0	0	0	0	0	44.980861244019139
2	0	1	0	0	0	0	0	0	60.99521531100478459
3	0	0	1	0	0	0	0	0	63.26794258373205744
4	0	0	0	1	0	0	0	0	54.071770334928229659
5	0	0	0	0	1	0	0	0	48.92822966507177025
6	0	0	0	0	0	1	0	0	65.7320574162679425
7	0	0	0	0	0	0	1	0	68.004784688995215295
8	0	0	0	0	0	0	0	1	58.019138755980861239

**Figura 4. Matriz escalonada reducida para placa caliente.**

**Fuente:** elaboración propia (2019) adaptado de <https://matrix.resnish.com/es>.

De esta salida, debemos entender que:

$$T_1 = 44,9^\circ, T_2 = 60,9^\circ, T_3 = 63,2^\circ, T_4 = 54,0^\circ,$$

$$T_5 = 48,9^\circ, T_6 = 65,7^\circ, T_7 = 68,0^\circ, T_8 = 58,0^\circ$$

Séptima sección: ahora que los estudiantes encontraron los valores cuantitativos, se pide verificar que estos satisfacen las ecuaciones formuladas en el sistema y las condiciones técnicas. Se insiste en que la 8-upla debe ser solución de todas las ecuaciones simultáneamente, no obstante, la validación se distribuye entre los integrantes del grupo. Los estudiantes verifican al menos dos ecuaciones cada uno. Se espera llegar a observaciones como: todos los valores encontrados son aceptados porque satisfacen las ecuaciones y además tienen interpretación como temperaturas.

Octava sección: en esta sección se invita a verbalizar las soluciones puesto que los resultados de las operaciones deben ser interpretados y contextualizados en el problema. Por lo que, es deseable que se escriban expresiones como: las temperaturas estimadas en los puntos interiores a la placa caliente son:

$$T_1 = 44,9^\circ, T_2 = 60,9^\circ, T_3 = 63,2^\circ, T_4 = 54,0^\circ, \\ T_5 = 48,9^\circ, T_6 = 65,7^\circ, T_7 = 68,0^\circ, T_8 = 58,0^\circ,$$

en donde, por ejemplo,  $T_3 = 63,2^\circ$  quiere decir que la temperatura en el tercer punto interior es  $63,2^\circ$ .

La metodología basada en el enfoque de la educación STEM integrada, propició en el ejemplo 1, la exploración en grupo y la aplicación de la definición y algoritmos de solución de los sistemas de ecuaciones desde una situación de ciencias naturales que involucra un objeto que el estudiante conoce y que puede ver en fotografías (clases situadas en contextos atractivos y motivantes como en la figura 2). La situación problema que facilita la modelación no es artificial y se relaciona con escenarios familiares como: la cocina y el uso del termómetro. En la experiencia de aula, se han recibido apreciaciones favorables que se ven escritas en la evaluación que los estudiantes hacen de la labor docente, a la vez que se ha disminuido el ausentismo a las clases. Todo el curso de Álgebra Lineal del Departamento de Ciencias Básicas y Modelado de la UTADCO, se ha desarrollado con esta metodología por cerca de un año apoyado en un libro de texto propio que se encuentra en proceso editorial (Barragán, Melo, y Aya, 2019). Los estudiantes han valorado positivamente la forma en que se trabajan los contenidos y la participación que ellos tienen en la búsqueda de la solución.

### *Ejemplo 2*

El ejemplo 2, surgió de la inquietud pedagógica sobre ejercicios que usualmente aparecen propuestos en los libros de Cálculo de Varias Variables. En el libro de Larson y Edwards (2010), que es muy usado en Colombia en los cursos de Cálculo Vectorial se puede leer que:

“Un contratista de mejorías caseras está pintando las paredes y el techo de una habitación rectangular. El volumen de la habitación es de 668,25 pies cúbicos. El costo de pintura de pared es de \$0,06 por pie cuadrado y el costo de pintura de techo es de \$0.11 por pie cuadrado. Encontrar las dimensiones de la habitación que den por resultado un mínimo costo para la pintura ¿cuál es el mínimo costo por la pintura?” (p. 966).

Este ejercicio luce como una aplicación para calcular el mínimo costo para pintar la habitación, sin embargo, cuando se discute y se intenta plantear el modelo, es difícil

explicar por qué no se considera el espacio para una puerta o para ventanas. Para conseguir la respuesta que trae el libro en las soluciones a los ejercicios, debe pensarse en la habitación como una caja cerrada en la que hay que cavar un hoyo y entrar por un túnel. Esta circunstancia va en contravía de las clases situadas en contextos atractivos y motivantes que aparecen en el esquema de la figura 2 y que fomenta la calidad de la educación STEM integrada. En consecuencia, aquí se halla una oportunidad para implementar este enfoque y captar el interés y la disposición a asistir a las clases, atenuando la inasistencia y la reprobación. Los estudiantes valoran positivamente la relación que se pueda establecer con el entorno y con otros contextos.

De modo que, el ejemplo 2, se encuentra en el dominio conceptual de la optimización de funciones de varias variables y en el dominio cognitivo de la aplicación (Mullis *et al.*, 2009) porque se emplea la teoría de los extremos de funciones de varias variables. Así que el ejemplo 2, se reconoce como de un nivel de complejidad intermedio porque hace uso del método de mínimos cuadrados (Larson y Edwards, 2010).

La compra y venta de viviendas están condicionadas por el estrato socioeconómico en el que se encuentran ubicados los inmuebles, qué tanto espacio disponible tiene (área) y las mejoras o acabados internos que se le hayan hecho. Analice la relación entre precio y área con base en la tabla 1, que contiene los precios en miles de COP, de las viviendas en Bogotá y las áreas en  $m^2$ . ¿Cuánto puede costar una vivienda que tenga un área de  $130 m^2$ ? Por otra parte, con un presupuesto de \$75'000.000 ¿cuál sería el área de la vivienda que se podría adquirir? Problema adaptado de González (2018, pág. 146).

**Tabla 1. Área y precio de viviendas en estrato 3 en Bogotá.**

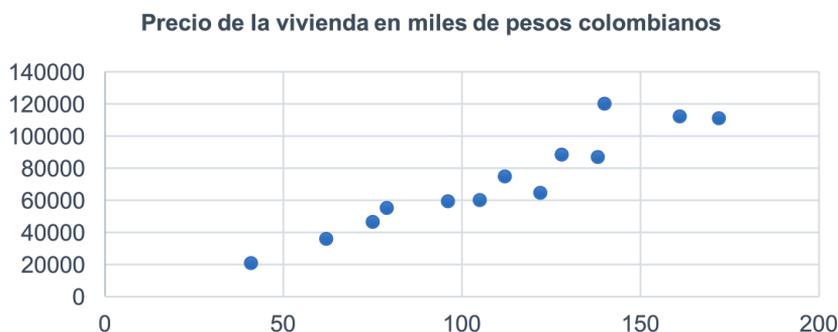
Área ( $m^2$ )	41	62	75	79	96	105	112	122	128	138	140	161	172
Precio (miles de COP)	20.800	35.900	46.600	55.000	59.200	60.000	74.600	64.700	88.300	86.700	120.000	112.300	111.000

**Fuente:** adaptado de (González, 2018, pág. 146).

Primera sección: La discusión inicial del problema se guía hacia la búsqueda de información sobre el contexto mencionado en sitios web relacionados con la compra y venta de vivienda<sup>15</sup>, en la que se involucran categorías como la tenencia de la vivienda (arriendo, compra de nuevo y usado), tipo de inmueble (casa, apartamento, oficina, bodega y otros) y ubicación del predio (ciudad, zona o barrio). La situación descrita en el enunciado ubica a los estudiantes en una situación que conocen, que pueden comentar y emitir algunas hipótesis (ver figura 2).

<sup>15</sup> <https://www.fincaraiz.com.co/finca-raiz> y <https://www.metrocuadrado.com/>

Algunos de los aspectos discutidos fueron: el área de una vivienda casi nunca se puede modificar y por eso es una cantidad o un valor fijo y el precio sí puede cambiar, entre otras cosas, por las adecuaciones que se hagan a la vivienda, por las obras públicas que impliquen su valorización o por cambios en la percepción de seguridad. En consecuencia, el precio de la vivienda es la variable dependiente y el área la variable independiente. Se realizó la figura 5, con el ánimo de tener una impresión visual de los datos de la tabla 1. El diagrama de dispersión se elaboró mediante EXCEL de la suite de Microsoft Office.



**Figura 5. Diagrama de dispersión de situación precio y área de vivienda.**

**Fuente:** elaboración propia (2019).

Segunda sección: con base en la discusión del problema. Las variables quedaron definidas así:

$a$  := área de la vivienda (medida en metros cuadrados)

$p$  := precio de la vivienda (medido en miles de pesos colombianos)

$a$  es la variable independiente y  $p$  es la variable dependiente.

Tercera sección: para encontrar la relación funcional que involucra las variables de la segunda sección, con base en la figura 5, se pidió obtener la recta de aproximación por mínimos cuadrados con ayuda de EXCEL (en ocasiones se usa Geogebra Classic 5.0® para lograr lo mismo). De modo que se llega a una expresión como la siguiente:

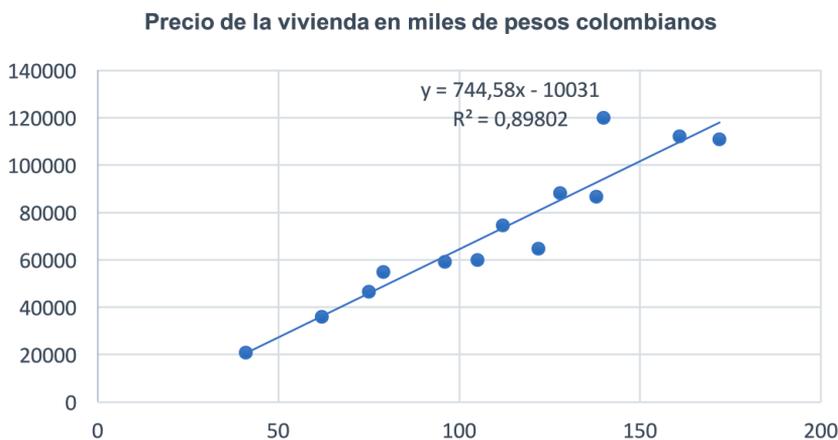
$$p = 744,58a - 10031$$

Cuarta sección: se insta a los estudiantes a revisar las condiciones técnicas que deben satisfacer las variables para que los valores tengan sentido e interpretación dentro del modelo. La discusión se orienta hasta llegar a observaciones como:

$a$  y  $p$  deben ser números positivos porque corresponden a una medida de superficie y a un precio. Solo se pueden hacer consideraciones dentro del intervalo que se cubre en la tabla 1, lo cual implica que no se pueden hacer pronósticos. Así,

$$41 \leq a \leq 172 \text{ y } 20800 \leq p \leq 110000$$

Quinta sección: al examinar el objeto matemático se identifican sus características y se pide que se elaboren descripciones sobre él, considerando que la instrucción en el enunciado es amplia y dice «analice». Se anotan observaciones basadas en experiencias de cursos anteriores como Precálculo, en el que se estudia la ecuación de la recta en el plano, y de Estadística Descriptiva y Probabilidad, en donde se trabaja la recta de regresión. Se recogen algunas observaciones como: la ecuación corresponde a una recta y su gráfica se presenta en la figura 6. La pendiente de la recta es 744,58 y la ordenada al origen es -10031.



**Figura 6.** Recta de aproximación por mínimos cuadrados de situación precio y área de vivienda.

**Fuente:** elaboración propia (2019).

Sexta sección: con las observaciones de la quinta sección, se indaga por interpretaciones específicas dentro del contexto. Con esto se dirige la discusión hacia:

Por cada metro cuadrado en que se incremente el área de la vivienda, el precio también se incrementa y en 744.580 pesos colombianos. Con mayor elaboración se llega a:  $m = 744,58 \text{ miles de pesos}/m^2$  y representa la razón de cambio del precio con respecto al área.

Además, para  $a = 130m^2$ ,  $p$  tiene un valor estimado de:

$$p = 744,58 \times 130 - 10031 = 86764,4.$$

Y, para  $p = 75000$ ,  $75000 = 744,58a - 10031$  con lo que  $a = 114,19$ .

Séptima sección: en esta sección se indaga por la validez de los valores cuantitativos encontrados en el contexto. Es importante insistir en el conocimiento técnico y en las imágenes mentales que tuvieron los estudiantes en la discusión del problema. Así que, cuando se hizo el diagrama de dispersión de la figura 5, se esperaba una ecuación de una recta creciente, es decir, con pendiente positiva.

Octava sección: finalmente, la verbalización del análisis queda: las viviendas que tienen precios altos se relacionan con áreas grandes y las viviendas con precios bajos con áreas pequeñas. Adicionalmente, una vivienda de  $130m^2$  tiene un valor estimado de \$8'764,400 y con un presupuesto de \$75'000.000 es posible comprar una vivienda de  $114,19m^2$ .

El ejemplo 2, particularmente se centró en la actividad del estudiante y en el trabajo en grupo puesto que la relación entre el precio de la vivienda y el área representó un contexto de fácil interpretación, pero que requería el conocimiento del método de mínimos cuadrados. Así, el ejemplo satisfizo el esquema de la figura 2, para asegurar la calidad de la educación STEM.

El siguiente aspecto por tratar con el ánimo de incidir sobre la persistencia de los estudiantes en los cursos es el de alinear los objetivos de clase, las actividades desarrolladas y la evaluación. El poder de la educación STEM integrada ha sido reconocido (Tsupros, Kohler, y Hallinen, 2008), pero ella no puede actuar aislada en el trabajo presencial y en los trabajos o tareas, la evaluación debe articularse con las actividades que se propongan a los estudiantes. Para apuntar hacia la coherencia, en el siguiente apartado se presentan ejemplos de algunos de los ítems cerrados, en la forma de las evaluaciones gubernamentales estandarizadas, diseñados para las evaluaciones escritas.

### **Alineación de la evaluación con la metodología de educación STEM integrada**

La evaluación se ha concebido en sentido amplio de identificar las debilidades y fortalezas en el estudio de los temas. Esta identificación la hacen tanto el profesor como el estudiante para reconocer el avance en el proceso de aprendizaje y el punto en la escala que orienta hacia el cumplimiento de los objetivos de formación.

Para evaluar el nivel de logro académico de los estudiantes cuyo trabajo se desarrolla como en los ejemplos propuestos, se diseñaron ítems abiertos y cerrados. Los ítems abiertos llevan las mismas secciones que se ejemplificaron y por eso en este apartado no se vinculan prototipos de ellos. La elaboración de ítems cerrados implica otro tipo de esfuerzo en la práctica docente, porque deben ajustarse a ciertos patrones de elaboración y valoración (Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación Superior ICFES, 2009), (OECD, 2004), (Barragán *et al.*, 2014). Los ítems están propuestos para que evoquen aplicaciones usuales en otros ámbitos de la matemática, requiriendo algunos cálculos, no excesivos dado que deben marcar la respuesta correcta y argumentar. La valoración requiere una justificación contundente acorde al enunciado dado que son evaluaciones formativas y sumativas.

Es posible lograr un equilibrio en las pruebas y evaluaciones, dependiendo el alcance y la profundidad de estas empleando ítems cerrados de selección múltiple con única

respuesta y de selección múltiple con múltiple respuesta, así como preguntas abiertas para procedimientos completos. En seguida se presentan dos ítems preparados para evaluar el dominio conceptual de sistemas de ecuaciones lineales.

