

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**INSTITUTO DE INGENIERÍA**  
**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA**



**Desarrollo de un prototipo didáctico basado en tecnologías LabVIEW  
y Arduino para una resignificación del concepto matemático función  
bajo el modelo STEAM**

**Tesis**

que para obtener el grado de:  
**Doctor en Ciencias**

Presenta:

**Fernando Félix Solís Cortés**

Director

**Dr. Marcos Alberto Coronado Ortega**

Codirectora:

**Dra. María Amparo Oliveros Ruíz**

Mexicali Baja California México

Enero 2025

## **Dedicatoria**

Dedico esta obra a mi familia, mi mayor motor y mi razón de ser.

A mi amada esposa Daniela, mi gran compañera de vida.  
Gracias por tu apoyo incondicional y por tu comprensión en los momentos más demandantes; este logro también es tuyo.

A mis hijas Sara Ximena y Danna Paola, por ser la inspiración detrás de cada uno de mis esfuerzos. Que este trabajo sea una prueba de que la actitud y el compromiso son ingredientes clave para el logro de metas en la vida.

A mis padres Minerva y José Concepción, por su amor inquebrantable y por haber sembrado en mí la semilla del conocimiento y la pasión por la docencia.

A Dios Todopoderoso, por darme la oportunidad de existir y recibir sus bendiciones.

## **Agradecimientos**

A lo largo de este proyecto doctoral, muchas personas contribuyeron de manera significativa a su realización, y es un honor expresar mi más profundo agradecimiento a todas ellas.

En primer lugar, agradezco a mis directores, Dr. Marcos Alberto Coronado Ortega y Dra. María Amparo Oliveros Ruíz, por su guía y asesoría durante cada etapa de esta investigación. Su acompañamiento ha sido clave para refrendar mi compromiso con la educación a través de esta contribución.

Al Dr. Benjamín Valdez Salas, por la mentoría y seguimiento oportuno de mi trayecto académico, así como al Dr. Mario Alberto Curiel Álvarez por las oportunidades brindadas dentro del Instituto de Ingeniería.

A los miembros del Comité de Evaluación, por su tiempo dedicado en revisar mi tesis doctoral, así como por sus sugerencias que enriquecieron este trabajo académico.

A la Dra. Jesús Eliana Rodríguez Burgueño, Dra. Patricia Mariela Domínguez Osuna, Dra. Brenda Leticia Flores Ríos y Janeth Camacho Pérez, por sus finas atenciones en cuestiones administrativas.

Agradezco también a las y los docentes del Instituto de Ingeniería que compartieron sus conocimientos en las aulas durante esta etapa de cuatro años y medio, en especial al Dr. Rogelio Arturo Ramos Irigoyen, por su asesoría tecnológica en la programación de Arduino y LabVIEW®, factor clave para el desarrollo de este proyecto.

A mis colegas de la comunidad académica perteneciente a la Facultad de Pedagogía e Innovación Educativa de la UABC, por su apoyo en el logro de esta meta personal y por sus palabras de aliento a lo largo del proceso.

A CONAHCYT y al Sindicato de Profesores Superación Universitaria de la UABC por el apoyo brindado para la realización de mis estudios de posgrado.

No puedo dejar de mencionar a mis familiares y amistades cercanas, quienes en los momentos más apremiantes me brindaron su compañía y motivación.

Finalmente, agradezco a Dios, por haberme otorgado la salud, la determinación y la fortaleza necesarias para enfrentar cada reto de este proceso doctoral.

# ÍNDICE GENERAL

<b>Dedicatoria</b> .....	i
<b>Agradecimientos</b> .....	ii
<b>RESUMEN</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	3
1.1 Antecedentes .....	3
1.2 Justificación .....	6
1.3 Objetivos .....	9
1.3.1 Objetivo general .....	9
1.4 Hipótesis de investigación .....	10
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO</b> .....	11
2.1 Resignificación matemática .....	11
2.2 Teoría Socioepistemológica de la Matemática Educativa .....	12
2.3 Introducción a las funciones matemáticas .....	14
2.3.1 Dificultades en el aprendizaje del concepto de función .....	17
2.4 Enfoque STEM en la Educación .....	18
2.4.1 La importancia de STEAM en México .....	19
2.5 La Nueva Escuela Mexicana del siglo XXI .....	21
2.5.1 Marco Curricular Común de la Educación Media Superior .....	22
2.5.2 Categorías del pensamiento matemático .....	23
2.5.3 Progresiones de aprendizaje del recurso sociocognitivo Pensamiento Matemático y su relación con el prototipo didáctico .....	25
2.6 Introducción a las placas electrónicas Arduino .....	26
2.6.1 Ventajas de Arduino contra otras plataformas .....	28
2.6.2 Arduino es un PCB .....	28
2.6.3 Diferentes modelos de Arduino .....	29
2.6.4 Arduino como software libre .....	31
2.6.5 Arduino como herramienta educativa .....	32
2.7 LabVIEW y Arduino para la creación de instrumentos virtuales .....	33
2.7.1 Introducción a LabVIEW .....	33
2.7.2 El funcionamiento básico de LabVIEW .....	34
2.7.3 Paletas de funciones y controles .....	36

2.7.4 Configuración de Arduino y LabVIEW a través de MakerHub LINX.....	37
2.8 Revisión de patentes sobre recursos didácticos .....	39
2.8.1 Patentes que no describen la necesidad de componentes electrónicos para su funcionamiento .....	39
2.8.2 Patentes que describen la necesidad de componentes electrónicos para su funcionamiento .....	42
2.8.3 Oportunidades encontradas en revisión de patentes.....	46
<b>CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>48</b>
3.1 Diseño metodológico .....	48
3.2 Fases de acción contempladas .....	49
3.2.1 Metodología para el desarrollo de software con LabVIEW .....	50
<b>CAPÍTULO 4. RESULTADOS .....</b>	<b>52</b>
4.1 Fase de acción 1. Diseño y desarrollo de prototipo didáctico.....	52
4.1.1 Identificación de objetivos y requisitos .....	52
4.1.2 Análisis de riesgos y prototipado.....	54
4.1.3 Desarrollo y validación de prototipo didáctico.....	56
4.1.4 Planificación de la próxima iteración .....	62
4.2 Fase de acción 2. Elaboración de materiales didácticos complementarios.....	65
4.2.1 Desarrollo de secuencia didáctica.....	65
4.2.2 Desarrollo del manual de prácticas del estudiante .....	70
4.3 Fase de acción 3. Implementación del prototipo didáctico .....	76
4.3.1 Análisis de resultados .....	79
<b>CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>88</b>
5.1 Discusión.....	88
5.2 Conclusiones.....	92
<b>Referencias .....</b>	<b>95</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>103</b>
Propiedad intelectual.....	103
Registro de Autor – Programa de cómputo – Instrumento virtual para la enseñanza de conceptos de lenguaje variacional .....	103
Registro de Autor – Compilación de datos - Diplomado STEAM.....	104
Registro de autor – Obra literaria - Realidad Aumentada como recurso para impulsar la investigación .....	106
Certificado emitido por la Organización Mundial de Propiedad Intelectual (OMPI) - Curso General sobre Propiedad Intelectual.....	107
Participación en eventos académicos.....	108
Segundo Encuentro Estatal de Enseñanza de las Matemáticas.....	108

Tercer Encuentro Estatal de Enseñanza de las Matemáticas.....	109
XXVI Escuela de Invierno en Matemática Educativa (EIME) .....	110
Laboratorio diseños basados en modelación escolar para fomentar el desarrollo del pensamiento algebraico y variacional .....	111
Seminario de doctorado EIME XXVI .....	112
Taller diseño de progresiones de aprendizaje para el desarrollo del pensamiento variacional.....	113
Presentación de ponencias, conferencias y talleres .....	114
Introducción a la gamificación con Quizizz.....	114
Conferencia oportunidades digitales para el estudiante universitario .....	115
Tallerista Experiencia Inmersiva STEAM UABC - SEBC.....	116
Tallerista 1era. Edición del Festival Aeroespacial Mexicali en las alturas.....	117
Tallerista 2da. Edición del Festival Aeroespacial Mexicali en las alturas.....	118
Tallerista Pabellón de la Ciencia STEAM - UABC.....	119
Concurso en categoría de Material didáctico EIME XXVI – tercer lugar. ....	120
Presentación de ponencia <i>Grafifun</i> : un material didáctico digital para la comprensión de fenómenos variacionales en el contexto de las funciones matemáticas .....	121
Tallerista 3era. Edición del Festival Aeroespacial Mexicali en las alturas.....	122
Tallerista Espacio STEAM UABC Zona Geek Fiestas del Sol Mexicali .....	123
Proyectos de investigación y vinculación.....	124
Participación en el Foro de Consulta Pública para integrar el Programa Sectorial de Educación del Estado de Baja California (STEAM) .....	124
Participación en la Red de Colaboración y Aprendizaje REATIC (Red de Educación apoyada en TICC).....	125
Participación en proyecto de investigación Comunidades de Aprendizaje basados en el modelo STEAM en un ámbito binacional.....	126
Colaboración en proyecto Tecnologías emergentes en la Educación con la Secretaría de Educación de Baja California .....	127
Participación en proyecto de investigación titulado Tecnologías emergentes en la Educación.....	128
Actividades en Ecosistema STEAM UABC .....	129
Participación en el diseño de Diplomado STEAM UABC.....	129
Participación en Ecosistema STEAM.....	130
Instructor en Diplomado STEAM UABC .....	131
Participación en Red de Colaboración y Aprendizaje Ecosistema STEAM UABC 2022 .....	132
Participación en Red de Colaboración y Aprendizaje Ecosistema STEAM UABC 2023 .....	133