El primer ítem es cerrado de selección múltiple con múltiple respuesta dado que el estudiante debe seleccionar dos reactivos (opciones de respuesta). Este ítem se considera de complejidad intermedia.

Para la siguiente pregunta considere que:

Si 1 y 2 son correctas marque A

Si 2 y 3 son correctas marque B

Si 3 y 4 son correctas marque C

Si 2 y 4 son correctas marque D

Si 1 y 3 son correctas marque E

Los valores de  $A$  y  $B$  que permiten descomponer la fracción  $\frac{3}{2x^2+x-3} = \frac{A}{2x+3} + \frac{B}{x-1}$  son:

1.  $A = \frac{6}{5}$

2.  $B = \frac{3}{5}$

3.  $A = -\frac{6}{5}$

4.  $B = \frac{1}{5}$

Clave: B

El segundo ítem es cerrado de selección múltiple con única respuesta y fue diseñado en un nivel de complejidad alto.

El polinomio cuadrático  $p(x) = ax^2 + bx + c$  que interpola los puntos  $(0, -1)$ ,  $(1, 2)$  y  $(2, 3)$  es:

A.  $p(x) = -4x^2 + 7x - 1$

B.  $p(x) = x^2 + 2x + 3$

C.  $p(x) = 2x^2 + x$

D.  $p(x) = -x^2 + 4x - 1$

Clave: D

En el caso del dominio conceptual relacionado con los extremos de funciones en varias variables, se puede citar un ítem cerrado de selección múltiple con única respuesta y de complejidad intermedia. Problema adaptado de Stewart (2002).

En el proceso de construcción de una caja de cartón sin tapa y con base rectangular se cuenta con una pieza de cartón de  $20 \text{ m}^2$ . Con el fin de construir una caja con las especificaciones dadas y que tenga volumen máximo es posible afirmar que una expresión algebraica que representa la situación expuesta es:

A.  $V(a, h, l) = 2ah + 2lh + al$  donde  $ahl = 20$ .

B.  $V(a, h) = \frac{20ah - a^2h^2}{2h + a}$  donde  $a, h > 0$ .

C.  $V(a, h, l) = ahl$  donde  $a + h + l = 20$ .

D.  $V(a, h) = 20$  donde  $2ah + 2lh + al = 12$ .

Clave: B

### Discusión sobre los resultados de implementación de la metodología

Considerando la última etapa de la figura 1, denominada, el sistema de seguimiento y evaluación, se han dispuesto espacios académicos para la retroalimentación de la implementación de la metodología, estos espacios vinculan a profesores y estudiantes. Con profesores se han efectuado grupos de discusión sobre ejes temáticos específicos que atañen al desarrollo de contenidos y al uso del libro guía, mientras que con estudiantes se diseñaron y aplicaron tres instrumentos para indagar sobre la apreciación de la metodología y sobre el autorreconocimiento de su desempeño. Los resultados que se tienen en la implementación de la educación STEM integrada a través de la modelación matemática aún son parciales. Se han hecho dos exploraciones iniciales, una cuantitativa y otra cualitativa. En la exploración cuantitativa se puede mencionar que los porcentajes de aprobación de los cursos han aumentado, mientras que la pérdida por fallas se ha contraído. Y en la cualitativa, se han recopilado apreciaciones de estudiantes y profesores. Se observó una aceptación de la metodología y la valoración positiva de las actividades. Es de anotar que algunos de los estudiantes consideran que hay un mayor grado de dificultad en el tratamiento de los temas, dado que no se encuentran separados como en compartimientos, sino que se abordan transversalmente y al parecer no encuentran las fronteras divisorias entre asignaturas como lo esperan. En otras palabras, un ítem como el de fracciones parciales que se presentó arriba, los estudiantes lo perciben como perteneciente al curso de Cálculo Integral (aunque no se le pide que integre la función racional) y no como una aplicación de los sistemas de dos ecuaciones lineales con dos incógnitas.

### Conclusiones

La deserción estudiantil en la educación superior colombiana es un fenómeno que se presenta por la combinación múltiples variables y que en los últimos años ha agravado

las tasas de deserción. Las IES tanto públicas como privadas han experimentado esta disminución de los estudiantes activos en conjugación con la baja en el número de aspirantes y el número de nuevos ingresos.

En atención a la política pública y al modelo gubernamental para la permanencia estudiantil y la graduación oportuna, se encuentra que la educación STEM integrada puede contribuir en aspectos relacionados con la Mejora de la Calidad Académica, en el sentido de una de las componentes del modelo gubernamental. Esta mejora pasa por la Herramienta denominada Metodología basada en estilos de aprendizajes que puede ser llevada a cabo mediante la adopción del enfoque interdisciplinario o transdisciplinario de la educación STEM integrada.

En las asignaturas de matemáticas de los programas académicos de Ingeniería es posible vincular la modelación matemática con las consideraciones propias de la institución basadas en las características de su población, sus objetivos de formación e información y la infraestructura disponible.

La adopción de la modelación matemática como materialización de la educación STEM integrada facilita el desarrollo de las competencias de los estudiantes en los sentidos educativo y laboral, simultáneamente fortalece la práctica educativa al fomentar la actualización de las habilidades docentes y de investigación de los profesores. El desarrollo de competencias y el fortalecimiento de la práctica educativa son etapas importantes en la Metodología basada en estilos de aprendizaje que se propone como una oportunidad para potenciar el aprendizaje y disminuir el abandono escolar por variables asociadas al determinante académico.

El trabajo académico presencial y no presencial fundamentado en la modelación matemática debe estar alineado con los objetivos de formación, los contenidos programáticos y la evaluación de los estudiantes tanto como de carácter formativo como sumativo. En consecuencia, los ítems formulados en las diferentes evaluaciones deben estar en consonancia con la modelación.

En la implementación de la metodología en la asignatura de Álgebra Lineal de la UTADDO se ha iniciado el seguimiento y la evaluación, encontrando resultados positivos en el rastreo cuantitativo puesto que se ha incrementado el porcentaje de aprobación y se ha disminuido la pérdida por inasistencia. También se ha hecho un acercamiento cualitativo en el que se han recogido apreciaciones favorables. Aún no hay resultados definitivos.

### Enlaces para ampliar la experiencia

Descripción	Enlace
Calculadora online para operaciones entre matrices. Es una calculadora responsive y permite usar matrices hasta de orden $100 \times 100$ .	<a href="https://matrix.reshish.com/es/gauss-jordanElimination.php">https://matrix.reshish.com/es/gauss-jordanElimination.php</a>

**Fuente:** elaboración propia (2019).

## Referencias bibliográficas

- Arango, C., Camelo, C., Huertas, M., Rodríguez, C., Sánchez, C., Sánchez, V., y Sojo, J. (2019). *Centennials: generación sin etiquetas*. Bogotá: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano Sancho BBDO.
- Barragán, S., Bogoya, D., Contento, M., y Ocaña, A. (2014). *Una aproximación a la construcción de ítems para pruebas en matemáticas*. Obtenido de [http://avalon.utadeo.edu.co/servicios/ebooks/una\\_aproximacion\\_a\\_la\\_construccion\\_de\\_items/](http://avalon.utadeo.edu.co/servicios/ebooks/una_aproximacion_a_la_construccion_de_items/).
- Barragán, S., Melo, J., y Aya, O. (2019). *Álgebra Lineal. Modelación, solución de problemas y ejercicios*. Bogotá: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Blanchard, P., Devaney, R., y Hall, G. (1998). *Ecuaciones Diferenciales*. México: International Thomson Editores.
- Bogoya, D. (2007). Del enfoque de contenidos al enfoque de competencias. *Cátedra Manuel Ancizar. La educación superior: tendencias, debates y retos para el siglo XXI. Sostenibilidad y financiación* (págs. 1-13). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado el 5 de Junio de 2019, de <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=dW5hbC5lZHUuY298ZGFuWVsYm9nb3lhfGd4OjZmYzAzMDgzMTQ3YzFmNmU>.
- Bogoya, D. (4 de Junio de 2012). *¿Qué es un buen docente en educación superior y cómo evaluarlo?* Recuperado el 31 de Mayo de 2016, de document sites-Daniel Bogoya: [file:///C:/Users/SANDRA/Downloads/Qu%C3%A9%20es%20un%20buen%20docente%20en%20Educaci%C3%B3n%20Superior%20\(2012\).pdf](file:///C:/Users/SANDRA/Downloads/Qu%C3%A9%20es%20un%20buen%20docente%20en%20Educaci%C3%B3n%20Superior%20(2012).pdf).
- Casas, P. (6 de Diciembre de 2018). El problema no es solo plata: 42 % de los universitarios deserta. *El Espectador*. Recuperado el 15 de Junio de 2019, de <https://www.elespectador.com/noticias/educacion/el-problema-no-es-solo-plata-42-de-los-universitarios-deserta-articulo-827739>.
- Felder, R., y Silverman, L. (s.f.). Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering Education Journal*, 78(7), 674-681.
- Figuroa, N., Cataldi, Z., Méndez, P., Rendón, J., Costa, G., y Lage, F. (2005). Los estilos de aprendizaje y el desgranamiento universitario en carreras de informática. *JEITICS 2005 - Primeras Jornadas de Educación en Informática y TICS en Argentina*, (págs. 15-19). Buenos Aires. Recuperado el 4 de Junio de 2019, de <http://cs.uns.edu.ar/jeitics2005/Trabajos/pdf/03.pdf>.
- González, L. (2018). *Análisis exploratorio de datos*. Bogotá: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Holmlund, T., Lesseig, K., y Slavitt, D. (2018). Making sense of “STEM education” in K-12 contexts. *International journal of STEM education*, 5(32), 1-18. doi:<https://doi.org/10.1186/s40594-018-0127-2>.
- Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación Superior ICFES. (16 de Febrero de 2009). *Fundación universitaria Luis Amigó*. Recuperado el 30 de Abril de 2013, de <http://www.funlam.edu.co/uploads/facultadpsicologia/324614.pdf>.

- International Labour Organisation. (1986). *ILO*. Recuperado el 2 de November de 2017, de Vocational training: Glossary of selected terms: [http://staging.ilo.org/public/libdoc/ilo/1986/86B09\\_420\\_engl.pdf](http://staging.ilo.org/public/libdoc/ilo/1986/86B09_420_engl.pdf).
- Kelley, T., y Knowles, G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International journal of STEM education*, 3(11), 1-11. doi:10.1186/s40594-016-0046-z.
- Kolman, B., y Hill, D. (2013). *Álgebra Lineal. Fundamentos y Aplicaciones* (Primera ed.). Bogotá: Pearson.
- Larson, R., y Edwards, B. (2010). *Cálculo 2. De varias variables*. México: McGraw-Hill.
- Levine, T., y Marcus, A. (2010). How the structure and focus of teachers' collaborative activities facilitate and constrain teacher learning. *Teaching and Teacher Education*, 26(3), 389-398. doi:10.1016/j.tate.2009.03.001.
- Margot, K., y Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: a systematic literature review. *International Journal of STEM education*, 6(2), 1-16. doi:https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2.
- Ministerio de Educación Nacional. (2009). *Deserción estudiantil en la educación superior colombiana. Metodología de seguimiento, diagnóstico y elementos para su prevención*. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.
- Ministerio de Educación Nacional. (2015). *Guía para la implementación del modelo de gestión de permanencia y graduación estudiantil en instituciones de educación superior*. Recuperado el 22 de Junio de 2017, de [http://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-356272\\_recurso.pdf](http://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-356272_recurso.pdf).
- Moore, T., Stohlmann, M., Wang, H.-H., Tank, K., Glancy, A., y Roehring, G. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM. En S. Purzer, J. Strobel, y M. Cardella, *Engineering in Pre-College Settings: Research into Practice*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Mullis, I., Martin, M., Ruddock, G., O'Sullivan, C., y Preuschoff, C. (2009). *TIMSS 2011 Assessment Frameworks*. Boston: International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA).
- National Academy of Engineering and National Research Council. (2014). *STEM integration in K-12 education: education, status, prospects, and an agenda for researchers*. Washington, DC: The National Academies Press. doi:https://doi.org/10.17226/18612.
- OECD. (2004). *Marcos teóricos de PISA 2003*. Recuperado el 19 de Abril de 2013, de Conocimientos y destrezas en Matemáticas, Lectura, Ciencias y Solución de problemas: <http://www.oecd.org/pisa/39732603.pdf>.
- Santos, R., y Cajiao, F. (8 de Abril de 2019). 8 razones de "brutal" caída en matrículas de universidades, y se dieron cuenta tarde. 84. (R. Semana, Entrevistador) Recuperado el 4 de Junio de 2019, de Pulzo: <https://www.pulzo.com/economia/razones-brutal-caida-matriculas-universidades-PP675191>.

- Shinde, R., y Kaynak, D. (16 de June de 2016). *Analysis of the Turkish Education System: A System Dynamics Approach on Dropouts and De*. Recuperado el 16 de May de 2017, de System dynamics conferences: <http://www.systemdynamics.org/conferences/2016/proceed/papers/P1255.pdf>.
- Sistema Nacional de Información de la Educación Superior. (6 de Abril de 2018). *SNIES*. Recuperado el 2 de Julio de 2019, de <https://www.mineducacion.gov.co/sistemasinfo/Informacion-a-la-mano/212400:Estadisticas>.
- Stewart, J. (2002). *Cálculo Multivariable*. Colombia: Thomson Learning.
- Stohlman, M., Moore, T., y Roehrig, G. (2012). Considerations for tezhing integrated STEM education. *Journal of Pre-college Engineering Education Research*, 2(1), 28-34. doi: 10.5703/1288284314653.
- TKI. (2019). *Enabling, e-learnig teaching*. Obtenido de What is STEM/STEAM?: <http://elearning.tki.org.nz/Teaching/Future-focused-learning/STEM-STEAM>.
- Tsupros, N., Kohler, R., y Hallinen, J. (2008). *STEM Education in Southwestern Pennsylvania*. Pennsylvania. Recuperado el 6 de Junio de 2019, de <https://www.cmu.edu/gelfand/documents/stem-survey-report-cmu-iu1.pdf>.
- Vásquez, A. (2014). Hacia un perfil docente para el desarrollo del pensamiento computacional basado en educación STEM para la média técnica en desarrollo de software. *Tesis de maestría*. Medellín, Colombia. Recuperado el 4 de Junio de 2019, de [https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/5139/AlbertoV%C3%A1squezGiraldo\\_2014.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/5139/AlbertoV%C3%A1squezGiraldo_2014.pdf?sequence=2&isAllowed=y).
- Vattimo, G. (2010). *Adiós a la verdad*. Barcelona: Gedisa.

## CAPITULO VI

# ANÁLISIS DE PRÁCTICAS ALTERNATIVAS DE APRENDIZAJE MEDIADAS POR EL MODELAMIENTO MATEMÁTICO EN UN AMBIENTE DE EDUCACIÓN STEM

### **Norman Moreno Cáceres**

Docente-Investigador del Departamento de Ciencias Básicas de Unipanamericana. Colombia. Correo electrónico: [morenoc@unipanamericana.edu.co](mailto:morenoc@unipanamericana.edu.co). ORCID [<https://orcid.org/0000-0003-1582-4785>].

### **Alexander Agudelo Cárdenas**

Docente Titular Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Colombia. ORCID [<https://orcid.org/0000-0003-0598-2317>].

### **Oscar Valero Carvajal**

Docente-Investigador del Departamento de Ciencias Básicas de Unipanamericana. Colombia. Correo electrónico: [ovalero@unipanamericana.edu.co](mailto:ovalero@unipanamericana.edu.co). ORCID [<https://orcid.org/0000-0003-4422-1414>].

## **Resumen**

El presente escrito tiene como propósito presentar algunos resultados de una investigación sobre las prácticas de aprendizaje mediadas por el modelamiento matemático en un ambiente de educación STEM. Se trabajó una metodología de carácter fenomenográfico de paradigma cualitativo teniendo en cuenta las experiencias de estudiantes de ingeniería en el desarrollo de prácticas alternativas de aprendizaje (PAA) como concepto transformador de la práctica educativa. Para el desarrollo de la investigación se contó con un grupo de estudiantes de la Fundación Universitaria Panamericana (Unipanamericana) inscritos en el curso de Ecuaciones Diferenciales de la Facultad de Ingeniería durante el periodo 2018-II. El diseño de investigación se fundamentó desde tres categorías de análisis principales: Umbral pedagógico, Mediación y Saber de Interés, que permitieron valorar y cualificar los elementos de una PAA. Entre los resultados se encontró que la riqueza de trabajar en un ambiente educativo STEM está relacionado con lo que se define como PAA, dado que se permitió a los estudiantes ser el centro del proceso educativo desde una mediación a través del modelamiento como integrador de saberes prácticos y habilidades útiles para la formación de profesionales de la ingeniería.

**Palabras clave:** ciencias de la complejidad, educación STEM, habilidades científicas, prácticas de aprendizaje.

## ANALYSIS OF ALTERNATIVE LEARNING PRACTICES MEDIATED BY MATHEMATICAL MODELING IN A STEM EDUCATION ENVIRONMENT

### Abstract

This paper shows the results of a research process based on learning practices mediated by mathematical modeling in a STEM education environment. A phenomenological methodology and a qualitative paradigm are implemented bearing in mind the engineering students' experiences in the development of alternative learning practices, as a transformative concept of an educational practice. The population is a group of students from Fundación Universitaria Panamericana (Unipanamericana) enrolled in the Differential Equations course at the engineering faculty 2018-II term. The research design is based on three main analysis categories: Pedagogical Threshold, Mediation and Knowledge of Interest, which allow to assess and qualify the elements of an alternative learning practice. It was found that because of the richness of working in a STEM educational environment, all is connected to what is defined as an alternative learning practice because students are the center of the educational process having mediation through modeling as an articulator of practical knowledge and, useful for the training of professionals in engineering.

**Keywords:** complexity science, educational practices, STEM Education, scientific skills.

### Introducción

En el quehacer cotidiano como profesores de ciencias, muchas veces nos hemos preguntado, ¿cómo conocemos? o concretamente ¿cómo comprenden nuestros estudiantes?, no es gratuito percatarnos que en este punto en el espacio y en este instante en el tiempo denominado contemporaneidad, los procesos de reflexión hacia una búsqueda de inteligibilidad de la realidad y por ende de nosotros mismos, ha evolucionado vertiginosamente, obligando a la conformación de nuevos imaginarios.

De esta manera, este escrito propone las prácticas de aprendizaje alternativa (PAA), —que en el transcurso de las siguientes secciones ahondaremos con mayor rigurosidad y concreción— mediadas por modelado, como puente epistemológico entre la educación STEM y la formación de pensamiento científico moderno (PCM) y pensamiento científico complejo (PCC).

En primera instancia se consultaron referentes teórico-prácticos de la Educación STEM, —acrónimo de los términos en inglés Science/Technology/Engineering and Mathematics— que se refiere a una política educativa en los Estados Unidos de Norteamérica. Para posteriormente identificar los elementos propios de una educación STEM en el contexto del acto educativo. Adicionalmente, se diseñó e implementó (en el aula) una PAA mediada por modelado, postulando tres categorías de análisis: umbral pedagógico, mediación y saber de interés, propuesta a la luz del marco teórico desarrollado (mediación pedagógica, ciencias de lo complejo y pensamiento científico).

En una posterior etapa, se realizó una ponderación de las concurrencias entre las categorías y subcategorías emergentes, con respecto a la literatura científica, todo con la intención de determinar a mediano plazo, las convergencias y emergencias involucradas en

la formación de pensamiento científico, particularmente de naturaleza compleja PCC y la visión interdisciplinar propia de la educación STEM.

En un primer avance de investigación, la PAA se enmarcó en poder identificar, y también diferenciar lo que entendemos como PCM y PCC. En ese orden de ideas, se destaca el interés por tres actividades de aprendizaje —Modelo Galileano 1, 2 y 3— que transitan de lo simple a lo complicado —elementos propios de la comprensión científica, por comprensión y/o por causalidad lineal—.

En ese mismo campo argumentativo, el objetivo general de la investigación es poder responder a la pregunta ¿cómo las prácticas alternativas de aprendizaje PAA mediadas por el modelamiento de sistemas mecánicos en un ambiente de educación STEM, contribuyen al desarrollo de pensamiento científico complejo? En otras palabras, una PAA consistiría en hacer el tránsito entre lo simple, lo complicado y ulteriormente lo complejo.

Adicionalmente, esta propuesta se centra en legitimar un discurso Pedagógico, al entender la pedagogía como génesis de las diferentes posibilidades de cada ser humano, para construir aprendizaje de tal manera que esta (la pedagogía) nos permita generar espacios de reflexión y comprensión. Para esto los autores proponen como desarrollo conceptual las prácticas de aprendizaje alternativo PAA. En consonancia con la educación STEM, se hace referencia como prácticas alternativas de aprendizaje a aquellas que constituyen una concreción del discurso convergente y emergente entre la mediación pedagógica (Gutiérrez y Prieto, 1999) y las ciencias de lo Complejo (Maldonado y Gómez, 2011).

## Consideraciones teóricas

### Un referente para la educación STEM

Para principios de los años 70, el sociólogo y teórico de la educación Neil Postman, caracterizado por una posición crítica en lo que refiere a la tecnología y su papel en la educación, desarrolla un modelo de escuela, basado en los principios planteados en su libro titulado “Teaching as a subversive activity” (Enseñanza como una Actividad Subversiva). Los autores identifican lo que denominan desaciertos epistemológicos, propios de las prácticas pedagógicas a saber: (Postman & Weingartner, 1969).

- El concepto de “verdad” absoluta, fija, inmutable, en particular desde una perspectiva bipolar del tipo buena o mala.
- El concepto de certeza. Existe siempre una respuesta “correcta”, y es absolutamente “correcta”.
- El concepto de entidad aislada, o sea, “A” es simplemente “A”, y punto final, de una vez para siempre.
- El concepto de estados y “cosas” fijos, con la concepción implícita de que cuando se sabe el nombre, se entiende la “cosa”.
- El concepto de causalidad simple, única, mecánica; la idea de que cada efecto es el resultado de una única causa, fácilmente identificable.
- El concepto de que las diferencias existen solamente en formas paralelas y opuestas: bueno-malo, correcto-errado; si-no, corto-largo, para arriba-para abajo, etc.

- El concepto de que el conocimiento es “transmitido”, que emana de una autoridad superior, y debe ser aceptado sin ser cuestionado.

A pesar de casi medio siglo de su publicación, Postman desglosa la problemática existente en los sistemas educativos, en el que se incluye el latinoamericano. A pesar de los grandes volúmenes de información y tecnologías a disposición del profesor y de los estudiantes, las prácticas de aprendizaje parecerían permanecer congeladas en el tiempo, sin una evolución significativa, y que en espacios académicos que abordan tópicos de ciencias naturales y/o ciencias formales, es aún más marcado. En términos de Maldonado (2011), la ciencia se vuelve técnica y críptica, su lenguaje, su lógica, sus métodos e incluso su propio objeto se vuelven cerrados, difíciles de comprender por parte de la sociedad en general. Si a esto le sumamos, la imposibilidad de poder correlacionarlas con las ciencias sociales y humanas de manera coherente, podríamos afirmar que nos encontramos en una situación de oportunidad deconstructiva, hacia un replanteamiento de las prácticas de aprendizaje y ulteriormente nuestro imaginario de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

Desde esta perspectiva se encuentra referenciada como fenómeno global: la educación STEM o también STEAM (Smith M. K., 2014), investigadores alrededor del mundo se han preguntado si esta es una nueva forma del movimiento global de reforma educativa (Sahlberg, 2013). En este sentido, la educación STEM puede incluir un conjunto más amplio de propósitos reflejando la naturaleza compleja de disciplinas como la ciencia, la matemática, la ingeniería, la tecnología y el arte (Roberts, 2012). Cuando se destaca la complejidad ciencias, se quiere dos aspectos fundamentales de las transformaciones científicas como lo aborda (Maldonado, 2019), que afirma que existen dos paradigmas al respecto, por un lado, el paradigma estándar que va avanzando de acuerdo con las contribuciones de diferentes participantes hasta consolidar las grandes transformaciones, que en principio no son intencionadas individualmente. Por otro lado, está el paradigma del otro modo, asociado a la complejidad, que produce rupturas y discontinuidades, revoluciones, estas no son propuestas como objetivos, pero avocinan cambios profundos al final.

No obstante, y a pesar del desarrollo de investigaciones, cuyos tópicos gravitan en torno a la educación STEM, hoy en día muchos educadores no tienen claro que es Educación STEM. (Breiner, 2012). Y peor aún independiente del uso del acrónimo, el estado de la cuestión sería ¿qué entiende por educación STEM dentro del contexto latinoamericano?, ¿es posible generar un discurso de educación STEM, que responda a las necesidades y realidades latinoamericanas?

Es mediante la concreción del acto educativo que podría responder a estas cuestiones, olvidando las concepciones y cuestiones fundacionales de la interacción entre campos de conocimiento y sus correspondientes implicaciones en una sociedad globalizada como la nuestra. Autores como Chesky & Wolfmeyer (2015), proponen un acercamiento desde un punto de vista filosófico, en el que se involucren políticas propias de la educación STEM como construcción social.

### **Transdisciplinariedad en la Educación: STEM y modelos del pensamiento científico**

A principios de los años setenta, una vez madurada las ideas de Norbert Wiener en su libro “*Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine*”, los aportes

de Mario Bunge con su biofilosofía y el concepto de modelo científico, problematizados en *Intuition and Science* (Bunge, 1962), el legado de Ludwig Von Bertalanffy reflejado en su *Teoría General de Sistemas* (1968) y los aportes de Jay Forrester para la comprensión y modelado de sistemas complejos con *Urban Dynamics* (1972), permitieron generar respuestas aproximadas pero cruciales, al hacer inteligibles de forma cualitativa y cuantitativa las dinámicas globales, tanto ambientales como de equidad entre los países y regiones del mundo, al reconocer la naturaleza compleja y la imposibilidad de enfrentarlos de forma aislada. Para 1972, surge la primera reflexión robusta en cabeza del Grupo de Roma, grupo compuesto por científicos, economistas, biólogos, políticos entre otros, que mediante el libro *The Limits To Growth* (1972), demuestran -mediante simulaciones computacionales- que el patrón mundial de crecimiento económico, demográfico, de uso de recursos naturales y de contaminación ambiental sería insostenible durante el siglo XXI.

### *Modelo científico*

“La ciencia intenta barrer de sus contenidos todo lo que huele a creencia, sentimiento y emoción ¿cómo consigue filtrar todo eso?” (Wagensberg, 2009, p. 20). Lo que se quiere rescatar de la cita es que está ligada al método científico y de allí al principio de la objetivación, como lo denomina Wagensberg. La realidad existe según cada observador y es pensable; la ciencia como forma de conociendo, la acepta. De acuerdo con esto, (Wagensberg, 2009) sugiere empezar por percibir lo real, luego se piensa en una representación y por último la gran pregunta ¿qué tan cercana es esa representación respecto a la realidad?, ¿qué elementos y reglas debe cumplir dicha representación, en el marco de esta forma de conocimiento llamada ciencia?

Para alimentar estos cuestionamientos, se empezó por aproximarse al concepto de partición –porción de realidad–. La partición –dependiendo del contexto, se puede hablar hasta de subparticiones– constituyen el primer artilugio de la ciencia, en búsqueda de una representación de la realidad. Dicho de otra manera, correspondería al estudio de particiones de naturaleza finita, como puente epistémico que acerca al pensador a una realidad de naturaleza infinita. De allí, se desprenden las ideas que se presentan a los estudiantes como modelo y sistema.

Tomemos como ejemplo una taza de café “caliente”; puede considerarse como un todo, compuesto por sus partes: cantidad de café conocida, recipiente que lo contiene, y las interacciones entre sus partes. Podríamos en primera medida asumir que la taza en cuestión se encuentra tapada y que, en otro momento del estudio, la taza se encuentra en interacción con el medio ambiente (entorno) generando nuevas interacciones entre el todo y el entorno. De esta lógica, cada partición se puede explicitar como un conjunto de cuatro elementos: el todo, las partes, el entorno y las interacciones –entre las partes o entre el todo y el entorno–. Entendida así, una particular partición, equivale a una particular forma de inteligibilidad científica. La historia, la sociología y la epistemología de la ciencia evidencian, los inicios desarrollo y evolución de estas formas de inteligibilidades.

Para este tipo de inteligibilidad, el comportamiento del todo se traduce en trayectorias, dadas unas condiciones iniciales de espacio y tiempo, principio de existencia y unicidad (Wagensberg, 2009). El tiempo y el espacio son absolutos, a ello se suma, que el espacio es descrito por el lenguaje de la geometría de Euclides. Esta particular partición, se rige por un principio de inteligibilidad de naturaleza determinista, gobernado por la búsqueda incansable de leyes naturales universales, que puedan describir de manera coherente la realidad en estudio.

### *Evolución de pensamiento*

La termodinámica clásica se concentró inicialmente en el estudio de los sistemas aislados que evolucionan hacia el equilibrio, el cual a su vez es el más probable de los estados posibles. Pero actualmente es conocido que la evolución termodinámica genera tanto orden como desorden. Por ejemplo, en un sistema en el que están presentes dos gases, nitrógeno e hidrógeno, ambos tendrán la misma concentración cuando la temperatura sea idéntica en todo el recipiente. Pero si ésta varía, la distribución de los dos gases se hará desigual; habrá más hidrógeno en un lado que en el otro. Por tanto, tendremos un proceso irreversible que lleva al desorden. Pero simultáneamente, se va generando un nuevo orden. En todos los niveles de la naturaleza, desde la biología hasta la cosmología, la irreversibilidad produce tanto orden como desorden. Nuestra propia vida es posible en tanto generamos desorden al destruir moléculas constantemente; pero este proceso es lo que permite crear otras nuevas. Sin el rol constructivo del tiempo no se podría pasar de un nivel de organización al siguiente. La flecha del tiempo ejerce su mella creadora igual en ciencia que en la existencia, es el motor de la evolución creadora. El tiempo de la física se va acercando a la imagen mitológica, un dios que crea, que transforma de manera consciente e inteligente.

En este sentido, el enfoque de la educación STEM desde la integración interdisciplinar, promueve el pensamiento analítico y crítico que corresponde con el sentido histórico y epistemológico de las ciencias, pero que además, implica un trasegar hacia la complejidad de los problemas de la sociedad actual en la que la termodinámica clásica y la termodinámica del no equilibrio conforman parte del marco teórico, en la dirección de describir el sistema-mundo.

## **Metodología**

### **Abordando las prácticas alternativas como un puente hacia la Educación STEM**

Se realizó un estudio de naturaleza fenomenográfica. Este es un enfoque de investigación cualitativa que tiene como propósito encontrar las formas cualitativamente diferentes en las cuales las personas experimentan, comprenden o conciben fenómenos. Para indagar en la experiencia, se suele recurrir a las entrevistas como medio para obtener información (González, 2014). Experimentar algo implica establecer una relación entre el sujeto —quien experimenta, y el objeto — lo experimentado. El eje de la investigación fenomenográfica no es, por tanto, el fenómeno que se investiga o las personas que lo experimentan; lo que se estudia es la relación entre ambos. Es decir, cómo es experimentado (comprendido o percibido) el fenómeno en cuestión (Bowden & Walsh, 2000). Se parte del interrogante ¿cómo las prácticas alternativas de aprendizaje (PAA) mediadas por el modelamiento de sistemas mecánicos en un ambiente de educación STEM, contribuyen al desarrollo de pensamiento científico complejo?