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Promedio de los puntajes obtenidos en matemáticas, comprensión lectora y ciencias PISA 2022. Instituto Mexicano para la competitividad A.C., 2023.....	4
Figura 2. Proporción de estudiantes por nivel alcanzado en la prueba de matemáticas PISA 2022. Instituto Mexicano para la competitividad A.C., 2023 .....	5
Figura 3. Representaciones gráficas de funciones comunes. Elaboración propia. ....	15
Figura 4. Representaciones semióticas del concepto función lineal. Elaboración propia.....	16
Figura 5. Descripción de los campos de estudio que componen STEM. Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education, 2016. ....	18
Figura 6. Categorías del pensamiento matemático. Marco Curricular Común de la Educación Media Superior, 2023.....	24
Figura 7. Progresión de aprendizaje que involucra funciones básicas. Programa de estudios del recurso sociocognitivo Pensamiento Matemático II, 2023 .....	25
Figura 8. Imagen genérica de una placa Arduino UNO. Arduino, 2024 .....	27
Figura 9. Placa de circuito impreso (PCB) de Arduino. Arduino, 2024.....	29
Figura 10. Diversos modelos de placas Arduino. Arduino, 2024 .....	30
Figura 11. Placa electrónica Arduino Mega 2560. Arduino, 2024 .....	31
Figura 12. Diagrama de bloques (izquierda) y panel frontal (izquierda) en LabVIEW.....	34
Figura 13. Ejemplo de panel frontal con indicadores gráficos y numéricos en LabVIEW....	35
Figura 14. Ejemplo de un diagrama de bloques en LabVIEW. ....	35
Figura 15. Paleta de controles dentro del Panel frontal en LabVIEW. ....	36
Figura 16 Paleta de funciones dentro del diagrama de bloques en LabVIEW. ....	37
Figura 17. Configuración de LabVIEW MakerHub para utilizar LINUX y Arduino Mega 2560.	38
Figura 18. Países de origen de las patentes encontradas. Elaboración propia.....	46
Figura 19. Fases de acción en el desarrollo del prototipo didáctico. Elaboración propia. ....	50
Figura 20. Fases del Modelo en Espiral para desarrollo de software. ....	51
Figura 21. Resumen gráfico sobre características principales del prototipo didáctico. Elaboración propia. ....	52
Figura 22. Interacción entre objeto y referencia en prototipo didáctico. Elaboración propia.	53
Figura 23. Interfaz gráfica de prototipo preliminar para análisis de riesgos. Elaboración propia.....	56
Figura 24. Imagen de sensor ultrasónico HC-SR04. Arduino 2024. ....	58
Figura 25. Diagrama general de funcionamiento del sensor HC-SR04. Elaboración propia.	59
Figura 26. Diagrama general de funcionamiento del prototipo didáctico. Elaboración propia. ....	59

Figura 27. Diagrama de bloques en LabVIEW del Instrumento virtual para la medición de distancias.....	60
Figura 28. Diagrama de conexiones físicas entre placa Arduino y sensor HC-SR04. Elaboración propia. ....	61
Figura 29. Interfaz gráfica del Instrumento virtual creado y nombrado <i>Grafifun</i> .....	62
Figura 30. Proceso de generación de archivo instalador de <i>Grafifun</i> utilizando Application Builder. ....	63
Figura 31. Proceso de instalación de <i>Grafifun</i> . Elaboración propia. ....	63
Figura 32. Prototipo didáctico <i>Grafifun</i> en fase experimental. ....	64
Figura 33. Manual de prácticas <i>Grafifun</i> del estudiante utilizado.....	76
Figura 34. Plática introductoria a la práctica piloto con <i>Grafifun</i> . ....	77
Figura 35. Manual de prácticas del estudiante utilizado con <i>Grafifun</i> . ....	78
Figura 36. Estudiantes interactuando con <i>Grafifun</i> .....	78
Figura 37. Reactivo de práctica relacionado a la réplica de una función constante. ....	79
Figura 38. Reactivo de práctica relacionado a la réplica de una función lineal creciente.....	80
Figura 39. Reactivo de práctica relacionado a la réplica de una función lineal decreciente. ....	81
Figura 40. Reactivo de práctica relacionado a la réplica de una función periódica. ....	82

## RESUMEN

En un mundo cada vez más tecnológico e interdisciplinario, resulta fundamental que la enseñanza de las ciencias exactas maximice el uso de herramientas digitales y metodologías innovadoras, con el propósito de preparar a estudiantes con los conocimientos y habilidades necesarias para enfrentar los desafíos del siglo XXI. El aprovechamiento de éstos recursos representa una oportunidad para enriquecer el aprendizaje, así como para fomentar una visión holística del conocimiento a través del enfoque STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas, por sus siglas en inglés), promoviendo la creatividad, el pensamiento crítico y la capacidad de resolver problemas.

El presente estudio tuvo como objetivo desarrollar un prototipo didáctico basado en tecnologías LabVIEW y Arduino, que contribuye a la resignificación de conceptos matemáticos abstractos relacionados con el lenguaje variacional (funciones de una variable). La investigación adoptó un diseño metodológico mixto y se estructuró en tres fases: diseño y desarrollo del prototipo tecnológico, elaboración de materiales didácticos complementarios, así como la implementación del recurso en un grupo piloto de estudiantes.

Los resultados evidencian una contribución positiva en la resignificación de conceptos básicos asociados a las diversas representaciones semióticas de funciones matemáticas. Desde un enfoque cuantitativo, se observó que los retos propuestos para replicar gráficas de funciones matemáticas básicas fueron resueltos satisfactoriamente por poco más de dos tercios del total de los participantes. A nivel cualitativo, se identificaron mejoras en la interpretación conceptual, destacando la interacción y la aplicabilidad práctica del prototipo didáctico. Los participantes manifestaron opiniones positivas respecto a las características generales del recurso, calificándolo como útil, interesante y una mejora significativa en comparación con las metodologías tradicionales utilizadas en la enseñanza de las matemáticas.

Palabras clave: funciones matemáticas, tecnología educativa, STEAM, prototipo didáctico, LabVIEW, Arduino, educación media superior, progresiones de aprendizaje, Nueva Escuela Mexicana (NEM), pensamiento matemático.

## **ABSTRACT**

In an increasingly technological and interdisciplinary world, it is essential that the teaching of exact sciences maximize the use of digital tools and innovative methodologies, with the purpose of preparing students with the knowledge and skills necessary to face the challenges of the 21st century. The use of these resources represents an opportunity to enrich learning, as well as to promote a holistic vision of knowledge through the STEAM (Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics) approach, promoting creativity, critical thinking and the ability to solve problems.

The objective of this study was to develop a didactic prototype based on LabVIEW and Arduino technologies, which contributes to the resignification of abstract mathematical concepts related to variational thinking (functions of a single variable). The research followed a mixed methodological design, divided into three phases: design and development of the technological prototype, development of complementary teaching materials, as well as the implementation of the resource in a pilot group of students.

The results show a positive contribution in the resignification of basic concepts associated with the various semiotic representations of mathematical functions. From a quantitative approach, the data indicated that the challenges proposed to replicate graphs of basic mathematical functions were satisfactorily resolved by just over two-thirds of the total participants. At a qualitative level, evidence indicated a better conceptual interpretation, highlighting the interaction and practical applicability of the didactic prototype. The participants expressed positive opinions regarding the general characteristics of the resource, describing it as useful, interesting and a significant improvement compared to traditional methodologies used in teaching mathematics.

Keywords: mathematical functions, educational technology, STEAM, didactic prototype, LabVIEW, Arduino, Upper Secondary Education, learning progressions, New Mexican School (NEM), mathematical thinking.

**"Contrario a lo que muchas personas llegan a creer, las matemáticas han sido desarrolladas para facilitar la vida al ser humano."**

*—Fernando Félix Solís Cortés*

## **INTRODUCCIÓN**

Las matemáticas representan una disciplina fundamental en la formación académica de estudiantes, ya que permiten desarrollar habilidades esenciales para la resolución de problemas, el análisis crítico y la toma de decisiones en diversos contextos. Más allá del ámbito educativo, las competencias matemáticas poseen el potencial de impactar positivamente en la vida cotidiana de toda persona, permitiéndole enfrentar incontables desafíos como la gestión financiera, el análisis de datos o la comprensión de fenómenos físicos y sociales que diariamente suceden a nuestro alrededor.

Sin embargo, diversas investigaciones a nivel global han documentado las dificultades que afrontan estudiantes de nivel medio y medio superior para comprender conceptos matemáticos básicos, sobre todo cuando las actividades de aprendizaje involucran la resolución indiscriminada de problemas en forma mecánica, enfatizando el uso de fórmulas y algoritmos (Artigue, 1995; Asiala et al., 1997; Garijo, 2014; Artola et al., 2016; Fuentealba et al., 2018; Mutia et al., 2023).

Otros estudios relacionados específicamente a la enseñanza de la matemática, como la realizada por Pino-Fan et al. (2016), comprueban también, que incluso los docentes enfrentan inconvenientes para demostrar una correcta asociación entre conceptos protagónicos del cálculo diferencial, tales como el concepto de función matemática de una variable y sus diversas representaciones.

Otro de los principales problemas que se identifican en las aulas es que múltiples conceptos matemáticos son abordados al margen de un contexto real, lo que lleva a tratarlos como un conjunto de procedimientos y reglas que, en muchas ocasiones, carecen de significado para el estudiantado; esta desconexión entre la teoría y la práctica dificulta la comprensión y la aplicación de las matemáticas en situaciones de la vida diaria (Camarena, 2007). Además, si no se desarrolla esta necesaria habilidad de contextualizar conceptos matemáticos en situaciones del

mundo real, desafortunadamente los conocimientos adquiridos estarán destinados a ser intrascendentes (Cordero y Suárez, 2005).

Particularmente, el aprendizaje del concepto matemático función en la educación media superior representa un gran desafío, sobre todo en la articulación de sus diferentes expresiones semióticas, es decir, la manera en que un concepto o una idea matemática son expresados a través de distintos sistemas de representación. Investigaciones han demostrado que una proporción considerable de estudiantes enfrenta dificultades al intentar conectar las representaciones gráficas y algebraicas de funciones matemáticas básicas, lo que sugiere una comprensión fragmentada de éstos conceptos fundamentales (Díaz Lozano et al., 2015). La falta de estrategias didácticas que integren de manera efectiva sus diversas representaciones obstaculiza una comprensión holística, afectando su capacidad para aplicar estos conocimientos en situaciones prácticas.

Lo anterior evidencia la necesidad de reflexionar sobre las actividades y recursos disponibles para el docente, con el fin de promover que los estudiantes se conviertan en agentes activos de su propio proceso de construcción del conocimiento; esto implica que sean capaces de argumentar lo que aprenden, expresen y debatan sus ideas sin temor, activen sus conocimientos previos y se acerquen al conocimiento matemático desde diversas perspectivas. Es necesario contribuir hacia una democratización del aprendizaje de las matemáticas, es decir, que los estudiantes, en tanto ciudadanos, disfruten y participen de la cultura matemática enraizada en sus propias vidas (Cantoral, 2013).

El presente trabajo doctoral se inscribe en un escenario educativo que demanda la integración de recursos tecnológicos innovadores para fortalecer el pensamiento matemático, concebido como una competencia esencial para la formación de individuos críticos y reflexivos, capaces de resolver problemas en distintos contextos. En este marco, el desarrollo de un prototipo didáctico digital dirigido a la resignificación del concepto de función matemática resulta pertinente y necesario, ya que permite a los estudiantes explorar las relaciones entre variables de manera atractiva e interactiva, fortaleciendo su capacidad para modelar y comprender fenómenos del entorno mediante el lenguaje matemático.

# CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1 Antecedentes

En el contexto educativo actual, uno de los principales desafíos que enfrentan los sistemas de educación es el desarrollo y la implementación de metodologías que mejoren el rendimiento académico de los estudiantes en áreas críticas como las matemáticas. El Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes (PISA), administrado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), ofrece una perspectiva integral del desempeño de estudiantes de 15 años a nivel global, permitiendo identificar tanto fortalezas como áreas de oportunidad en la educación de cada país.

De acuerdo con PISA, la competencia matemática se define como la capacidad de una persona para aplicar sus conocimientos matemáticos a una variedad de situaciones cotidianas y problemas del mundo real. Esta definición subraya la importancia de que los estudiantes no sólo comprendan los conceptos matemáticos, sino que también sean capaces de utilizarlos de manera efectiva en contextos prácticos y variados (Moreno, 2007; Schleicher, 2018, OECD, 2019).

PISA evalúa principalmente el rendimiento académico en matemáticas, ciencias y lectura, y consiste en una prueba estandarizada que se realiza cada tres años para evaluar hasta qué punto se han adquirido conocimientos y habilidades esenciales para una participación plena en la sociedad. En el 2022, además de estos dominios tradicionales, se incluyó una evaluación de alfabetización financiera y un módulo especial que examina el impacto de la pandemia de COVID-19 en la educación y el bienestar de los estudiantes. También se analizó la resiliencia educativa y cómo los sistemas educativos enfrentaron la crisis global, proporcionando una visión integral del rendimiento y las condiciones de los estudiantes a nivel mundial (OECD, 2023a).

Tomando en consideración el promedio de las tres áreas evaluadas, en la más reciente edición PISA 2022 México se ubicó en la posición 35 de los 37 países miembros de la OCDE que participaron en el estudio. La puntuación referencia de los

países de la OCDE fue de 478, mientras que México obtuvo un promedio general de 407 puntos.

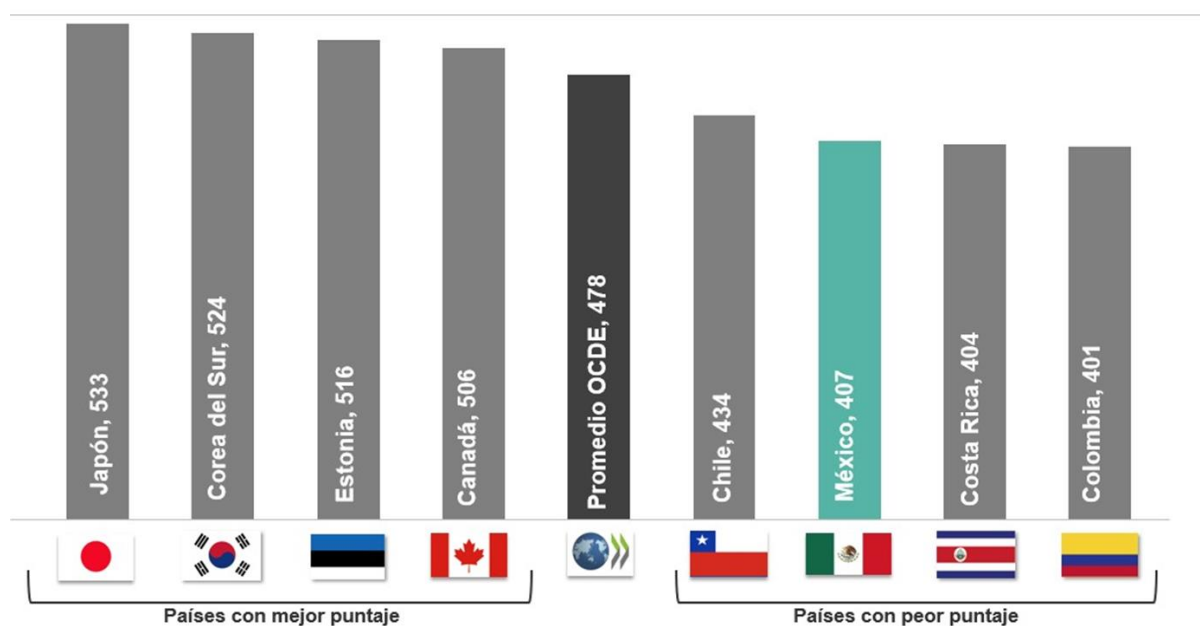


Figura 1. Promedio de los puntajes obtenidos en matemáticas, comprensión lectora y ciencias PISA 2022. Instituto Mexicano para la competitividad A.C., 2023

En el área de matemáticas los estudiantes mexicanos lograron un promedio de 393 puntos, significativamente inferior al promedio de 472 puntos de los países miembros de la OCDE. En términos de niveles de desempeño, solo el 34% de los estudiantes alcanzaron al menos el nivel 2, considerado el mínimo necesario para manejar conceptos matemáticos básicos, como interpretar gráficas sencillas o realizar comparaciones cuantitativas; este porcentaje es muy inferior al promedio del 69% de la OCDE. En contraste, más del 60% de los estudiantes en México se ubicaron por debajo del nivel 2, reflejando dificultades significativas en habilidades matemáticas fundamentales; dichas estadísticas reflejan los resultados de una enseñanza que prioriza la memorización de procedimientos sobre la comprensión profunda de los conceptos y su aplicación en contextos reales.

Respecto a los niveles más altos de desempeño (niveles 5 y 6), menos del 1% de los estudiantes mexicanos lograron posicionarse en esta categoría, frente al promedio de referencia (9%). En estos niveles, un estudiante es capaz de modelar situaciones complejas matemáticamente y evaluar estrategias avanzadas de resolución de problemas. Estos resultados destacan una considerable brecha entre

el nivel de competencias matemáticas alcanzado por estudiantes mexicanos y el nivel deseado para competir a nivel internacional.