## **Participantes**

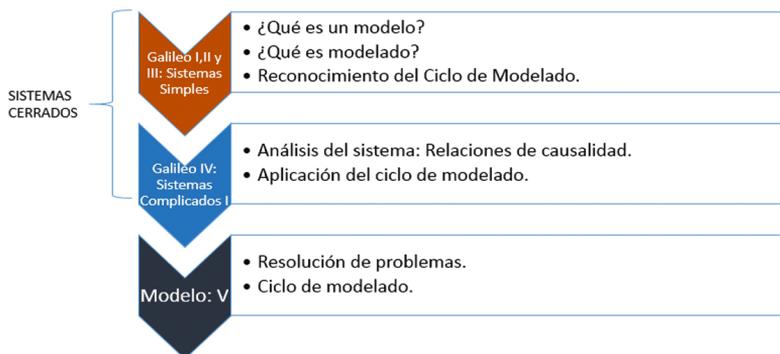
El proyecto de investigación se trabajó en un curso de ecuaciones diferenciales de la Fundación Universitaria Unipanamericana, con estudiantes de la facultad de ingeniería, en la ciudad de Bogotá. El curso se orientó conjunto por los autores del presente escrito. Además, para el desarrollo de la experiencia debió contarse con el aval de las autoridades académicas con el fin de no alterar procesos administrativos.

Contexto Epistemológico: la Ciencia Normal, de acuerdo con la postura epistemológica desarrollada por Tomas Kuhn, constituye uno de los logros más sobresalientes en la historia de la racionalidad humana. Su posterior aplicación en lo que se denominaría la revolución industrial y el desarrollo tecnológico de la época, recayó de manera directa en todo el sistema educativo, extrapolando esta cosmovisión de la realidad, en la relación “Educador-Educando”. Trabajos como el de Galileo en sus diálogos, Descartes y su discurso del método, Isaac Newton y su principia matemática de la filosofía natural; conformaron la visión de mundo caracterizado por la búsqueda incansable de leyes naturales universales que describan el comportamiento de los fenómenos.

Matices de la Educación STEM: Para el interés de la presente investigación se trabajó el modelamiento matemático a partir de sistemas que se denominaron Galileanos, en sentido práctico se modelaron sistemas simples, es decir, ecuaciones diferenciales cuya solución particular es una función de una variable. El caso particular, se trabajó la ley de gravitación universal. Para el acompañamiento en el aula se complementó el trabajo con un énfasis en conceptos como: modelo, modelamiento, sistema, variables y parámetros. Posteriormente, se ampliaron las variables en los análisis, con los estudiantes, para sistemas oscilatorios, que se denominaron complicados.

### Diseño de una Práctica de Aprendizaje Alternativa: Implementación de la Educación STEM

La figura 1, muestra los elementos metodológicos presentados a los estudiantes con el fin de hacer claridad sobre la ruta de trabajo propuesta para que aceptaran y reconocieran una metodología alternativa a lo presentado en los planes de curso institucionales. De lo anterior se destaca que se trabaja la mediación en la metodología STEM, centrada en el modelado y no en la repetición de métodos de solución de ecuaciones diferenciales, aclarando que estos métodos no son ignorados ni subestimados a la hora de construir modelos matemáticos (Hestenes, 2010).



**Figura 1. Ruta metodológica de la práctica desarrollada para el curso de ecuaciones diferenciales.**

Fuente: elaboración Propia (2019).

El trabajo práctico con los estudiantes se desarrolló a través de guías de trabajo de acuerdo con la estructura presentada en la figura 2. Se dividió en dos componentes principales; el estudio de caso y la situación didáctica, esto obedece a que los estudiantes deben diferenciar la situación que se debe analizar del modelo teórico como se denomina al saber de interés, que para este curso son las ecuaciones diferenciales.

## Lectura 1.0

Este documento constituye una porción de un capítulo de libro sobre innovación educativa

### El Modelamiento Matemático en el Aprendizaje de las Ciencias Básicas para estudiantes de Ingeniería

Alexander Agudelo Cárdenas  
Norman Darío Moreno  
Oscar Valero

#### Resumen

Para la construcción de conocimiento científico, la matemática se ha constituido en el lenguaje universal por definición de la ciencia, sin importar si el fenómeno en estudio es físico, químico, social o ingenieril entre otros. El escrito, presenta a la luz de las investigaciones en Física y Matemática Educativa de los últimos años, la importancia del papel del modelamiento matemático en el aprendizaje de las ciencias naturales particularmente en el campo de conocimiento de la Física y la Matemática introductoria. Todo con el objeto de favorecer el aprendizaje, al propiciar una cercanía respecto de la mirada de mundo del quehacer del científico.

**Keywords:** Aprendizaje de las Ciencias, Modelamiento Matemático, Matemática y Física Educativa.

#### I. INTRODUCCION

La labor del docente en el área de ingeniería impone retos grandes a nivel pedagógico y didáctico para propender por la comprensión de los conceptos fundamentales, tanto básicos como avanzados en las áreas de matemáticas y físicas de tal forma que los futuros ingenieros puedan responder a las necesidades exigidas por la sociedad. A su vez el papel del ingeniero constituye uno de las profesiones con mayor responsabilidad, para el desarrollo científico tecnológico de un país como el nuestro [20]. Sin embargo, En la formación “tradicional” de ingenieros se presenta una desarticulación entre los diferentes espacios académicos (islas de conocimiento) que conforman el currículo del ingeniero en cuestión, focalizado en la inexistencia dialógica propias de las ciencias básicas, respecto de las ciencias aplicadas. [4].

Este artículo de reflexión presenta a la luz de las investigaciones en Física y Matemática Educativa de los últimos 10 años [1,2,4,6,8,10,13], la relevancia del papel del modelamiento matemático en el aprendizaje de las ciencias naturales particularmente en el campo de conocimiento de la Física y la Matemática introductoria, y en donde las tecnologías de la información y la comunicación han replanteado las lógicas de aprendizaje de las ciencias naturales [4,5,10] y su relación con la Matemática [11]. En esa apuesta hacia el aprendizaje

**Figura 2.** Estructura de guía de trabajo.

**Fuente:** elaboración propia (2019).

### Categorías de análisis de una Práctica Alternativa de Aprendizaje

Las categorías de análisis propuestas para la investigación correspondiente se establecieron de tal forma que se diera cuenta de la práctica alternativa de aprendizaje como evidencia de una práctica STEM, con estudiantes de ingeniería del curso denominado “Ecuaciones Diferenciales” Adicionalmente, se establecen subcategorías (ver tabla 1) con el fin de diseñar instrumentos de indagación y recopilación de la información.

**Tabla 1. Categorías de Análisis para la configuración de Prácticas Alternativas de Aprendizaje de ciencias concebidas desde el modelamiento matemático.**

Categorías	Sub-Categorías
Umbral Pedagógico	Concepto de modelo
	Experiencias de modelado
	Conocimiento de objetos matemáticos
Mediación	Mundo Conceptuales
	Mundo Físico
	Mundo Mental
Saber de Interés	Aplicación de ecuaciones diferenciales
	Primer Orden - segundo Orden
	Sistemas mecánicos

**Fuente:** elaboración propia (2019).

El umbral pedagógico tiene doble connotación, según Prieto (2015), por un lado está el umbral como entrada, entrada a la incertidumbre. Si en educación se supiera qué se va a encontrar cuando se entra a un salón de clase, la tarea sería simple, menos interesante pero simple. Por otro lado, está la connotación pedagógica en la que se piensa en el co-aprendiente, que cumple el rol de profesor. Adicionalmente, en acuerdo con Gutiérrez y Prieto (1999), la mediación tiende puentes entre mundos que se separaron para el análisis, pero que están transdisciplinariamente integrados. El mundo conceptual se refiere a los modelos de la Física Mecánica Newtoniana, el mundo Físico se refiere a la experiencia con movimientos de diferentes tipos y por último el mundo mental que relaciona la experiencia del estudiante y sus explicaciones o modelos acerca de las posibles construcciones que puede hacer (Hestenes, 2010). De esta manera, la mediación a través del modelado, como práctica alternativa de aprendizaje se convierte en una característica de un ambiente educativo STEM.

## Resultados

### Categorías de una Práctica Alternativa de Aprendizaje

Se seleccionó una muestra de referentes principalmente publicaciones en bases de datos, para los cuales se realizaron resúmenes que fueron clasificados y analizados a partir de las categorías. En este proceso se analizaron a la luz de las recurrencias, inicialmente en términos de palabras se realiza un conteo (ver tabla 2), para verificar las influencias y relación con las categorías de análisis establecidas.

**Tabla 2. Palabras recurrentes en los resúmenes de las referencias filtradas para el análisis deductivo.**

Palabras Recurrentes	
Estudiantes	84
Física	67
Aprendizaje, aprender y comprensión	63
Enseñanza	41
Modelado y Modelos	43
Investigación, Estudio y conocimiento	53
Maestro, Profesor y docente	32
Practica y practicas	42
Habilidades	20
Clases, clase, cursos y laboratorio	35
Computacional y simulaciones	21

**Fuente:** elaboración propia (2019).

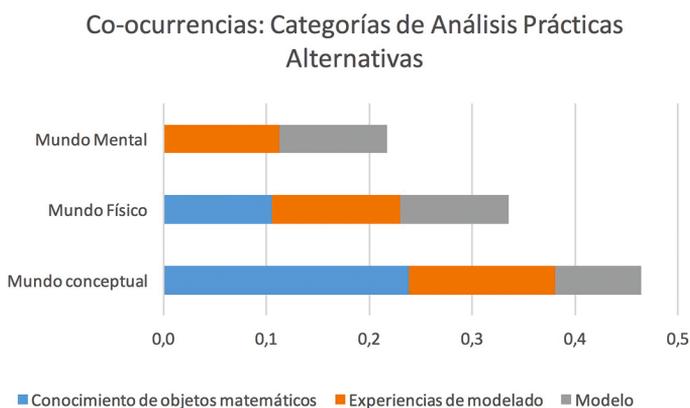
Una vez establecidas las palabras recurrentes se seleccionan las unidades de análisis y se relacionan con las subcategorías de análisis para establecer co-ocurrencias. Este resultado se muestra en la figura 3, donde se evidencia que cada subcategoría tiene una representación en el conjunto de las referencias seleccionadas, lo cual se interpreta como un acierto en la validez de las categorías construidas. Cabe aclarar, que no se incluyeron las subcategorías del saber de interés dado que las ecuaciones diferenciales en general se trabajan como publicación indexada en un sentido de aplicación y es relativamente bajo el porcentaje de publicaciones que hagan referencia a estudios educativos.



**Figura 3. Porcentajes de asociación entre las categorías y las citas de las referencias utilizadas.**

**Fuente:** elaboración propia (2019).

Algunos elementos de la figura 3, describen un alto porcentaje destinado a presentar resultados y experiencias en torno al modelado implementado como práctica de aprendizaje. Adicionalmente, lo que se denominó como mundo conceptual se incluye dentro de los principales descriptores de la categoría relacionada, que se definió como: Mediación.

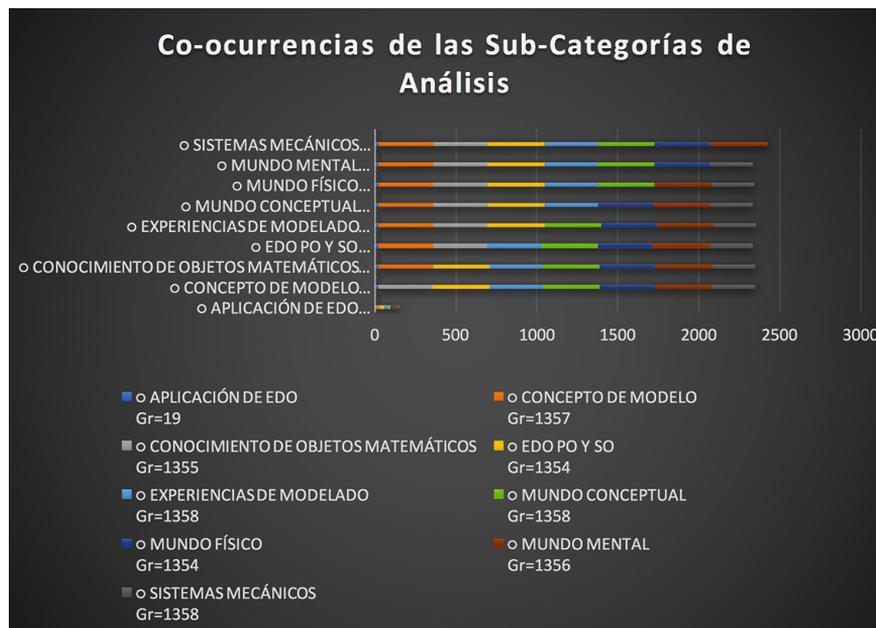


**Figura. 4 porcentajes de asociación entre las categorías y las citas de las referencias utilizadas.**

**Fuente:** elaboración propia (2019).



Para complementar, las unidades de análisis permiten ver las co-ocurrencias entre las subcategorías con una tendencia uniforme (ver figura 6). En este sentido el umbral pedagógico y la mediación se asimilan en gran medida asociada al discurso de los estudiantes cuando se les indaga sobre la construcción de un modelo para un sistema vibracional mecánico simple. Además, las relaciones entre lo que se denominó como “mundos” destaca una cierta apropiación de elementos formales de las ecuaciones diferenciales y su aplicación para el análisis de sistemas simples.

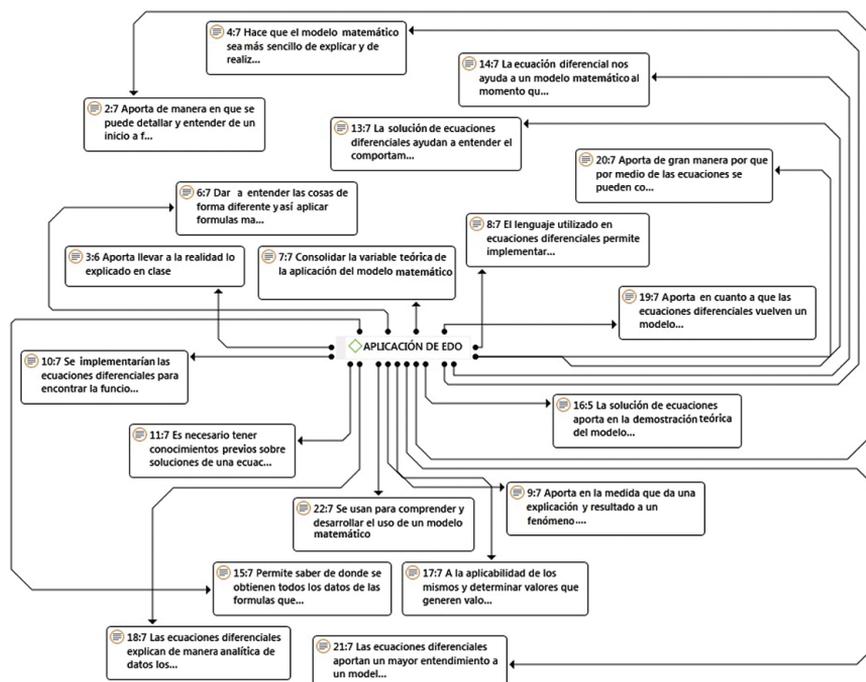


**Figura 6. Gráfico de Co-ocurrencias construidas a partir de las entrevistas estructuradas.**

**Fuente:** elaboración propia (2019).

En síntesis, las características de un modelo relacionado a un sistema y el proceso de modelado, se realizó a partir de las diferentes herramientas, a través de las diferentes actividades implementadas en el marco de una práctica alternativa de aprendizaje. De acuerdo con esto, se logró que el estudiante estuviera en el centro del acto educativo, que aprendiera en un ambiente STEM utilizando la mediación del modelado, se convirtió en un proceso transdisciplinar de indagación y proposición. Por ejemplo, para los estudiantes ya no es lo mismo un principio físico representado en una ecuación, que los valores obtenidos para un sistema configurado en unas condiciones dinámicas específicas y con parámetros determinados.