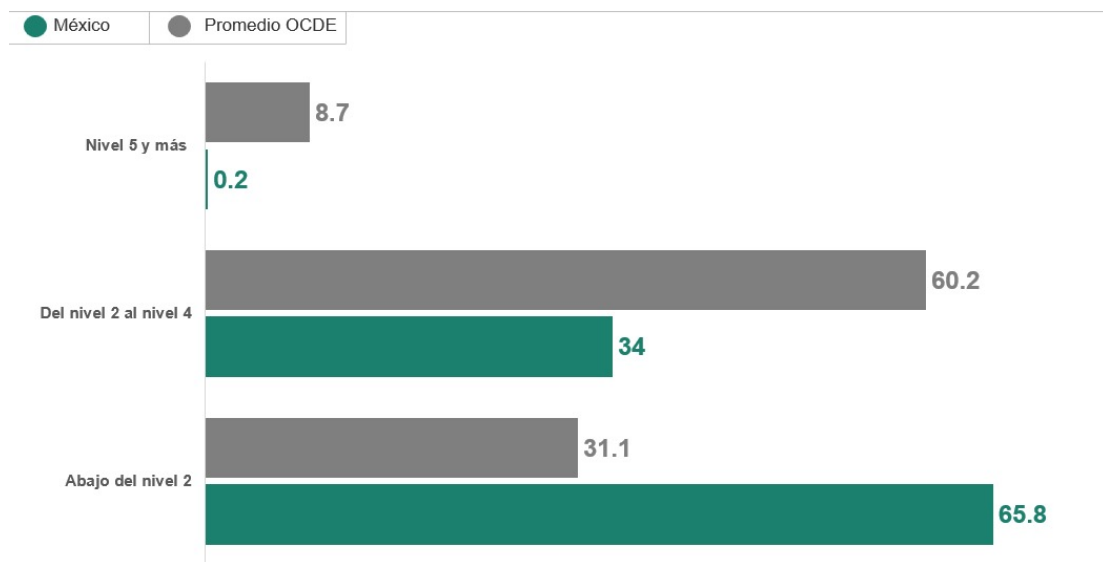


Figura 2. Proporción de estudiantes por nivel alcanzado en la prueba de matemáticas PISA 2022.  
Instituto Mexicano para la competitividad A.C., 2023

El rendimiento de la población estudiantil mexicana en matemáticas ha mostrado una tendencia a la baja en comparación con ediciones anteriores de la prueba PISA, revirtiendo gran parte de los avances observados entre 2003 y 2009. Además, la cantidad de estudiantes que no alcanzan el nivel mínimo de competencia (Nivel 2) ha aumentado en 11 puntos porcentuales desde 2012, lo que destaca una clara necesidad de reforzar los procesos de la educación matemática. Los estudiantes mexicanos obtuvieron puntuaciones significativamente inferiores al promedio de referencia, situándose en una posición desfavorable respecto a otros países con economías y contextos educativos similares (OECD, 2023b).

Estas deficiencias detectadas ofrecen una clara necesidad para la implementación de políticas educativas que mejoren la calidad de los procesos de enseñanza y aprendizaje, además de proporcionar recursos necesarios para fortalecer el aprendizaje de las matemáticas. Aunado a lo anterior es fundamental promover una formación docente continua y la incorporación de tecnologías educativas que faciliten un aprendizaje más dinámico e interactivo para el estudiantado.

En el área relacionada a ciencias, el informe PISA 2022 revela que solo el 49% de los estudiantes mexicanos alcanzó el nivel 2 o superior, considerablemente debajo del promedio de la OCDE del 76%; esta deficiencia indica una notable carencia en la capacidad de los estudiantes para aplicar conocimientos científicos básicos a problemas prácticos. El casi inexistente porcentaje de estudiantes que alcanzaron niveles avanzados en ciencias (menos del 1%) subraya la necesidad de mejorar la calidad de la educación científica en México, enfocándose en estrategias que hagan el aprendizaje más atractivo y relevante.

Este escenario también representa una gran oportunidad para promover recursos didácticos y actividades bajo un enfoque STEAM, integrando la ciencia con la tecnología, ingeniería, arte y matemáticas, fomentando así un aprendizaje interdisciplinario y contextualizado que prepare de mejor manera a los estudiantes para los retos del siglo XXI.

## 1.2 Justificación

En México, la Nueva Escuela Mexicana (NEM), implementada formalmente a partir de la reforma educativa de 2019, representa un enfoque renovado y transformador en el sistema educativo nacional, liderado por la Secretaría de Educación Pública (SEP). Su propósito central es garantizar una educación equitativa, inclusiva y de excelencia para todos los estudiantes, reconociendo las necesidades sociales, culturales y económicas del país (SEP, 2019a). Dentro de este marco, el Marco Curricular Común de la Educación Media Superior (MCCEMS) surge como una herramienta clave impulsada por la SEP para unificar y fortalecer los aprendizajes esenciales en este nivel educativo, promoviendo competencias que articulen el desarrollo integral de los jóvenes con los desafíos de la era actual. Una de las áreas fundamentales de este currículo es el fortalecimiento de los aprendizajes en matemáticas, reconocidos no solo como un componente esencial para la resolución de problemas y la toma de decisiones en la vida diaria, sino también como una habilidad crítica para la inserción exitosa en los campos científico, tecnológico y laboral.

Por su parte, La Comisión Nacional para la Mejora Continua de la Educación (MEJOREDU) fue un organismo descentralizado del gobierno mexicano, establecido

como parte de la reforma educativa de 2019, cuya función principal era coordinar el Sistema Nacional de Mejora Continua de la Educación (SNMCE) y desarrollar estrategias para evaluar, diagnosticar y mejorar el Sistema Educativo Nacional (SEN). A través de evaluaciones diagnósticas, formativas e integrales, MEJOREDU generó información relevante para identificar fortalezas y áreas de mejora en los aprendizajes de los estudiantes, con el objetivo de orientar políticas públicas y prácticas pedagógicas.

En su informe de Evaluación Diagnóstica 2022-2023, MEJOREDU reveló que los estudiantes de educación básica en México enfrentaban serias deficiencias en matemáticas. Solo el 36% de los alumnos alcanzaron niveles de competencia satisfactorios en temas clave como número, álgebra y variación, fundamentales para el desarrollo de habilidades matemáticas en niveles educativos superiores. Un aspecto crítico identificado fue la necesidad urgente de fortalecer las competencias relacionadas con la variación lineal y su representación numérica, gráfica y algebraica. Estas competencias son esenciales para que los estudiantes puedan entender y resolver problemas matemáticos que involucran la relación entre variables en diferentes contextos (MEJOREDU, 2023). Aunque MEJOREDU fue disuelta en 2025, los datos obtenidos en sus evaluaciones continúan siendo relevantes para comprender los desafíos actuales en la educación matemática en México; sin una intervención educativa significativa, las habilidades matemáticas de los estudiantes seguirán siendo insuficientes para enfrentar los desafíos académicos y profesionales del futuro.

Tomando en cuenta el panorama anterior, la SEP en México sugiere diversas acciones para mejorar el aprendizaje de los estudiantes en el área de matemáticas, tales como la promoción del uso de tecnología educativa y la aplicación de metodologías innovadoras para mejorar la calidad del aprendizaje en matemáticas y otras áreas. De acuerdo a una reciente revisión sistemática y exhaustiva de literatura académica relacionada al aprovechamiento de tendencias tecnológicas en la enseñanza de las matemáticas realizada por Monroy Andrade (2024), existe evidencia de que el uso de tecnologías educativas en la enseñanza de las matemáticas ha demostrado ser un recurso eficaz para promover aprendizajes significativos, ya que facilita la comprensión de conceptos abstractos a través de

simulaciones y herramientas interactivas. En el estudio se resalta que las tecnologías no solo enriquecen los procesos de enseñanza y aprendizaje, sino que también preparan a los estudiantes para resolver problemas del mundo real mediante el desarrollo de habilidades como el pensamiento crítico, la creatividad y el trabajo colaborativo.

Dentro de éstas tecnologías, se encuentran los llamados prototipos didácticos, definidos como herramientas pedagógicas que integran fundamentos teóricos y prácticos para favorecer aprendizajes, permitiendo una interacción directa con conceptos de difícil comprensión mediante la experimentación y manipulación de elementos.

La implementación de recursos tecnológicos en los procesos de enseñanza y aprendizaje han demostrado ser una estrategia efectiva para fomentar la comprensión de conceptos abstractos en distintas disciplinas. En el ámbito de la educación matemática, el uso de herramientas didácticas interactivas permite a los estudiantes experimentar y visualizar los conceptos matemáticos de manera práctica y significativa, facilitando su aprendizaje y aplicación en contextos reales.

En este contexto, el desarrollo de un prototipo didáctico que permita a los estudiantes explorar de manera interactiva el concepto de función matemática resulta pertinente y necesario, especialmente en el marco de las progresiones de aprendizaje establecidas en el MCCEMS. Estas progresiones orientan a los docentes en la planificación de experiencias educativas que promuevan la comprensión de relaciones algebraicas y gráficas, así como el análisis de fenómenos que implican variación y cambio. El prototipo propuesto tiene el potencial de fortalecer dichas progresiones al ofrecer un entorno de aprendizaje dinámico, en el que los estudiantes puedan interactuar con representaciones gráficas de funciones y comprender sus propiedades de manera práctica.

Además, las orientaciones pedagógicas del MCCEMS destacan la necesidad de adaptar las estrategias didácticas para responder a los desafíos del aprendizaje matemático en la educación media superior. El prototipo didáctico que se presenta no solo se alinea con estas orientaciones, sino que también ofrece una herramienta que facilita a los docentes el diseño de actividades que fomenten el pensamiento crítico y

la resolución de problemas en sus estudiantes. Esto es particularmente relevante en el entorno actual, donde las competencias relacionadas con el pensamiento matemático son esenciales para el desarrollo académico y profesional de los jóvenes, especialmente dentro del enfoque STEAM, que promueve la integración interdisciplinaria y el desarrollo de habilidades para enfrentar los desafíos del siglo XXI.

## 1.3 Objetivos

El presente trabajo doctoral contribuye al fortalecimiento del aprendizaje matemático en estudiantes de educación media superior, mediante el desarrollo de un prototipo didáctico digital que contribuye al proceso de resignificación del concepto función matemática, propiciando a sus usuarios una experiencia práctica e interactiva alineada con los principios del modelo STEAM.

### 1.3.1 Objetivo general

Desarrollar un prototipo didáctico basado en tecnologías LabVIEW® y Arduino que contribuya a una resignificación de conceptos matemáticos relacionados al lenguaje variacional (funciones de una variable), promoviendo mediante el modelo STEAM la interdisciplinariedad y aplicabilidad de conocimientos matemáticos previos en estudiantes de educación media superior.

#### Objetivos específicos

- Desarrollar un prototipo didáctico digital, que mediante un instrumento virtual creado en LabVIEW y el uso de una placa electrónica Arduino, permita a sus usuarios analizar interactivamente diversas representaciones semióticas de funciones matemáticas en un contexto que involucra las variables distancia vs. tiempo.
- Desarrollar una secuencia didáctica para docentes que contribuya a implementar el prototipo didáctico de una manera organizada y estructurada.
- Desarrollar un manual para el estudiante que contenga información básica e instrucciones de las prácticas y actividades asociadas al uso del prototipo didáctico desarrollado.

- Analizar las impresiones en torno a la aplicación del prototipo didáctico digital en un grupo piloto de estudiantes pertenecientes al sistema de educación media superior.

## **1.4 Hipótesis de investigación**

El desarrollo e implementación de un prototipo didáctico basado en tecnologías LabVIEW y Arduino, complementado con una secuencia didáctica y un manual de prácticas, promueve la resignificación del concepto de función matemática en estudiantes de educación media superior bajo el modelo STEAM, mejorando significativamente su comprensión conceptual y su capacidad para interpretar diferentes registros de representación semiótica.

## **CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Resignificación matemática**

La resignificación matemática es un proceso educativo que consiste en reinterpretar y adaptar conceptos matemáticos para dotarlos de nuevos significados en contextos específicos de enseñanza y aprendizaje. Este proceso implica una transformación profunda en la comprensión de los conceptos matemáticos, promoviendo su contextualización y relevancia mediante la conexión con experiencias cotidianas y situaciones reales (Radford, 2008).

La resignificación se enriquece a través de la construcción social del conocimiento, donde la interacción entre estudiantes y docentes juega un papel crucial, y se facilita mediante el uso de múltiples representaciones (como gráficas, algebraicas y geométricas) que ofrecen diferentes perspectivas para una comprensión más integral y flexible (Duval, 2006). Además, la integración de tecnología educativa, como programas de cómputo interactivo y herramientas de simulación, permite explorar conceptos matemáticos de formas innovadoras y dinámicas (Laborde, 2002).

La importancia de la resignificación radica en su capacidad para fomentar una comprensión profunda y significativa de las matemáticas, desarrollando habilidades críticas y de resolución de problemas en los estudiantes, y mostrando la relevancia y aplicabilidad de las matemáticas en la vida cotidiana y en diversos campos de conocimiento (Vygotsky, 1978). Este enfoque educativo no solo transforma el aprendizaje matemático, sino que también mejora la actitud de los estudiantes hacia las matemáticas al demostrar su utilidad y conexión con el mundo real.

Artigue (2009) señala que este enfoque promueve la integración de herramientas digitales y métodos pedagógicos innovadores que facilitan una enseñanza más interactiva y contextualizada, contribuyendo a un aprendizaje significativo y a la construcción de un conocimiento matemático sólido y aplicable. La resignificación del concepto función matemática, por lo tanto, no solo enriquece la comprensión matemática, sino que también logra captar el interés de los estudiantes hacia las ciencias exactas en general, transformando su percepción tradicional de

estas disciplinas al presentarlas como áreas accesibles y relevantes para la vida cotidiana. Este cambio de perspectiva permite que los estudiantes dejen de percibir las matemáticas con temor o rechazo, y en su lugar, las vean como una herramienta poderosa para explorar, comprender y resolver problemas del mundo real.

## **2.2 Teoría Socioepistemológica de la Matemática Educativa**

Un problema común identificado en décadas recientes dentro de ámbitos escolares es la falta de significación de ideas centrales en la enseñanza de la matemática relacionadas a fenómenos físicos que involucran cambio, particularmente aquellos que representan el concepto de variación (Farfán, 2012; Cordero y Morales, 2014).

Este tratamiento escolar de la matemática del cambio comúnmente se caracteriza por una ausencia de argumentos contextualizados e ideas claras variacionales, prevaleciendo un tratamiento algorítmico y mecanizado de los temas. Esto conduce a que uno de los mayores problemas del aprendizaje de la matemática sea solo su operatividad, dejando de lado una construcción robusta y significativa del conocimiento matemático en cuestión; aprender matemáticas no debe ser visto solo como recordar fórmulas, problemas y teoría mediante la imitación de los contenidos y procedimientos que exponen los docentes en las aulas de clases.

Desafortunadamente es común que en instituciones educativas el aprendizaje de las matemáticas esté vinculado a un proceso de evaluación que prioriza excesivamente el comportamiento escolar del estudiante dentro de las aulas. Esto implica asumir que el aprendizaje depende, en gran medida, de la atención que los alumnos brinden y del seguimiento que hagan a las explicaciones de los docentes. Aunque estas condiciones son relevantes, también intervienen otros factores fundamentales en la construcción de ideas matemáticas, tales como la motivación, la afectividad, la comunicación, los aspectos lingüísticos, el componente lúdico, la visualización, la intuición, entre otros.

La Teoría Socioepistemológica de la Matemática Educativa (TSME) es un enfoque teórico desarrollado principalmente en México que busca transformar y

comprender los procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas desde una perspectiva sociocultural. Esta teoría considera que el conocimiento matemático no es un producto abstracto y universal, sino que se encuentra profundamente influenciado por factores sociales, históricos y culturales que determinan su construcción, transmisión y aplicación (Cantoral, 2019). De este modo, la TSME pone énfasis en las prácticas sociales que dan origen al conocimiento matemático, destacando cómo las interacciones humanas y las actividades contextuales contribuyen a su significado.

Uno de los principios clave de la TSME es la contextualización del conocimiento matemático. Según este enfoque, las matemáticas deben ser entendidas y enseñadas dentro del contexto en el que surgen y son utilizadas. Esto implica reconocer que los conceptos matemáticos no son atemporales, sino que responden a necesidades específicas de las comunidades en diferentes momentos históricos. Además, la TSME resalta la importancia de las prácticas sociales como eje fundamental en la generación de conocimiento matemático, promoviendo una visión del aprendizaje como un proceso colectivo que se enriquece a través de la interacción entre estudiantes, docentes y su entorno.

La TSME también cuestiona la enseñanza tradicional de las matemáticas, que a menudo presenta esta disciplina como un conjunto de reglas y procedimientos descontextualizados. En su lugar, propone una pedagogía que conecte las matemáticas con la realidad de los estudiantes y fomente su aplicación en la resolución de problemas auténticos. Este enfoque destaca la importancia de factores como la motivación, la participación activa y la relevancia contextual para lograr una comprensión significativa de los conceptos matemáticos. Asimismo, sugiere estrategias pedagógicas innovadoras, como proyectos basados en problemas reales, actividades interdisciplinarias y la incorporación de contextos culturales en el aula.

Para Cantoral (2016), la TSME se caracteriza por ser una teoría contextualizada, relativista, pragmática y funcional que toma en cuenta la complejidad de la naturaleza del saber y su funcionamiento cognitivo, didáctico, epistemológico y social en la vida de los seres humanos mostrando los procesos de adaptabilidad, empíricamente comprobables, que nos permiten alcanzar algún grado de satisfacción en nuestros actos de conocer. Al develar la relación entre saber y vida cotidiana, la

socioepistemología aborda las siguientes preguntas: ¿qué es conocer?, ¿qué hacemos cuando construimos y usamos al conocimiento?, ¿cómo construimos nuestros sistemas conceptuales?

Dentro de la TSME, el Pensamiento y Lenguaje Variacional (PyLV) es considerada una línea de investigación que se enfoca a la matemática de la variación y el cambio (Cantoral y Farfán, 1998).

## **2.3 Introducción a las funciones matemáticas**

El concepto de función constituye uno de los pilares fundamentales en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, ya que permite describir relaciones entre variables y modelar fenómenos en una amplia variedad de contextos. Aunque su formalización se atribuye principalmente al matemático suizo Leonhard Euler en el siglo XVIII, sus raíces se encuentran en trabajos anteriores de matemáticos como René Descartes y Pierre de Fermat, quienes exploraron la relación entre variables en el desarrollo de la geometría analítica, así como en las contribuciones de Gottfried Wilhelm Leibniz y Johann Bernoulli en el cálculo diferencial. La evolución de este concepto lo ha consolidado como un elemento central del análisis matemático y una herramienta esencial en múltiples disciplinas de las ciencias exactas (Eves, 1990).

Históricamente, dicho concepto ha pasado por diversas etapas de desarrollo. Durante el Renacimiento, las funciones eran entendidas como expresiones algebraicas que representaban curvas geométricas; posteriormente, con el trabajo de matemáticos como Isaac Newton y Gottfried Wilhelm Leibniz, las funciones comenzaron a asociarse con conceptos de cambio y variación, dando origen al cálculo diferencial e integral (Boyer, 1991).