Complementando, dada la diferencia entre la aplicación de las ecuaciones diferenciales con otras subcategorías se presentan algunas de las citas que hicieron los estudiantes al respecto, ver figura 7. Para esta construcción se realizó la asociación entre las subcategorías y la unidad de análisis que incluyera el texto “aplicación”.



**Figura 7. Mapa Semántico de la Aplicación de las ecuaciones diferenciales como consecuencia de la entrevista estructurada.**

Fuente: elaboración propia (2019).

## Conclusiones

En este punto del trayecto planteado, las construcciones que se derivan de la idea de enmarañar la mediación con modelado, las prácticas alternativas de aprendizaje y la educación STEM, son variadas. Para comenzar se considera que se produce un alimentación a la pregunta ¿cuándo una práctica es STEM? o ¿cuándo una práctica es alternativa? Para esto se tiene que por un lado están los errores epistemológicos, no los errores prácticos. Es decir, si la práctica se refiere a verdades absolutas no tiene nada que ver con lo alternativo, ni con la articulación de saberes y técnicas, por mencionar algunas características generales. Se abra paso a la incertidumbre como eje dinamizador de la práctica. Los estados estáticos

se transforman en consensos y mediaciones concretas, se abren los espacios de participación real por el aprendizaje, por la conciencia colectiva sobre problemas reales estudiados desde la mirada del pensamiento científico y complejo.

Por otra parte, una vez se alimentó lo que no es STEM ni alternativo, se ve lo que sí es, no como una simple negación conectiva lógica, sino que se quiere mantener en el campo de la complejidad y la incertidumbre por esta razón y de acuerdo con los “mundos” estudiados se concluye que una práctica STEM es aquella que potencia el pensamiento científico complejo a través de mediaciones y umbrales más o menos establecidos con criterios coherentes alrededor de la problematización, la pasión y la necesidad de aprender con un propósito.

Por lo anterior, el modelamiento matemático sirve como agente provocador, eje de la mediación, dado que epistemológicamente está estructurado para explicitar los elementos constitutivos de la organización que pretende ser modelada el todo y sus partes, sistemas simples y complejos, en la emergencia de las interacciones. En este orden de ideas, la filosofía entra a formar parte integral de las prácticas alternativas como herramienta de análisis y de validación, un pensamiento de Henke & Höttecke, (2015).

Si un estudiante es capaz de pensar el mundo de forma compleja, es capaz de superar barreras epistémicas sobre lo que describe un modelo y como se concibe su representación y de esta manera trasciende en el aprendizaje como emergencia y no como transmisión de conocimiento o habilidad para desempeñar un empleo. Si piensa científicamente es capaz de abordar diferentes niveles de organización de los sistemas de interés, una idea propuesta por Redish (2015).

## Referencias bibliográficas

- Bowden, J. & Walsh, E. (2000). *Phenomenography*. Melbourne: RMIT Publishing.
- Breiner, J. M. (2012). *What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships*. School Science and Mathematics, 3-11.
- Bunge, M. (1962). *Intuition and science*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Chesky, N. Z. & Wolfmeyer, M. R. (2015). *Philosophy of STEM education: A critical investigation*. Springer.
- Friesse, S. (2012). *Qualitative Data Analysis Wit Atlas.Ti*. Cornwall: SAGE.
- González, C. (2014). *Investigación fenomenográfica*. Revista Internacional de Investigación en Educación.
- Gutiérrez P, D. y Prieto C, D. (1999). *La mediación pedagógica*. Apuntes para una educación a distancia alternativa. Argentina: Ciccus- La Crujía.
- Henke, A. & Höttecke, D. (2015). *Physics teachers' challenges in using history and philosophy of science in teaching*. Science & Education, 349-385.
- Hestenes, D. (2010). Modeling theory for math and science education. En R. Lesh, Modeling students' mathematical modeling competencies (págs. 13-41). Boston: Springer.

- Maldonado, C. (2019). *Turbulencias. Sobre ciencias y otras complejidades* (Vol. I). Bogotá: Universidad El Bosque.
- Maldonado, C. y Gómez Cruz, N. (2011). *El mundo de las ciencias de la complejidad*. Bogotá: Universidad del Rosario.
- Postman, P. C. & Weingartner, C. (1969). *Teaching as a subversive activity*. Delta.
- Prieto C, D. (2015). *Elogio de la Pedagogía Universitaria*. Mendoza, Argentina: Edición digital Facultad de Filosofía y Letras.
- Redish, E. F. (2015). *Language of physics, language of math: Disciplinary culture and dynamic epistemology*. *Cience & Education*, 561-590.
- Roberts, A. (2012). *A justification for STEM education. Technology and engineering teacher. TECHNOLOGY AND ENGINEERING TEACHERe*, 1-4.
- Sahlberg, P. (2013). *The most wanted: Teachers and teacher education in Finland*. En L. Darling-Hammond, *Teacher Education Around the World*. Routledge.
- Smith, M. K. (2014). A campus-wide study of STEM courses: new perspectives on teaching practices and perceptions. . *CBE—Life Sciences Education*, 624-635.
- Wagensberg, J. (2009). *Yo, lo superfluo y el error: historias de vida o muerte sobre ciencia o literatura*. España: Tusquets Editores.
- Wiener, N. (2019). *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*. . MIT press.
- Wilcox, B. R. (2016). *Open-ended versus guided laboratory activities: Impact on students' beliefs about experimental physics*. *Physical Review Physics Education Research*, 0201321- 0201321.

## CAPÍTULO VII

### DISPOSITIVOS MÓVILES COMO HERRAMIENTAS PEDAGÓGICAS DEL SIGLO XXI

#### **Ledesma Paula**

Especialista en Tecnología Educativa (UBA). Licenciada en Lengua Inglesa (UTN). Profesora en Inglés (ISP JVG). Capacitadora y docente en el uso de Tecnología Educativa en UTN INSPT. Autora de contenidos, diseñadora de materiales y cursos virtuales. Correo electrónico: [plpaulaledesma@gmail.com](mailto:plpaulaledesma@gmail.com).

#### **Villaverde Marcela**

Adscripta en Aplicaciones de Informática Educativa a la Enseñanza del Inglés (INSPT UTN). Diplomada en e-learning y m-learning (UTN). Diseño y capacitación de docentes en el uso creativo de TIC. Correo electrónico: [marcelavillaverde@gmail.com](mailto:marcelavillaverde@gmail.com).

#### **Resumen**

Los cambios constantes presentes en este mundo digitalizado se ven reflejados en las diferentes formas de acceso a la información y al conocimiento en la actualidad. Los estudiantes ya no son pasivos receptores del conocimiento que pueda impartir un docente, sino que se espera que el profesor actúe como guía en el desarrollo de las distintas habilidades del siglo XXI, como la resolución de problemas, el trabajo colaborativo, la creatividad y el pensamiento crítico, tal como lo plantea la educación STEAM. En el siguiente capítulo, se propone compartir una experiencia enriquecida con tecnología móvil, que se llevó a cabo con alumnos adolescentes de nivel secundario en Buenos Aires, Argentina, y que fue realizada dentro del marco de la enseñanza de inglés como lengua extranjera, bajo un enfoque cualitativo. En dicha experiencia, teniendo en cuenta el acceso de la mayoría de los alumnos a dispositivos móviles, se planteó el desafío de crear un proyecto donde los alumnos pusieran en práctica el trabajo colaborativo y el análisis crítico para lograr desarrollar un producto digital en forma de avatar parlante, transitando etapas de indagación, reflexión y creación mediadas por tecnología móvil, que permitiera transformar la enseñanza con una integración efectiva de TIC. Durante la experiencia, se pudo observar el impacto positivo que puede tener la tecnología móvil cuando es integrada con objetivos pedagógicos claros. En base a las prácticas realizadas, se concluye que los dispositivos móviles son potenciales aliados de la educación que pueden abrirnos puertas a múltiples actividades que fomenten las llamadas habilidades del siglo XXI.

**Palabras clave:** educación STEAM, habilidades del siglo XXI, tecnología móvil.

## Abstract

The constant changes present in this digitized world are reflected in the different forms of access to information and knowledge today. Students are no longer passive recipients of the knowledge that a teacher can impart, but the teacher is expected to act as a guide in the development of the different skills of the 21st century, such as problem solving, collaborative work, creativity and critical thinking, as stated by STEAM education. In the following chapter, it is proposed to share an experience enriched with mobile technology, which was carried out with adolescent students of secondary level in Buenos Aires, Argentina, and that was carried out within the framework of teaching English as a foreign language, under a qualitative approach. In this experience, taking into account the access of most students to mobile devices, the challenge of creating a project where students put into practice collaborative work and critical analysis to develop a digital product in the form of an avatar was raised, talking, going through stages of inquiry, reflection and creation mediated by mobile technology, which would allow transforming education with an effective integration of ICT. During the experience, it was possible to observe the positive impact that mobile technology can have when it is integrated with clear pedagogical objectives. Based on the practices carried out, it is concluded that mobile devices are potential allies of education that can open doors to multiple activities that foster the so-called 21st century skill.

**Key words:** mobile technology, STEAM education, XXI Century skills.

## Introducción

A medida que avanzan los tiempos, y el mundo se vuelve más globalizado y digitalizado, el uso omnipresente de las nuevas tecnologías parece estar transformando el paradigma educativo que tiene como protagonista al docente como único poseedor e impartidor del conocimiento y a los alumnos como pasivos receptores de dichos saberes. El nuevo modelo está dando lugar a comunidades de aprendizaje que trascienden las paredes áulicas, y donde el conocimiento se construye a partir de intercambios colaborativos mediados por la tecnología.

La introducción de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), la persistente conectividad inalámbrica derivada en especial del advenimiento de las tecnologías 3G (tercera generación) y 4G (cuarta generación) de alta velocidad y la aparición de dispositivos móviles portables de gran capacidad de almacenamiento dieron origen a la hiper comunicación entre las personas. Ésta se caracteriza por una multimedialidad que se traduce en el intercambio constante de mensajes de texto, artículos, documentos, videos, imágenes, audio, etc.

Los alumnos del siglo XXI, están expuestos a esta realidad y llevan sus dispositivos móviles como una especie de extensión de su propio cuerpo. El docente, por lo tanto, tiene por delante el desafío de reinventar su rol hacia uno de diseñador o facilitador de procesos de aprendizaje basados en el desarrollo de competencias que abunden en lo metodológico. Nuñez (2016), plantea 5 competencias fundamentales para el docente del siglo XXI, entre

las cuales se pueden destacar: la búsqueda y evaluación de contenido web de calidad, el uso de herramientas de trabajo en línea que propicien el trabajo en grupo, fomenten habilidades y técnicas específicas de creatividad y aprendizaje y la implementación de dispositivos móviles en el aula. En el marco de lo anteriormente expuesto, dichas competencias tendrían el objetivo de ayudar a los estudiantes a dar sentido a la sobreinformación que los rodea, a relacionar conceptos, a investigar, a discernir lo relevante de lo que no lo es, a sintetizar ideas y a crear contenidos, entre otros.

Por otro lado, la importancia que ha ido tomando la enseñanza conocida como STEAM (es decir en Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas) en distintos países del mundo como EEUU, Finlandia y varios países de la Unión Europea, plantea la necesidad de trabajar de forma más interdisciplinar y centrada permanentemente en el alumno.

Una de las herramientas consideradas de gran potencial pedagógico por estas nuevas corrientes innovadoras son precisamente los dispositivos móviles, dado que, además de ser de gran relevancia para nuestros alumnos fuera del aula, brindan un sinnúmero de ventajas, entre las cuales se encuentran la flexibilidad, inmediatez, portabilidad, motivación, dinamismo, accesibilidad a variedad de formatos de contenido, autonomía, etc.

No obstante, junto con estos beneficios, también se evidencia el desafío que implica la integración de las tecnologías móviles a los contenidos curriculares, no sólo desde un punto de vista técnico, dado que el acceso a internet puede ser pobre o inexistente en algunas instituciones educativas, sino también pedagógico, ya que es esencial tener objetivos claros de aprendizaje para no caer en enseñanzas intrascendentes. Sumado a esto, se suelen identificar posibles obstáculos logísticos que resultan de la falta de pautas claras de uso dentro del aula.

En el siguiente capítulo, se propone presentar una experiencia áulica que claramente ilustra el impacto que puede tener la integración de tecnología móvil en la enseñanza. La experiencia en la que se enfoca es parte de la creación de un proyecto mediado por tecnología móvil integrada a la enseñanza de inglés como lengua extranjera, con alumnos adolescentes de nivel secundario, en una institución de ámbito privado. Este proyecto tiene sus bases en diferentes marcos teóricos tales como el aprendizaje móvil, el modelo SAMR para la implementación de las tecnologías en la educación, la taxonomía de Bloom para la era digital y la gamificación aplicada a la educación.

## **Marco teórico**

### **¿STEAM en la enseñanza de una lengua extranjera?**

Durante varios años, la educación que inicialmente se conocía como STEM, basó su propuesta en la integración de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas en el ámbito educativo. En su definición más actual, la educación STEAM agregó a su propuesta la integración de las artes (Yakman, 2010). Sin embargo, lo más relevante de las propuestas STEAM no son estas disciplinas en forma individual o en sí mismas, sino el modo en que las mismas pueden ser integradas en forma interdisciplinar al desarrollo curricular de las demás disciplinas. En realidad, dentro de las artes se encuentran incluidos campos tan

variados como “las artes del lenguaje, las artes liberales o de ciencias sociales y las artes físicas, además de las que tradicionalmente se han considerado como las bellas artes” (Ruiz, 2017, p.30). En acuerdo con esto, Miller plantea que a medida que la educación STEAM se centra en la integración de contenidos multidisciplinares, la integración de STEAM no se limita a los contenidos de STEAM, sino también a aquellos que no sean del STEAM. Por ejemplo, las lenguas extranjeras. (Miller, 2014).

Además de centrarse en la interacción de contenidos multidisciplinares, la educación STEAM a su vez fomenta el desarrollo de habilidades tales como la resolución de problemas, el trabajo colaborativo y el pensamiento crítico.

En lo que respecta al uso de herramientas tecnológicas, además de la programación y robótica y de la impresión 3D, suelen encontrarse como ítems STEAM el trabajo con objetos tecnológicos accesibles como aplicaciones y dispositivos móviles. Es por esto que resulta de gran interés poder observar el impacto que estos objetos tecnológicos pueden tener en el desarrollo de la integración de las áreas STEAM en la educación (Domènech, Lope y Mora, 2019).

### **¿Qué es el aprendizaje móvil?**

El aprendizaje móvil (m-learning) es “la utilización de tecnología digital y portátil, ya sea sola o en combinación con cualquier otro tipo de tecnología de la información y la comunicación (TIC), con el fin de facilitar el aprendizaje en cualquier momento y lugar” (Rocca, 2018, p.14). Con “móvil”, por lo tanto, no nos referimos simplemente a los dispositivos en sí mismos, sino a la posibilidad de poder aprender teniendo acceso a la información “en la palma de la mano” en cualquier momento y lugar. A esta gran oportunidad de portabilidad y acceso, se suma el beneficio de su bajo costo en comparación a otras tecnologías como la de una computadora de escritorio. Estos atributos sumados a los mencionados a continuación, aportan valor agregado al aprendizaje móvil frente a otras formas de aprendizaje tradicional mediadas por instrumentos digitales. A continuación, analizaremos cuáles son estos otros atributos que distinguen al m-learning.

Una de las grandes ventajas que se asocia al aprendizaje móvil es la colaboración. Esto se debe a que, en general, el m-learning invita a compartir información e intercambiar conocimiento fácilmente vía mensajería móvil, redes sociales, correo electrónico, etc. De hecho, un gran número de herramientas como GoogleDocs y aplicaciones web están diseñadas para estimular el trabajo colaborativo y cooperativo.

Hoy en día, los dispositivos móviles se pueden usar para crear grupos de práctica o participar de Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA), que ofrecen flexibilidad de acceso y permiten crear y desarrollar ambientes de trabajo compartido cuyo objetivo es la construcción y difusión del conocimiento basado en la participación y colaboración activa de todos los integrantes del grupo.

Por otro lado, se puede nombrar también la personalización. Es decir, los dispositivos móviles son más apropiados para personalizar e individualizar el aprendizaje, no sólo en cuanto a los intereses de los estudiantes sino también a su ritmo. Además, el tener un

dispositivo propio en la palma de la mano para poder trabajar fomenta la autonomía y el autoaprendizaje, lo cual, sin duda, puede resultar altamente motivante.

Sumado a esto, la interactividad y la interacción son también beneficiosas. Con el advenimiento de la web 2.0, los usuarios dejan de ser meros receptores de información y asumen un rol mucho más activo, pudiendo sumar sus aportes, crear y compartir contenidos, participar de foros, etc. Las conexiones móviles actuales de alta velocidad propician y agilizan esta interacción e intercambio constante con el mundo exterior, lo cual es sumamente provechoso en términos de comunicación entre alumnos, profesores e instituciones educativas para intercambiar información, recibir devoluciones instantáneas e incluso despejar dudas o inquietudes de manera inmediata.

Finalmente, se puede referir a la variedad de recursos como una característica por demás relevante. Es una realidad ineludible que los dispositivos móviles brindan acceso a una amplia variedad de recursos multimedia como e-books, videos, webinars, audios, imágenes, juegos interactivos, etc., lo cual junto con los sensores multifunción tales como el GPS pueden enriquecer los procesos de aprendizaje.

En resumen, el aprendizaje móvil permite acceso a la información en todo momento y lugar e incluye multimedia, fomenta la autonomía, personalización y el aprendizaje centrado en el alumno, favorece la comunicación y el intercambio de datos entre alumnos y profesores y el trabajo en equipo. Todas estas características son las que se tuvieron en cuenta al momento de diseñar el proyecto que trataremos en el presente capítulo.

### **¿Qué desafíos puede presentar el aprendizaje móvil?**

Si bien la cantidad de oportunidades que brinda el aprendizaje móvil son evidentes, también presenta algunos desafíos, entre los cuales se encuentra la integración significativa a los contenidos curriculares. Es decir, la mera implementación de tecnología móvil no implica aprendizajes trascendentes ni de calidad, y mucho menos garantiza que éstos sean relevantes a los objetivos pedagógicos. Por lo tanto, es esencial plantear objetivos pedagógicos claros primero, para luego pensar en el potencial que ofrece, o no, el uso de alguna herramienta digital y la tecnología móvil en particular, de acuerdo a los contenidos a abordar y/o a las habilidades y/o aptitudes que se pretende desarrollar con su uso.

Entre los múltiples factores a tener en cuenta al momento de la planificación para la implementación del m-learning en clase está, por ejemplo, el cerciorarse sobre el número de dispositivos móviles que habrá disponibles en la clase y si se cuenta con conexión inalámbrica a internet. Si bien cuando los alumnos traen sus propios dispositivos a clase (como puede ser el caso en algunas instituciones que implementan el sistema *Trae tu propio dispositivo*, o BYOD= bring your own device en inglés), éstos pueden contar con un plan de datos móviles para poder trabajar, muchas veces hay reticencia por parte del alumnado al uso de éstos. Por este motivo, es recomendable que en aquellos casos en que para cierta actividad sea necesario descargar alguna aplicación que consuma muchos datos móviles, y si la conexión a internet de la institución educativa fuera pobre, se les pida a los alumnos que descarguen la aplicación necesaria con anterioridad en sus casas o cuando tengan wifi disponible. Vale hacer hincapié en el hecho de que, como docentes, es fundamental

tener estos aspectos en cuenta para diseñar un plan B que pueda ayudar a llevar a cabo los objetivos pedagógicos con la menor dependencia posible en la conexión a internet.

Otro factor que suele desalentar el uso de dispositivos móviles en el aula, es el hecho de que pueden generar distracciones en los alumnos debido a todos los estímulos que brindan dichos dispositivos. En este caso, es recomendable consensuar pautas claras de uso concernientes a los momentos en los que se hará uso del dispositivo y con qué objetivo, y cuando los alumnos deben apagarlo o ponerlo en modo avión para evitar interrupciones.

En cuanto a la selección de la información que se espera que los alumnos obtengan por internet usando sus dispositivos móviles, es preciso compartir los criterios para evaluar la relevancia, pertinencia y fiabilidad de la información hallada. Para esto, es fundamental que los estudiantes aprendan actitudes reflexivas y auto-reguladoras con respecto a la selección de dicha información. Este proceso de adquisición de competencias de selección debe ser gradual y darse siempre en contextos controlados por el profesor, como facilitador, en un principio para que después el alumno aprenda progresivamente a buscar en Internet de manera autónoma y eficiente.

### **¿Cómo se “Redefine” la enseñanza al mediarla con tecnología?**

Como docentes de lengua extranjera y especialistas en tecnología educativa, nos encontramos en constante búsqueda de herramientas y propuestas que permitan integrar la tecnología a nuestras prácticas, de tal manera que resulten significativas y, según el modelo SAMR de Rubén Puentedura (2006), apunten a aumentar, modificar y redefinir las actividades de aprendizaje propuestas. Este modelo es una forma de analizar la integración de tecnologías que toma la perspectiva de las herramientas utilizadas por docentes y alumnos para lograr una integración efectiva (García, Ledesma, Saumell, 2017). El modelo presenta cuatro niveles progresivos de impacto de la tecnología en un ambiente de aprendizaje. El primer nivel es Sustituir (S), el segundo es Aumentar (A), el tercero es Modificar (M), y el cuarto y último es Redefinir (R).

En el nivel “Sustituir”, la tecnología actúa como herramienta sustituta directa, sin cambio funcional. Por ejemplo, buscar información en Internet en lugar de ir a una biblioteca. En el nivel “Aumentar”, las TIC agregan una mejora funcional. Por ejemplo, si se agregan imágenes o se utiliza el corrector ortográfico en el procesador de textos. En el nivel “Modificar”, las TIC permiten un rediseño significativo de tareas. Por ejemplo, al combinar audio, video y texto. Finalmente, en el nivel “Redefinir”, las TIC permiten crear nuevas actividades de aprendizaje que hubiesen sido inconcebibles de no ser mediadas por tecnología. Por ejemplo, la creación de mapas conceptuales colaborativos o la creación de contenido interactivo con herramientas digitales. Puentedura (2006), además agrupa a los primeros dos niveles en una fase a la que llama *de Mejoramiento* y a los últimos dos niveles como fase *de Transformación*. Es fundamental resaltar que una integración de TIC efectiva debe intentar lograr la fase de Transformación, para lo cual los docentes necesitan familiarizarse con las herramientas que utilizan para alcanzar esos niveles y plantearse objetivos pedagógicos bien claros al optar utilizar la tecnología en sus prácticas.

Basados en este marco, por lo tanto, el desafío planteado fue que los alumnos pudieran seguir un objetivo claro para la creación de un producto final integrando tecnología móvil de forma efectiva, lo cual nos permitiera alcanzar la fase de transformación planteada por Puentedura.

### **Bloom para la era digital**

Otra de las bases teóricas que se tuvo en cuenta al diseñar este proyecto, fue la que plantea la nueva versión de la taxonomía de Bloom adaptada para la era digital. La versión original de 1956 presenta diferentes categorías de habilidades del pensamiento. El primer grupo incluye las habilidades de nivel de pensamiento inferior (conocimiento, comprensión y aplicación) y el segundo las habilidades de nivel de pensamiento superior (análisis, síntesis y evaluación).

A comienzos del siglo XXI, esta taxonomía fue adaptada de tal forma que pudiese incluir también, dentro de las habilidades de nivel superior, la habilidad de creación (Martín *et al.*, 2012). Además, las categorías adaptadas de esta versión de la taxonomía proponen una nueva terminología para referirse al nivel inferior y superior del pensamiento. De esta forma, las habilidades de nivel inferior ahora se denominan recuerdo, entendimiento y aplicación, mientras que en el nivel superior están el análisis, la evaluación y la creación.

La taxonomía digital de Bloom agrupa claramente varias actividades que se asocian a cada una de sus categorías de habilidades del pensamiento, en especial aquellas mediadas por tecnología. Por ejemplo, actividades que involucren hacer búsquedas en internet utilizando un navegador, marcar sitios favoritos y hasta participar en una red social para compartir contenidos (social bookmarking) están agrupadas en la habilidad del recuerdo, o recordar.

En el segundo grupo, como ejemplo de actividades que se asocien a la habilidad de comprensión, se puede mencionar algo tan simple como etiquetar contenidos para categorizarlos, así como también hacer anotaciones, comentar en blogs y redes sociales y hasta postear noticias, por ejemplo, en un blog o en Twitter. En la última categoría de habilidades del pensamiento de nivel inferior, la aplicación, se pueden incluir aquellas actividades que requieran, por ejemplo, cargar o subir archivos a un servidor, editar o hackear contenidos y hasta jugar u operar juegos electrónicos.

Por otro lado, las habilidades del pensamiento de nivel superior como el Análisis pueden incluir la recopilación de información de medios, la recombinación y enlace de vínculos y la revalidación y combinación multimedia. En este nivel, llegando a la categoría de Evaluación, se pueden mencionar actividades que involucren revisar, moderar y publicar contenido en redes, así como también colaborar, reelaborar y probar publicaciones. Finalmente, la categoría más desafiante en este grupo de habilidades del pensamiento de orden superior es el Crear. Aquí se integran una variedad de posibilidades para el uso de tecnología para la creación y filmación de videos, la programación, mezclar y remixar contenidos, y dirigir, transmitir y armar materiales digitales que integren distintos multimedios.

Teniendo en cuenta esta taxonomía digital, al diseñar el proyecto, se propuso presentar a los alumnos desafíos de distinta índole que les permitieran transitar los distintos niveles

de las habilidades de pensamiento. Este capítulo intenta mostrar también en qué parte del proyecto estos desafíos se hicieron presentes para luego analizar lo observado teniendo los distintos marcos teóricos que fueron nuestras bases de decisiones presente.

### **Elementos de Gamificación considerados para el proyecto**

En los últimos años se ha hecho más recurrente la idea de que hay muchos aspectos de los juegos que los hacen motivadores y que logran mantener a sus usuarios atentos y focalizados en sus logros y objetivos por largo tiempo. Por otro lado, también es más y más común encontrarse con colegas que afirman tener el gran desafío de lograr la atención de su alumnado y mucho más aún la concentración sostenida en los momentos de poner a los alumnos a completar tareas. Por este motivo, varios autores han estado fomentando la idea de que, si los educadores están informados y son capacitados sobre las características positivas de los juegos, pueden aplicar algunas de ellas a sus actividades para *gamificarlas* y obtener mejores resultados.

La Gamificación es un término que se refiere entonces a la aplicación de esos elementos y características que poseen los juegos que los hacen atractivos y hasta, en ocasiones, adictivos, a actividades que originalmente son del ambiente cotidiano y no comúnmente parte de ningún juego (Yu-Kai Chou, 2014). A continuación, se hace referencia a las características más relevantes de la gamificación y se asociaran a su aplicación en el aula.

Yu-Kai Chou (2014), agrupa las características más relevantes de la Gamificación en 8 motivadores principales (core drives). Entre ellos se encuentran el sentido de llamada, el desarrollo, el progreso, el sentido de propiedad, la influencia social, la imprevisibilidad o incógnita y el sentido de la pérdida y la escasez.

Al referirse a sentido de llamada como un elemento del juego que puede ser utilizado para *gamificar* otro tipo de actividades, se refiere a un elemento por el cual el usuario siente que su rol es único y se motiva a realizarlo, ya que él fue el elegido para ello. En los juegos esto puede verse en los desafíos que se le pueden plantear a sus personajes al estilo “misión a cumplir” o acciones de “superhéroe”. Sin embargo, cuando se piensa en traer este elemento a un aula, se puede aplicar a situaciones cotidianas como la de asignar un ayudante o encargado en la clase, o, como en el caso de trabajos grupales como el de nuestro proyecto, al asignar o auto asignarse un rol puntual dentro del grupo para el trabajo colaborativo (ver El Proyecto: parte II).

Otros elementos motivadores característicos de la gamificación son los elementos de propiedad y de sentido de progreso. En este caso, nos referimos a esos elementos que hacen al usuario sentirse dueño y responsable de cuidar lo que posee, motivado continuamente a mejorarlo y sentirse más poderoso al alcanzarlo y por lograr también ser reconocidos por ello, al obtener puntajes más altos, pasar a siguientes niveles, etc. Esto implica que en ocasiones deba cometer errores lo cual no los lleva rendirse, sino seguir intentándolo hasta realmente mejorar. Estos motivadores presentan al error como algo positivo de lo cual se aprenden. Por lo tanto, las segundas y terceras oportunidades, o las que sean necesarias, son parte del proceso hacia el éxito.

Cuando estos conceptos son traídos a la realidad de un aula, se pueden aplicar en tareas de todo tipo, donde los alumnos puedan contar con distintas oportunidades de trabajar sobre sus errores para mejorarlos y aprender de ellos, así como también, tener un método de reconocimiento de sus mejoras, ya sea haciendo cuadros con los nombres de los que más se esfuerzan y hasta otorgarle algún tipo de premio o insignia por sus logros. En el caso de nuestro proyecto, los pasos para llegar al producto final sugieren la creación de borradores donde ir mejorando los contenidos, así como también un reconocimiento al finalizar el proyecto al momento de elegir el mejor producto teniendo en cuenta si lograron cumplir con las consignas dadas (ver El Proyecto: Producto final).

El elemento de imprevisibilidad también es frecuente en muchos tipos de juegos, y suele motivar al usuario a esforzarse para develar la incógnita. En la primera parte de nuestro proyecto, tuvimos en cuenta este elemento de la gamificación presentando contenidos por medios de códigos QR para la primera actividad grupal (ver El Proyecto: Parte 1).

## Metodología

El proyecto fue diseñado en el Marco de la enseñanza del idioma inglés como lengua extranjera en una institución de gestión privada en la zona norte del Gran Buenos Aires, en la República Argentina. La institución es una escuela de idioma que se dedica a instruir alumnos de forma extra programática, fuera de su horario escolar. Los alumnos que participaron del proyecto son adolescentes de entre 14 y 16 años, de clase media que estudian inglés desde niños, tomando un mínimo de 2 clases de hora y media semanales, habiendo alcanzado un nivel Intermedio. La investigación fue de carácter cualitativo, utilizándose la observación para la recolección de datos y su posterior análisis, y triangulando con el uso de un formulario de autoevaluación que validara lo observado. A continuación, describiremos en detalle el proyecto trabajado.