En el siglo XIX, Karl Weierstrass contribuyó a la formalización del concepto de función, estableciendo rigor en el análisis matemático y redefiniendo nociones como continuidad y límites. Sin embargo, la formalización basada estrictamente en conjuntos y correspondencias fue desarrollada más tarde, principalmente por el matemático alemán Georg Cantor, quien introdujo la teoría de conjuntos como marco fundamental para las matemáticas modernas (Kline, 1972).

Una función matemática, en términos simples, es una relación entre dos conjuntos, donde a cada elemento del conjunto inicial (dominio) se le asigna exactamente un elemento del conjunto final llamado codominio (Stewart, 2018). Las funciones lineales son una de las formas más simples y fundamentales de las funciones; matemáticamente se expresan como  $f(x) = mx+b$ , donde  $m$  es la pendiente y  $b$  es la intersección con el eje  $y$ ; su relevancia radica en que representan relaciones proporcionales presentes en muchos escenarios cotidianos. Una adecuada comprensión de las funciones lineales sienta bases sólidas para abordar funciones más complejas; sin embargo, esta definición básica y formal suele ser difícil de comprender para estudiantes de nivel medio superior, quienes enfrentan retos tanto conceptuales como procedimentales.

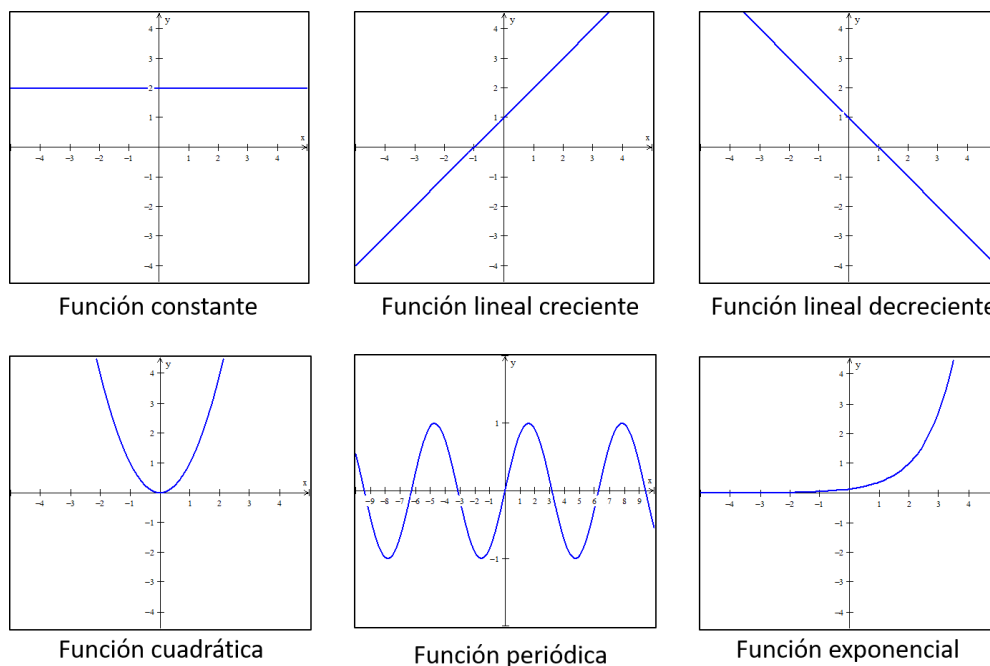


Figura 3. Representaciones gráficas de funciones comunes. Elaboración propia.

La comprensión del concepto de función matemática se enriquece al emplear diversos registros de representación, facilitando una visión integral del concepto. Según Duval (1999), el aprendizaje matemático profundo requiere la coordinación y conversión entre diferentes registros de representación semiótica, entre los que destacan:

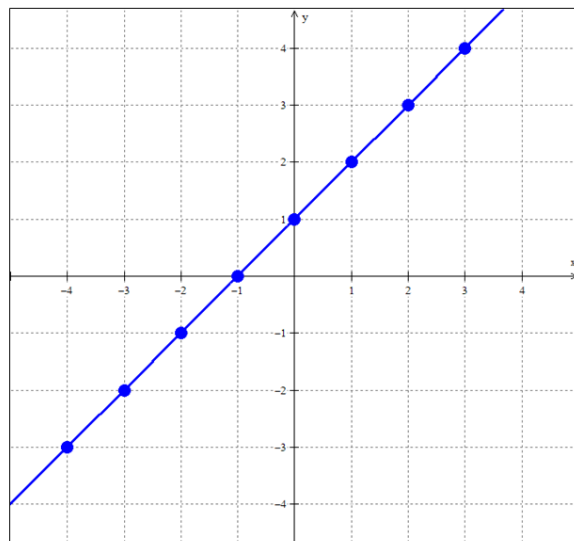
- Numérico. Este registro utiliza tablas de valores para analizar cómo las variaciones en la variable independiente (x) afectan a la variable dependiente (y), permitiendo una identificación de patrones y tendencias.
- Gráfico. Implica la representación de una función en un sistema de coordenadas cartesianas, facilitando la visualización de relación entre las variables involucradas y el análisis de características como pendiente e intersecciones.
- Algebraico. Consiste en expresar una función mediante ecuaciones matemáticas que describen la relación entre variables.
- Verbal. Involucra descripciones narrativas o explicaciones que contextualizan y comunican el significado de una función.

$$f(x) = y = x + 1$$

Representación algebraica

X	Y
-2	-1
-1	0
0	1
1	2
2	3
3	4

Representación numérica



Representación gráfica

Figura 4. Representaciones semióticas del concepto función lineal. Elaboración propia.

La interacción entre estos registros es crucial, ya que cada uno aporta una perspectiva única que, al integrarse, contribuye al logro de un aprendizaje significativo de los conceptos matemáticos abordados.

### 2.3.1 Dificultades en el aprendizaje del concepto de función

Resultados de una investigación realizada por Duval (2006) muestra que los estudiantes a menudo tienen dificultades para pasar de una representación a otra, por ejemplo, de representación algebraica a gráfica, ya que interpretan la expresión algebraica en cuestión como un objeto estático y no como una herramienta para generar puntos que, localizados en un plano cartesiano, dan sentido a la gráfica de una función.

Entre las problemáticas identificadas más comunes al aprender funciones básicas de una variable también se encuentran:

- Desconexión entre representaciones. Los estudiantes a menudo no logran relacionar las distintas representaciones de una función (algebraica, gráfica, tabular y contextual). Esto limita su capacidad para interpretar y analizar relaciones funcionales en diferentes contextos (Dubinsky & Harel, 1992).
- Pensamiento procedimental vs. estructural. Muchos estudiantes se enfocan exclusivamente en los procedimientos matemáticos, como trazar gráficas o resolver ecuaciones, sin comprender el significado conceptual subyacente de las funciones (Sfard, 1991).
- Dificultades específicas en funciones lineales y constantes. En el caso de las funciones lineales, los estudiantes suelen presentar confusión al interpretar las pendientes y las intersecciones con los ejes. Por otro lado, las funciones constantes pueden percibirse como triviales y carecen de una atención adecuada en la enseñanza (Even, 1993).

De igual manera, resultados de un estudio realizado por López y Sosa (2008), demuestran que los estudiantes presentan dificultades en la comprensión del concepto de función, especialmente al manipular sus diferentes representaciones y al establecer conexiones entre ellas. Estas dificultades se atribuyen a factores cognitivos, epistemológicos y didácticos que influyen en su aprendizaje.

## 2.4 Enfoque STEM en la Educación

El acrónimo STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas por sus siglas en inglés) comienza a utilizarse en la comunidad educativa alrededor de los años 90 y a partir de ahí su popularidad ha tenido un ascenso exponencial gracias a la actual era de grandes retos en la que vivimos. Actualmente, podemos definir STEM como un “campo de la actividad humana en donde convergen la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas para tratar de comprender cómo funciona el mundo natural y social o solucionar una meta en común” (Andrade, 2018).

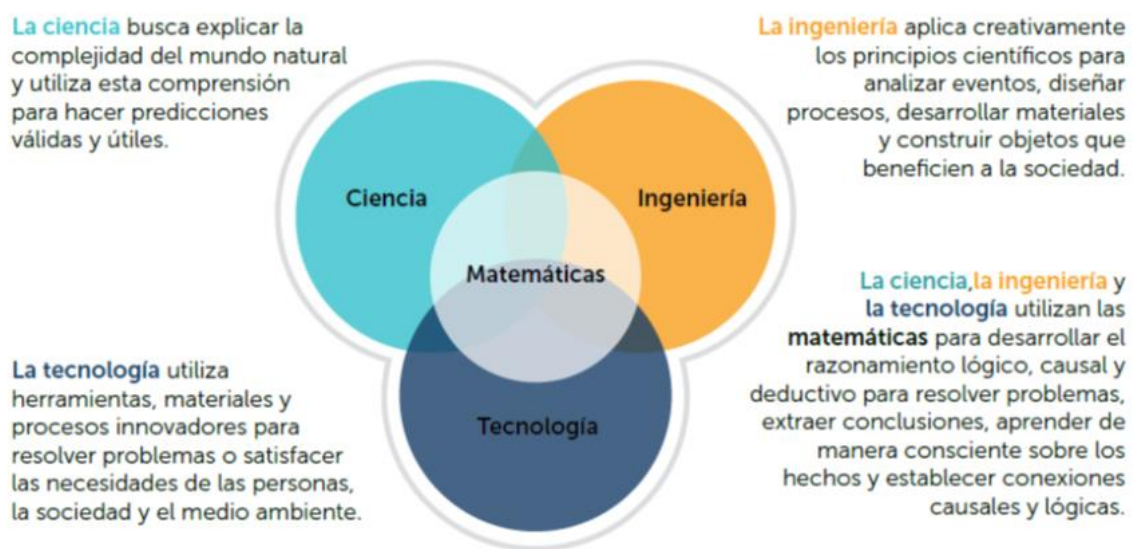


Figura 5. Descripción de los campos de estudio que componen STEM. Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education, 2016.