## Resultados

### El Proyecto

El proyecto se llamó “Personajes destacados del siglo XX”. El mismo propuso como trabajo final la creación en grupos de un producto digital del estilo avatar o foto parlante de un personaje del siglo XX, que se presentase en primera persona y dijese qué lo hizo destacado en su época. Para llegar a crear dicho producto, los alumnos debieron completar una serie de pasos previos a la creación, tales como actividades de discusión para la activación de saberes previos, selección de fuentes confiables y datos relevantes, investigación, reflexión y confección de un cuadro sintetizando información, diseño de un borrador “autobiográfico”, selección de imágenes y finalmente la realización de una producción digital. Al finalizar, se propuso compartir las producciones y realizar una votación del personaje que les haya resultado más interesante y/o atractivo. Esta iniciativa final tuvo como fin que los alumnos escucharan atentamente todas las producciones con un objetivo claro que fuera el de tener que votar.

Para darle un cierre al proyecto y crear un espacio de reflexión, los alumnos completaron una autoevaluación sencilla confeccionada para dicho propósito.

En la tabla 1, se puede ver cómo se presentó la planificación del proyecto. Además, en las distintas secciones de este capítulo se incluirán referencias a las herramientas utilizadas en cada etapa, así como también los aspectos pedagógicos observados.

**Tabla 1: El Proyecto: Personajes destacados del siglo XXI.**

Nivel (Edad)	Nivel intermedio en lengua extranjera. (14-16 años)
Objetivos	<p>Lingüísticos: Practicar el tiempo pasado y conectores.</p> <p><b>No Lingüísticos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fomentar el trabajo grupal.</li> <li>• Aprender sobre cultura general.</li> <li>• Hacer uso de tecnología móvil para la investigación y creación de productos digitales.</li> </ul>
Tema	Personajes destacados del siglo XX.
Habilidades	Comunicación, lectura crítica, investigación, selección, síntesis, colaboración, producción de texto, confección de un producto digital.
Tiempo	Entre 4 a 6 clases de 80 min.
Actividades	<p>Discusión oral.</p> <p>Escaneo de códigos para acceder a fuentes.</p> <p>Selección de fuentes confiables.</p> <p>Confección de cuadro con información relevante.</p> <p>Redacción de texto autobiográfico (300 palabras aprox.).</p> <p>Grabación de voz reproduciendo dicho texto.</p> <p>Selección de imagen en primer plano del personaje.</p> <p>Producción del avatar parlante.</p> <p>Votación a la producción mejor lograda.</p>
Tipo de trabajo	Grupal.
Producto final	Avatar parlante de un personaje destacado del siglo XX que evidencie razones para ser considerado personalidad destacada.
Observaciones	

**Fuente:** elaboración propia (2019).

### El Proyecto: Parte I

El proyecto comenzó con una fase de activación de saberes previos. Para ello, se hizo uso de algunas imágenes relacionadas a grandes personajes del siglo XX, y simplemente se invitó a los alumnos a compartir todo aquello que supieran acerca de los personajes que las fotos mostraban. A medida que se iban proyectando las fotos, los alumnos podían ir tomando notas rápidas que luego usarían en pequeños grupos para discutir brevemente las

imágenes vistas. Entre los conocimientos previos activados, se encontraron, por ejemplo, referencias a inventos de principio del siglo XX como el auto y el avión, escenas de las guerras mundiales, obras de arte de Picasso y Frida Kahlo y hasta el hombre en la luna y eventos deportivos. Una vez compartidos todos los conocimientos generales que la clase poseía acerca de estas imágenes, se les explicó a los alumnos que estaban iniciando así un proyecto colaborativo donde tendrían la oportunidad de aprender aún más acerca de algunos personajes de la época en cuestión. Luego de explicarles los pasos que deberían seguir en el proyecto y cuál sería el producto final, se hizo uso de un modelo de foto parlante de Albert Einstein que les dio la bienvenida al proyecto y que sirvió a su vez de motivación y ejemplo para que tengan presente el tipo de producto final que podrían crear.

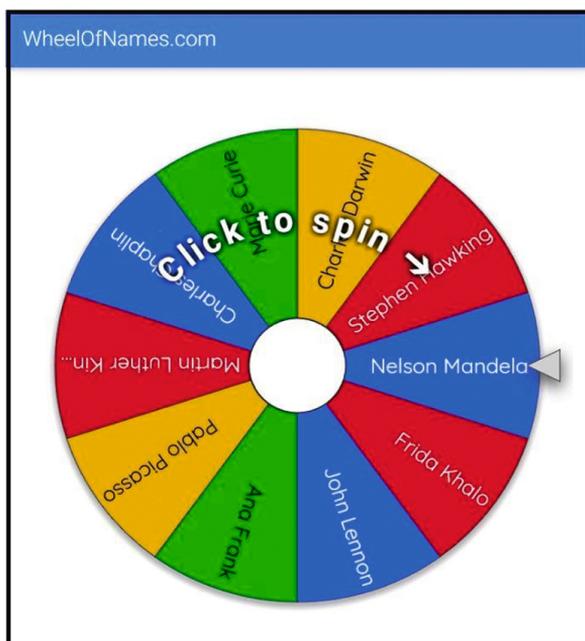


**Imagen 1: Diapositiva con video de avatar parlante dando la bienvenida al proyecto (creado con la aplicación móvil SpeakPic).**

**Fuente:** elaboración propia (2019).

Una vez listos para comenzar el proyecto, los alumnos fueron divididos en grupos de 4 y a cada grupo le fue asignado por sorteo un par de personajes históricos relevantes del siglo XX, de los cuales tuvieron que elegir con cual trabajar. En esta primera etapa, se hizo uso de una ruleta digital personalizable tanto para formar los grupos como para asignar los personajes. Esta herramienta se utilizó con el propósito de *gamificar* la selección involucrando un elemento de azar y a su vez asegurarnos de formar grupos heterogéneos de trabajo.

Dentro de los personajes posibles se encontraban algunos artistas, músicos, científicos, etc., como por ejemplo Charles Chaplin, John Lennon o Stephen Hawking. De un total de 10 personajes sorteados, cada grupo tuvo que elegir entre 2 personajes posibles para iniciar su trabajo.



**Imagen 2:** Captura de pantalla de la ruleta digital creada para el sorteo de personajes (creada con la herramienta digital WheelOfNames <https://wheelofnames.com/>).

**Fuente:** elaboración propia (2019).

### **Proyecto: Parte II**

En esta etapa del proyecto, se trabajó con códigos QR que son códigos cuadrados de barras bidimensionales que almacenan datos codificados. Éstos son generados online y posteriormente impresos para ser leídos desde un dispositivo móvil que interpreta la información embutida en el código como un hipervínculo (Aragus, 2012). O sea, ofician de “puente” entre lo real y lo virtual (realidad aumentada). Los códigos QR resultan relevantes en el aula, ya que son elementos con los cuales los alumnos están familiarizados por ser de uso común en su vida cotidiana. Además, son sencillos de generar y leer, y nos permiten enriquecer el aprendizaje con contenidos multimedia como audio, video, libros digitales y ejercicios interactivos, entre otros.

El uso de estos códigos en la segunda parte del proyecto tuvo como objetivo que los alumnos pudieran tener acceso a una variedad de recursos multimedia para su investigación y, siendo éstos portadores de información cifrada, que la actividad en sí tuviera el elemento de incógnita también característico de la gamificación que motiva a los participantes a completar la actividad propuesta (Yu-kai Chou, 2014).

Los grupos se reunieron alrededor de las mesas asignadas y de acuerdo al personaje elegido por ellos se les entregó un set de códigos QR que los invitaba a comenzar una investigación sobre su personaje. En cada grupo, los códigos escondían links a una variedad de recursos como videos, sitios web, enciclopedias, blogs, etc., que fueron previamente seleccionadas por las docentes para que el inicio de la investigación fuera guiado y basada en fuentes confiables. Cada grupo también encontró en su mesa una hoja impresa con una tabla que tendrían que completar con la información requerida sobre el personaje asignado una vez exploradas las distintas fuentes. Esta información sería luego utilizada en la etapa siguiente del proyecto. A su vez, cada grupo podía utilizar otras fuentes que ellos mismos seleccionaran para encontrar cualquier dato faltante, siempre aplicando los criterios de selección que se hubieran trabajado anteriormente con respecto a la calidad y confiabilidad de los contenidos tales como la autoría, la relevancia, las referencias a otras fuentes, etc. La tabla 2, muestra el tipo de cuadro que se les dio a completar a los grupos a medida que iban explorando las fuentes.

**Tabla 2: Información sobre el personaje elegido que completaron los alumnos.**

Nombre del personaje
Lugar de origen
Nacimiento y defunción
Lugar de estudios
Rama en la que se destacó
Creaciones relevantes
Hechos relevantes
¿Dónde vemos hoy su obra?
Otros aspectos relevantes
Otras fuentes consultadas

**Fuente:** elaboración propia (2019).

En esta etapa del proyecto, los alumnos debieron decidir qué rol cumpliría cada integrante del grupo; por ejemplo, quienes serían los encargados de escanear los códigos con su dispositivo para que el grupo tenga acceso a los recursos, quienes completarían la tabla con la información y quienes buscarían la información que faltase en otros sitios. Es decir, trabajaron colaborativamente dado que cada miembro tuvo un rol indispensable que cumplir, y sin el cual el grupo no hubiese podido completar su actividad a tiempo. Esto marcó claramente un trabajo colaborativo muy significativo para cada grupo, siendo que no sólo se trató de cooperar en la tarea, sino de que cada miembro aportó a la misma un elemento fundamental para lograr el objetivo entre todos, resaltando el valor del proceso (Ayala, 2018).

Por otra parte, actividades como ésta donde se requiere que los alumnos hagan uso de dispositivos móviles para escanear y explorar fuentes en forma autónoma, implican una modalidad de estudio que beneficia particularmente a aquellos alumnos con un estilo de aprendizaje kinestésico, ya que acceden al conocimiento de forma activa e involucran el uso de una parte de su cuerpo para resolver un problema. “Los alumnos y alumnas kinestésicos/

as aprenden preferentemente al interactuar físicamente con el material educativo [...] Pueden recordar mejor lo que hacen en lugar de lo que ven o escuchan” (Navarro, 2008, p.20).

Además, la gran variedad de materiales a la que se puede dar acceso mediante la creación de un código de este estilo que encierre una URL a fuentes de distinta índole como las que fueron seleccionadas para este proyecto, implica que todos los estilos de aprendizaje puedan acceder a materiales con los cuales se potencie su desempeño, ya que, como se ha dicho, al ser un puente entre la fuente y el usuario, el código les puede dar acceso a materiales tanto visuales, como de audio, video o lectura, por enumerar unos cuantos.

### **Proyecto: Parte III**

En estas instancias del proyecto se observó un gran compromiso por parte de los equipos, lo cual fue una fuente de motivación muy favorable para comenzar la siguiente etapa que consistió en una reflexión por parte de cada equipo acerca de los datos obtenidos de cada personaje y un proceso de selección de la información que fuera considerada fundamental que su avatar parlante mencionara al presentarse en primera persona en forma autobiográfica (con un límite de 300 palabras como se les había propuesto). En esta parte del proyecto, los equipos debieron poner en conjunto habilidades de síntesis y de producción. Este proceso tuvo como desafío extra el hecho de que al redactar el texto autobiográfico debían también incorporar ciertos contenidos lingüísticos aprendidos con anterioridad, como el uso del pasado simple y al menos 3 conectores y expresiones temporales.

Este proceso de escritura se desarrolló a lo largo de 2 clases en las cuales hubo autocorrección, co-corrección y, por último, corrección y sugerencias del docente. Los alumnos utilizaron el cuadro que habían completado en la primera parte del proyecto, como base para la información general que su personaje diría al presentarse, pero también podían agregar cualquier otro tipo de información que considerasen relevante para la consigna, siempre recordando que el objetivo del texto era dejar bien claro los motivos por el cual el personaje era considerado una figura destacada del siglo XX y cuál fue su legado.

Una vez concluido el proceso de redacción, cada equipo tuvo que buscar en la web una foto en primer plano del personaje en cuestión. En este punto, fue necesario recordarles algunas cuestiones importantes a tener en cuenta a la hora de buscar imágenes en la web que ya se habían trabajado con anterioridad, tales como el uso de filtros para acceder a imágenes libres de copyright y sitios web que ofrecen la descarga gratuita de este tipo de imágenes. Fue también en este punto del proyecto donde se les presentó a los alumnos un breve tutorial de la herramienta que sería utilizada para la creación de su avatar parlante, los pasos que deberían seguir para crearlo y la importancia de que la foto elegida sea, como ya se les había pedido, de primer plano. También se presentó un breve tutorial de las dos aplicaciones sugeridas para fusionar los videos creados, dado el tiempo limitado de grabación de ambas aplicaciones.

Además, siendo ésta la última etapa de creación del producto, cada grupo debió decidir quién asumiría la voz del personaje, ya que el texto autobiográfico que se escribió en la etapa anterior sería ahora utilizado en forma oral, leída en voz alta. Para esto, se les pidió a los grupos que practicasen la lectura del texto y eligieran al miembro del equipo que, en su criterio, sería el más apropiado para reproducir el texto lo más natural y fluido posible.

Al momento de la grabación se dispuso la utilización de un aula adjunta para que una vez que hubieran practicado y decidido quién sería la voz del personaje, pudiesen ir por turnos a grabar el texto utilizando una de las aplicaciones sugeridas, (*\*SpeakPic o Talking Photos*) sin sonido de fondo y así finalmente concluir la creación del personaje y compartir su creación en formato MP4 con el docente enviándola por mail para su futura reproducción. En todos los casos, dada la restricción de tiempo de grabación de las aplicaciones que a continuación se detallará, fue necesario crear el video en 2 partes para luego y unir las con las aplicaciones sugeridas para dicho propósito.

Es necesario en este punto hacer mención de algunos aspectos relevantes de las aplicaciones que se eligieron para ser utilizadas en este proceso de creación. Por un lado, se optó por la herramienta Talking Photos la cual es una aplicación móvil tanto para Android como para iPhone que nos permite crear fotos parlantes de personas, personajes animados o animales que deben estar en primer plano, e incluso agregarle expresión al rostro para que el personaje se exprese enojado, sorprendido, triste o feliz. La aplicación presenta algunas fotos por defecto o permite utilizar fotos almacenadas en los dispositivos móviles. Una vez seleccionada la foto y grabado el mensaje, se le puede también dar efecto a la voz para que suene más gruesa, más aguda, con eco, etc. Una vez creada la animación, se puede compartir vía mensajería móvil, correo electrónico, redes sociales o simplemente guardarla en los dispositivos. La única restricción es el corto tiempo de grabación permitido, lo cual se puede sortear fácilmente realizando dos o más videos y uniéndolos con alguna aplicación móvil para fusionar videos, como por ejemplo *\*Vedit Video Cutter and Merger*.

Por otro lado, *SpeakPic* es una aplicación móvil para dispositivos con tecnología Android que permite crear fotos parlantes de rostros humanos en primer plano. Al igual que con Talking Photos, la aplicación presenta algunas fotos por defecto o permite utilizar fotos almacenadas en los dispositivos móviles. Una vez seleccionada la foto y grabado el mensaje, también se le puede dar efecto a la voz, aunque la expresión facial del personaje no puede modificarse. Como ventaja con respecto a Talking Photos, esta aplicación, además, da la opción de tipear el mensaje, elegir el idioma, el acento y hasta el tono de voz de nuestro avatar parlante para que la misma app lo reproduzca. El tiempo de grabación ofrecido también es reducido y la aplicación ofrece la opción de almacenar producción en formato MP4 en los dispositivos o de compartirlo a través de mensajería móvil, correo electrónico, etc.