Debido a la evolución natural del concepto hay ocasiones en las que se han agregado nuevos campos del conocimiento al acrónimo; uno de los más comunes es la palabra “arte” que genera la palabra STEAM en lugar de STEM. A simple vista la diferencia puede parecer solo una letra, sin embargo, el acrónimo STEAM busca fortalecer la integración de las áreas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas mediante la incorporación de disciplinas artísticas. De esta manera el término STEAM busca conectar a las ciencias con ámbitos artísticos que faciliten la comunicación, la comprensión de la realidad y hacen aflorar estrategias para generar soluciones creativas (Yakman & Lee, 2012).

Actualmente existen debates sobre la conveniencia de incluir la palabra esta palabra adicional o dejarla de lado (haciendo alusión a que las artes son campos amplísimos y muy ricos que merecen sus propios espacios). A pesar de lo anterior existe un consenso general de que las habilidades artísticas en los individuos si contribuyen a una formación integral y bien pueden ser relevantes y trascendentes en cualquier proyecto de índole STEAM.

#### 2.4.1 La importancia de STEAM en México

En México la Educación STEAM representa una oportunidad de cambio en la manera de hacer educación y la posibilidad de construir un futuro que garantice un desarrollo sustentable y equitativo para todos los sectores y en todos los niveles del país. En palabras del Dr. Klaus Schwab (2016), fundador del Foro Económico Mundial, el mundo experimenta una transformación continua y vertiginosa sin precedentes que está cambiando la manera en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos con los demás. Esta transformación es conocida como la cuarta revolución industrial, comenzó a principios del siglo XXI y ha tenido como base la revolución digital; se caracteriza por un Internet mucho más móvil y mundial, por sensores más pequeños y potentes, por inteligencia artificial y aprendizaje automático.

Este escenario nos exige comprender cómo la tecnología está cambiando nuestras vidas y la de futuras generaciones, de tal manera que podamos estar preparados para afrontar los grandes retos que se avecinan. Las habilidades críticas del presente siglo nos dicen que toda persona debe ser capaz de resolver problemas complejos; de transformar la información en conocimiento; de crear soluciones innovadoras y de aprovechar las oportunidades tecnológicas para convertirlas en instrumentos de desarrollo.

Según un informe reciente de la OCDE (2023c), titulado Education at a Glance 2023, sólo el 10% de las mujeres en los países de la OCDE optan por carreras relacionadas con los campos STEAM. Esto contrasta con el 30% de los hombres que eligen estas disciplinas; el informe destaca la persistencia de una brecha de género significativa en la elección de carreras STEAM, a pesar de los esfuerzos globales para

fomentar la igualdad de género en estas áreas cruciales para el desarrollo económico y la innovación tecnológica (OCDE, 2023).

Por otro lado, de acuerdo con Valero et. al (2017), son varios los estudios que muestran que los estudiantes comienzan a perder el interés por la ciencia en los últimos años de primaria o en los primeros cursos de secundaria, y que cuando llegan al bachiller seleccionan itinerarios de ciencias sociales y jurídicas en detrimento de las ciencias experimentales e ingeniería. Estas estadísticas muestran la necesidad de una educación STEM que logre encender la curiosidad en las nuevas generaciones hacia el conocimiento de las ciencias, que les permita apropiarse de herramientas de indagación propiciando una interacción más profunda y completa con su entorno, además de fomentar una ciudadanía más consciente e informada para la sociedad.

Aran Glancy y Tamara Moore (2013) sugieren que para entender mejor cómo el enfoque STEM potencializa el aprendizaje con su integración, consideremos que el razonamiento lógico, causal y deductivo en las matemáticas, el diseño y optimización de procesos en ingeniería, la indagación en las ciencias, así como el pensamiento computacional en los campos de la tecnología, son todos estrategias para resolver problemas. Cada uno tiene sus fortalezas y debilidades, cada uno puede resultar más adecuado para resolver algún tipo de problema que otro. Por lo anterior, aprender a usar los diferentes aprendizajes es sólo el comienzo; aprender a elegir cuándo utilizar alguno de ellos para resolver problemas específicos, y aprender a combinarlos para resolver problemas complejos, es a lo que apunta el enfoque STEAM.

De acuerdo con Zamorano et. al (2018) el siglo XXI se caracteriza por ser un mundo lleno de cambios vertiginosos. Este contexto conlleva progresivamente, al desarrollo de un estilo de vida dinámico, conectado e instantáneo, con estilos de existencia, trabajos y desafíos que, probablemente, en el futuro serán distintos a los actuales. A medida que se producen estos cambios, se vuelve necesaria la generación de configuraciones pedagógicas específicas que permitan atender al desarrollo de individuos preparados, priorizando el desarrollo de habilidades que favorezcan el aprender durante toda una vida y comunicarse con los otros sobre la acumulación de grandes cantidades de contenidos.

Por lo tanto, los entornos educativos deben fomentar la motivación en los estudiantes, ofreciendo contenidos de formas atractivas, que resulten interesantes y relevantes para ellos. Dentro del enfoque STEAM, las acciones pedagógicas deben ser dinámicas y constructivistas, permitiendo que el docente no solo entienda los principios pedagógicos necesarios para cada etapa del aprendizaje, sino que también rediseñe la evaluación de los desempeños estudiantiles. Esto implica aplicar criterios que no castiguen los errores ni limiten el deseo de explorar nuevas rutas, sino que promuevan el interés, la creatividad y el desarrollo de soluciones innovadoras.

## **2.5 La Nueva Escuela Mexicana del siglo XXI**

De acuerdo a la Secretaría de Educación Pública (SEP, 2019a), la Nueva Escuela Mexicana (NEM) es una propuesta educativa implementada en México que busca transformar el sistema educativo nacional hacia un enfoque más inclusivo, equitativo y de excelencia. Esta iniciativa se fundamenta en la reforma al artículo 3° constitucional, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 15 de mayo de 2019, y se ha desarrollado a través de consultas abiertas y democráticas con diversos actores educativos, incluyendo maestros, investigadores, padres de familia y organizaciones de la sociedad civil.

La reforma promueve el desarrollo de competencias clave, incluyendo habilidades digitales y socioemocionales, y respeta la diversidad cultural del país. Además, se enfoca en mejorar la calidad educativa, fortaleciendo la infraestructura escolar, integrando tecnologías en el aula, fomentando la participación activa de la comunidad educativa, y promoviendo la innovación y creatividad en el proceso de enseñanza-aprendizaje. La NEM aspira a preparar a los estudiantes para contribuir al desarrollo sostenible y al progreso de México, con una educación que garantice igualdad de oportunidades y fomente un aprendizaje que sea tanto profundo como aplicable en la vida real (SEP, 2019b).

En la NEM, el aprovechamiento de la tecnología educativa es crucial para la enseñanza de las matemáticas, ya que facilita un aprendizaje más dinámico e interactivo que permite a los estudiantes comprender y aplicar conceptos complejos de manera práctica y contextualizada. Este enfoque se alinea con la integración del

modelo STEAM, promoviendo una educación interdisciplinaria que fomenta el pensamiento crítico y la resolución de problemas a través del uso de herramientas tecnológicas, simulaciones y plataformas digitales. La tecnología educativa no solo enriquece los procesos de enseñanza y aprendizaje, sino que también prepara a los estudiantes para enfrentar los desafíos del mundo moderno (NEM, 2024).

### 2.5.1 Marco Curricular Común de la Educación Media Superior

El Marco Curricular Común de Educación Media Superior (MCCEMS) en México es una estructura educativa que define los contenidos y competencias esenciales que deben adquirir los estudiantes de nivel medio superior. Este marco fue publicado oficialmente en el Diario Oficial de la Federación el 25 de agosto de 2023 y es aplicable a partir del ciclo escolar 2023-2024. El objetivo principal es homologar los contenidos y competencias en la educación media superior, promoviendo la continuidad y el egreso oportuno de los estudiantes (DOF, 2023).

En el Marco Curricular Común de la Educación Media Superior (MCCEMS), se reconoce a las y los docentes como actores clave en la transformación educativa, quienes trascienden su función tradicional de implementar planes de estudio para asumir un papel activo como diseñadores didácticos e innovadores educativos. Su labor incluye la facultad de ejercer autonomía didáctica, es decir, la capacidad de seleccionar, según las características del contexto, estrategias pedagógicas y didácticas que permitan alcanzar los objetivos de aprendizaje establecidos en las progresiones curriculares (SEP, 2023).

En este nuevo marco, se proponen objetivos específicos para la enseñanza de las matemáticas que buscan desarrollar competencias clave en los estudiantes, promoviendo una comprensión conceptual profunda y la aplicación práctica de los conocimientos matemáticos. Estos objetivos incluyen el desarrollo del pensamiento crítico y creativo, la capacidad de aplicar las matemáticas en contextos reales, y la integración de competencias digitales y tecnológicas, mediante el uso de herramientas tecnológicas que faciliten el modelado y la resolución de problemas matemáticos.