Este proceso de creación resultó sumamente rico y especialmente motivante para los alumnos, quienes ya se mostraban involucrados y apropiados de su personaje y claramente buscaban mejorar sus producciones para poder compartirlas con sus pares y docentes. Además, en esta etapa del proyecto, fue también clave el trabajo en equipo, el uso de pensamiento crítico, la flexibilidad para adaptarse a los cambios propuestos y hasta para resolver algún tipo de problema como las pequeñas dificultades técnicas que podrían surgir al hacer uso de las aplicaciones móviles sugeridas.

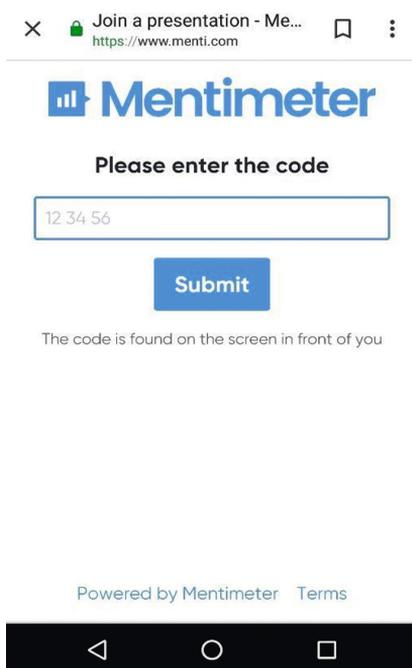
### **Proyecto: Etapa final**

En esta etapa final, los distintos equipos compartieron sus avatares parlantes con los docentes vía email. Una vez recibidas todas las producciones los docentes procedieron a explicar los pasos a seguir: cada avatar parlante fue presentado por el equipo creador al

resto de la clase. Mientras los alumnos vieron las distintas producciones de los equipos debían tener en cuenta los detalles mejores logrados para luego poder votar por la mejor producción, no pudiendo, claramente, votar por la propia. Esta votación dio un sentido de propósito a la actividad de mirar los videos e involucró a los alumnos activamente.

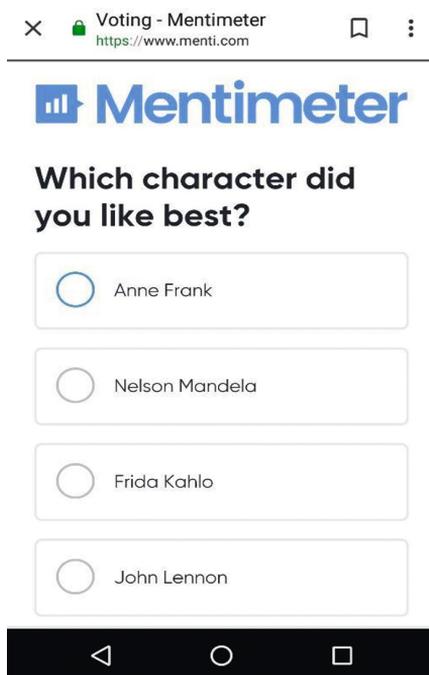
La votación se llevó a cabo con la herramienta *Mentimeter* ([www.mentimeter.com](http://www.mentimeter.com)) la cual es una herramienta digital sencilla de usar para la creación de encuestas interactivas en muy pocos minutos, de manera gratuita y sin la necesidad de registro por parte de los encuestados. Para utilizarla, sólo basta con añadir una pregunta y las opciones que podrán votar los participantes desde sus dispositivos móviles. En el caso de los alumnos, la votación se realiza accediendo al sitio web secundario de la misma herramienta, [www.menti.com](http://www.menti.com). Una vez allí, los alumnos deben introducir un código que esta herramienta aporta para cada uno de los cuestionarios creados y que en este caso les brindó el docente. (Ver imágenes 3 y 4).

Una vez abierta la votación y a medida que los alumnos van contestando, las respuestas se muestran en tiempo real en el panel del docente, el panel de gestión de *Mentimeter*, el cual podemos proyectar para compartir los resultados en forma inmediata en el aula.



**Imagen 3:** Captura de pantalla de un dispositivo móvil al momento de utilizar [www.menti.com](http://www.menti.com).

**Fuente:** elaboración propia (2019).



**Imagen 4:** Captura de pantalla de un dispositivo móvil al momento de utilizar [www.menti.com](https://www.menti.com).

**Fuente:** elaboración propia (2019).

En este caso, se eligió esta herramienta porque se pensó que era una forma ágil de llevar a cabo la votación y de que los alumnos pudieran hacer el seguimiento de los resultados en forma conjunta y en tiempo real, lo cual, tal como creíamos, aumentó la expectativa y la motivación, y a su vez incorporó nuevamente elementos de gamificación a la actividad. Finalmente, la producción más votada recibió su merecido reconocimiento frente al grupo y se los invitó a compartir su producción con otros grupos dentro de la institución.

### **Autoevaluación y reflexión**

Una vez concluido el proyecto y elegido el avatar ganador, se les pidió a los alumnos que completaran un formulario de autoevaluación con el fin de que reflexionen acerca de su participación individual y grupal en el proyecto y su desempeño y progreso en relación a los objetivos propuestos en el ámbito conceptual, procedimental y actitudinal. Además, este espacio de reflexión tuvo como objetivo profundizar el autoconocimiento y comprensión del proceso realizado y fomentar la autonomía de los alumnos.

Sumado a lo dicho anteriormente, esta estrategia permitió conocer más la valoración de los alumnos con respecto a la actividad propuesta y las herramientas y metodología utilizadas. Además vimos reflejada claramente la idea que propone Calatayud (1990), donde se considera que la autoevaluación es la estrategia por excelencia para educar en la responsabilidad y para aprender a valorar, criticar y a reflexionar sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje individual realizado.

Al analizar el proceso y los resultados obtenidos, se pudo observar que el total de los alumnos participó de forma activa a lo largo del proceso, que la entrega del producto final fue lograda en tiempo y forma, y que todos los alumnos pudieron completar su reflexión y autoevaluación al dar por terminado el proyecto, dando cuenta de su experiencia y de posibles cambios que ellos mismos propondrían para mejorar más aún los resultados. Además, se logró evidenciar que la utilización de tecnología móvil integrada a los objetivos curriculares y llevada a cabo en forma planificada y con fundamentaciones pedagógicas sólidas y claras resultó altamente motivadora para los alumnos, quienes mostraron poder utilizar los contenidos lingüísticos necesarios en sus producciones tal como se esperaba. En general, se observó un muy buen nivel de producción en el idioma inglés, con un uso adecuado de vocabulario acorde al nivel del grupo, no sólo en la producción final, sino también durante el proceso, tanto en el uso de la lengua oral como escrita.

Además, el proceso llevado a cabo a lo largo del proyecto claramente transitó algunos niveles de impacto de las TIC en la educación de los propuestos por Puentedura (2006), partiendo de actividades donde la tecnología actuó meramente como sustituta directa de lo que habría podido ser la misma tarea sin su uso, como por ejemplo, el hecho de utilizar la ruleta digital para conformar los grupos y sortear los personajes, hasta alcanzar el nivel de redefinición durante la confección del avatar parlante, que constituyó una nueva actividad que sería inconcebible sin el uso de tecnología.

A lo largo del proyecto, y con ayuda del estímulo provisto por algunas actividades gamificadas como el uso de la ruleta o el escaneo de los códigos QR, todos los alumnos tuvieron que poner en uso habilidades del pensamiento de nivel superior al tener que recopilar y sintetizar información acerca de los distintos personajes, o trabajar en forma conjunta en la creación final del avatar parlante.

## **Conclusiones**

Con este capítulo, se propuso compartir una experiencia áulica llevada a cabo con alumnos adolescentes de nivel secundario en el marco de la enseñanza del inglés, en una institución de ámbito privado de Buenos Aires, Argentina. La experiencia compartida se basó en la puesta en práctica de un proyecto colaborativo que se desarrolló integrando el uso de dispositivos móviles con fines pedagógicos y para el cual se tuvieron en cuenta varios aspectos teóricos de referencia, tales como el modelo SAMR de Rubén Puentedura, la Taxonomía de Bloom para la Era Digital, la teoría de la Gamificación de Yu-kai Chou y el modelo de educación STEAM para guiar la investigación, el diálogo y el pensamiento crítico de los estudiantes que trabajaron colaborativamente en un proceso creativo.

Todo lo mencionado anteriormente, sumado al elemento novedoso y la relevancia que tuvo para los alumnos el poder utilizar sus dispositivos móviles en el aula como herramienta

que les permitió llevar a cabo un objetivo concreto, resultó altamente motivador. En definitiva, durante toda la experiencia, se pudo observar el impacto positivo que puede tener la tecnología móvil cuando es integrada a la educación con objetivos pedagógicos claros. En base a las prácticas realizadas, se concluye que los dispositivos móviles pueden convertirse en aliados en la educación y puede abrir puertas a infinidad de actividades que fomenten las llamadas habilidades del siglo XXI.

## Referencias bibliográficas

- Araguz, A. (2012). *Informática móvil y realidad aumentada: Uso de los códigos QR en educación*. Recuperado en julio 2019 de <https://tinyurl.com/y4uap7tg>.
- Ayala, S. (2018). *Diferencia entre trabajo cooperativo y trabajo colaborativo*.
- Calatayud, A. (1999). "La participación del alumno en el proceso evaluador". Revista Educadores. Núm 190-191.
- Domènech, J., Lope, S. y Mora L. (2019). *Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades*.
- García, M.L., Ledesma, P., Saumel, V. & Sendoya, A. (2017). "Creating technology enhanced language learning materials". In Authenticity in ELT Selected Papers from the 42nd FAAPI Conference.
- Martin, V., Llorente, M, Alducin, J. y Vázquez, A. (2012). *Dipro 2.0 y la taxonomía de Bloom para entornos digitales*. Recuperado en julio 2019, de <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/24649>.
- Miller, A. (2014, May 20). *PBL and STEAM Education: A Natural Fit*. Recuperado en julio 2019, de <https://www.edutopia.org/blog/pbl-and-steam-natural-fit-andrew-miller>.
- Orientaciones Pedagógicas para integrar Celulares en Aprendizaje. Recuperado en marzo 2019 de <https://tinyurl.com/y46l6pd6>.
- Navarro, J. M. (2008). *Cómo diagnosticar y mejorar los estilos de aprendizaje*. (p. 20). Almería, España: Procompal.
- Puentedura, R. (2006). *Transformation, Technology, and Education*. Recuperado en julio 2017 de <http://www.hippasus.com/rrpweblog/archives/2014/06/29/LearningTechnologySAMRModel.pdf>.
- Rocca, A. (2018.) *Móvil en mano*. Telecom. Recuperado en marzo 2019 de [http://www.nuestrolugar.com.ar/aprendizaje\\_movil.php](http://www.nuestrolugar.com.ar/aprendizaje_movil.php).
- Ruiz, F. (2017). *Diseño de proyectos STEAM a partir de currículum actual de Educación Primaria utilizando Aprendizaje Basado en Problemas, Aprendizaje Cooperativo, Flipped Classroom y Robótica Educativa* (Unpublished doctoral dissertation). Universidad CEU Cardenal Herrera. Recuperado en julio 2019 de <https://tinyurl.com/y6b7kme9>.

- Yakman, G. (2010). *What is the point of STE@M? – A Brief Overview* [PDF]. Recuperado en julio 2019 de [https://www.academia.edu/8113832/What\\_is\\_the\\_Point\\_of\\_STEAM\\_A\\_Brief\\_Overview\\_of\\_STEAM\\_Education?source=swp\\_share](https://www.academia.edu/8113832/What_is_the_Point_of_STEAM_A_Brief_Overview_of_STEAM_Education?source=swp_share).
- Yu-kai Chou. (2014). *Gamification to improve our world: Yu-kai Chou at TEDxLausanne*. Recuperado en julio 2018, de [https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=577&v=v5Qjuegtiy](https://www.youtube.com/watch?time_continue=577&v=v5Qjuegtiy).
- Núñez, A. (2016). “5 competencias digitales que deben tener los profesores actuales.” Recuperado en julio 2019 de <https://www.ticbeat.com/educacion/5-competencias-digitales-profesores/>.

**“Educación STEM/STEAM:  
Apuestas hacia la formación, impacto y proyección de seres críticos”.**

Una publicación financiada por la Fundación Universitaria Panamericana Unipanamericana, Bogotá, Colombia. Editada por el Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero. Santa Ana de Coro, Falcón, Venezuela. Coedición Alianza de Investigadores Internacionales. S.A.S. ALININ. Itagüí, Antioquia, Colombia.

Es una publicación de la colección Unión Global. El libro se publica en versión digital e impresa, corresponde al GIIS Grupo de Investigación de Ingenierías. De la Fundación Universitaria Panamericana Unipanamericana Bogotá, Colombia, con el respaldo de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero (UPTAG), Falcón, Venezuela, la Alianza de Investigadores Internacionales (ALININ), Antioquia, Colombia.

Las propuestas, ideas, resultados, análisis y conclusiones presentadas en este libro apuntan a registrar trayectos innovadores que contribuyan a las necesidades de transformación y desarrollo de la sociedad actual, desde una mirada compleja del fenómeno de la educación STEM/STEAM, conscientes de la necesidad de contribuir con la transformación educativa de la sociedad en lo que se refiere a herramientas, estrategias, diseños educativos y políticas educativas, que sean el resultado de reflexiones y construcciones elaboradas a partir de trabajos de investigación, se ha trazado esta estrategia de divulgación y difusión del conocimiento en educación científica contemporánea mediante la publicación de los productos de investigación generados entorno a temáticas de educación STEM/STEAM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics + Arts). Tiraje 200 libros. Este libro se diseñó en el mes de diciembre de 2019.

Este libro se terminó de imprimir en  
Editorial Artes y Letras S.A.S.  
en abril de 2020

# **“Educación STEM/STEAM: Apuestas hacia la formación, impacto y proyección de seres críticos”.**

LIBRO RESULTADO DE INVESTIGACIÓN

---

---

Una publicación financiada por la Fundación Universitaria Panamericana Unipañamericana, Bogotá, Colombia. Editada por el Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero. Santa Ana de Coro, Falcón, Venezuela. Coedición Alianza de Investigadores Internacionales. S.A.S. ALININ. Itagüí, Antioquia, Colombia.

Es una publicación de la colección Unión Global. El libro se publica en versión digital e impresa, corresponde al GISS Grupo de Investigación de Ingenierías. De la Fundación Universitaria Panamericana Unipanamericana Bogotá, Colombia, con el respaldo de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero (UPTAG), Falcón, Venezuela, la Alianza de Investigadores Internacionales (ALININ), Antioquia, Colombia.

Las propuestas, ideas, resultados, análisis y conclusiones presentadas en este libro apuntan a registrar trayectos innovadores que contribuyan a las necesidades de transformación y desarrollo de la sociedad actual, desde una mirada compleja del fenómeno de la educación STEM/STEAM, conscientes de la necesidad de contribuir con la transformación educativa de la sociedad en lo que se refiere a herramientas, estrategias, diseños educativos y políticas educativas, que sean el resultado de reflexiones y construcciones elaboradas a partir de trabajos de investigación, se ha trazado esta estrategia de divulgación y difusión del conocimiento en educación científica contemporánea mediante la publicación de los productos de investigación generados entorno a temáticas de educación STEM/STEAM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics + Arts).

---

---

ISBN: 978-980-7857-23-9



9 789807 857239