Además, se enfatiza la mejora de la comunicación matemática, fomentando la expresión clara y precisa de ideas matemáticas, tanto oral como escrita, y el desarrollo

de habilidades de pensamiento abstracto y generalización, permitiendo a los estudiantes identificar patrones y formular conjeturas aplicables a diferentes contextos. Asimismo, se promueve la comprensión conceptual y procedimental, asegurando que los estudiantes no solo memoricen procedimientos, sino que comprendan su razón detrás de ellos y puedan aplicarlos de manera flexible.

Otro objetivo clave es la promoción de la equidad y la inclusión, asegurando que todos los estudiantes tengan acceso a una educación matemática de calidad, sin importar su origen social o habilidades previas. Se busca fomentar la autonomía en el aprendizaje matemático, promoviendo la capacidad de los estudiantes para aprender de manera independiente y continuar desarrollando sus habilidades a lo largo de la vida, integrando las matemáticas en su vida cotidiana y profesional de manera significativa (SEP, 2022).

### 2.5.2 Categorías del pensamiento matemático

En el MCCEMS, el pensamiento matemático se entiende de manera integral, alejándose de la visión tradicional que lo reduce a un conjunto de algoritmos aplicados de forma mecánica y descontextualizada. En su lugar, se concibe como una herramienta que permite al estudiantado desarrollar y perfeccionar habilidades cognitivas como la observación, la intuición, la formulación de conjeturas, la argumentación y la capacidad de modelar y comprender diversos fenómenos, ya sean sociales, naturales o relacionados con su vida cotidiana, utilizando técnicas y el lenguaje propio de las matemáticas.

La forma en que se describe este recurso sociocognitivo es a través de categorías y subcategorías, las cuales son conceptualizaciones que buscan abarcar los procesos cognitivos complejos que ocurren cuando una persona participa en el pensamiento matemático. Las cuatro categorías que se han establecido son: procedural, procesos de intuición y razonamiento, solución de problemas y modelación e interacción y lenguaje matemático.



Figura 6. Categorías del pensamiento matemático.

Marco Curricular Común de la Educación Media Superior, 2023

El enfoque curricular del pensamiento matemático se organiza mediante progresiones de aprendizaje, adoptando una perspectiva constructivista centrada en el estudiantado. Este enfoque parte de las experiencias y conocimientos previos de las y los estudiantes, que son reforzados y ampliados de manera progresiva para desarrollar nuevos conocimientos y habilidades. Este proceso fomenta el uso de la imaginación, la intuición y métodos heurísticos, conduciendo eventualmente a una formalización más estructurada del aprendizaje matemático.

Las progresiones de aprendizaje se definen como descripciones secuenciales que detallan los conceptos, categorías, subcategorías y las relaciones entre ellas, permitiendo a los estudiantes adquirir conocimientos y habilidades de manera gradual. Este modelo es flexible y no restringe los procesos de enseñanza y aprendizaje, ya que otorga autonomía didáctica a los docentes. Esta autonomía permite adaptar cada progresión al contexto específico de la realidad del estudiantado, no solo en relación con los temas y problemáticas abordadas, sino también respecto al uso de los recursos didácticos. En este sentido, no se impone el

uso obligatorio de herramientas tecnológicas, pero tampoco se limita su empleo, ofreciendo así una mayor versatilidad en la aplicación del modelo.

### 2.5.3 Progresiones de aprendizaje del recurso sociocognitivo Pensamiento Matemático y su relación con el prototipo didáctico

Las progresiones de aprendizaje en el contexto del MCCEMS representan una herramienta pedagógica fundamental para guiar el desarrollo de competencias clave en los estudiantes de nivel medio superior. En el caso del Pensamiento Matemático, dichas progresiones buscan promover una comprensión profunda y significativa de conceptos esenciales como la función matemática, a través de una secuencia ordenada de metas de aprendizaje que se distribuyen a lo largo de los tres primeros semestres del bachillerato.

Las progresiones establecen que, en Pensamiento Matemático I, los estudiantes deben comprender las relaciones lineales y sus representaciones algebraicas y gráficas, fomentando un primer acercamiento al concepto de función. En Pensamiento Matemático II, se enfatiza la capacidad de interpretar el comportamiento de funciones y su aplicación en situaciones reales, permitiendo que los estudiantes desarrollen habilidades para transitar entre distintas representaciones semióticas, como la algebraica, la gráfica y la tabular. Finalmente, en Pensamiento Matemático III, se busca que los estudiantes profundicen en el análisis de funciones no lineales y en conceptos relacionados con el cambio continuo e instantáneo, preparando el terreno para estudios más avanzados en cálculo diferencial.

12

Modela situaciones y resuelve problemas significativos para el estudiantado tanto de manera algebraica como geométrica al aplicar propiedades básicas de funciones lineales, cuadráticas y polinomiales

METAS	CATEGORÍAS	SUBCATEGORÍAS
<b>M2</b> Construye un modelo matemático, identificando las variables de interés, con la finalidad de explicar una situación o fenómeno y/o resolver un problema tanto teórico como de su entorno.	<b>C3</b> Solución de problemas y modelación.	<b>S2</b> Construcción de modelos. <b>S3</b> Estrategias heurísticas y ejecución de procedimientos no rutinarios.

Figura 7. Progresión de aprendizaje que involucra funciones básicas.  
Programa de estudios del recurso sociocognitivo Pensamiento Matemático II, 2023

En este contexto, el desarrollo de un prototipo didáctico que permita a los estudiantes interactuar de manera activa con funciones matemáticas contribuye significativamente al logro de estas metas de aprendizaje. Dicho prototipo debe facilitar la exploración y manipulación de funciones a través de herramientas tecnológicas que permitan visualizar de manera inmediata los cambios en los valores y parámetros, fomentando un aprendizaje práctico y significativo.

Las orientaciones pedagógicas del MCCEMS destacan la importancia de que los docentes adapten sus estrategias de enseñanza para atender las necesidades específicas de sus estudiantes, promoviendo la autonomía didáctica y el diseño de experiencias educativas significativas. El prototipo didáctico propuesto en este estudio busca ser una herramienta flexible y efectiva que los docentes puedan incorporar en sus planeaciones didácticas, permitiendo abordar las progresiones de aprendizaje del Pensamiento Matemático desde un enfoque innovador y tecnológico.

Este prototipo también responde a las necesidades señaladas por autores como Duval (2006), quien destaca que uno de los principales retos en la enseñanza de las matemáticas es lograr que los estudiantes transiten de manera fluida entre diferentes representaciones semióticas. El desarrollo del prototipo permite superar esta dificultad al proporcionar un entorno interactivo donde los estudiantes pueden experimentar, visualizar y comprender las funciones matemáticas de manera integral, fortaleciendo su capacidad para modelar y resolver problemas matemáticos en contextos diversos.

## **2.6 Introducción a las placas electrónicas Arduino**

Arduino surgió en 2005 como parte de un proyecto diseñado para estudiantes en el Interaction Design Institute Ivrea (IDII), ubicado en la ciudad de Ivrea, Italia. En ese momento, los estudiantes que necesitaban microcontroladores para sus proyectos enfrentaban opciones limitadas, cuyo alto costo dificultaba tanto su adquisición como su disponibilidad. En respuesta a esta situación, Arduino fue creado con el propósito de ofrecer un dispositivo accesible y económico, pensado específicamente para su uso en entornos educativos.



sistemas operativos como Macintosh, Windows y Linux. En el ámbito educativo, tanto docentes como estudiantes lo emplean para desarrollar prototipos interactivos de bajo costo, proyectos científicos y actividades introductorias en programación y robótica. Más allá de la educación, numerosos creadores lo utilizan para materializar proyectos personales, algunos de los cuales llegan a ser presentados en ferias de innovación.

### 2.6.1 Ventajas de Arduino contra otras plataformas

- Costo accesible: las placas Arduino son más económicas en comparación con otras plataformas de microcontroladores disponibles en el mercado.
- Compatibilidad multiplataforma: el programa computacional oficial de Arduino es compatible con sistemas operativos como Windows, Macintosh y Linux, lo que lo hace accesible para una amplia variedad de usuarios.
- Interfaz de programación intuitiva: el entorno de desarrollo para Arduino (IDE) ofrece una interfaz sencilla y fácil de usar para principiantes, sin perder la flexibilidad necesaria para que usuarios avanzados puedan aprovechar al máximo sus funcionalidades.
- Software de código abierto y escalable: el software Arduino está disponible como herramienta de código abierto, lo que permite a programadores con experiencia realizar modificaciones y adaptaciones para proyectos específicos.
- Hardware abierto y personalizable. Los diseños de las placas Arduino están licenciados bajo Creative Commons, permitiendo a diseñadores de circuitos crear versiones personalizadas, optimizando y ampliando sus capacidades según las necesidades del proyecto.

### 2.6.2 Arduino es un PCB

Una placa electrónica es una PCB, siglas en inglés de "placa de circuito impreso". Estas placas consisten en superficies planas fabricadas con materiales no conductores, combinadas con diversas capas de material conductor. Las PCB son la solución más compacta y estable para construir circuitos electrónicos; en este sentido, la placa Arduino puede ser definida como una PCB diseñada con una circuitería interna específica. Esto permite al usuario final despreocuparse por las conexiones

eléctricas necesarias para que el microcontrolador funcione y enfocarse directamente en desarrollar las aplicaciones electrónicas que requiera para sus propios proyectos.

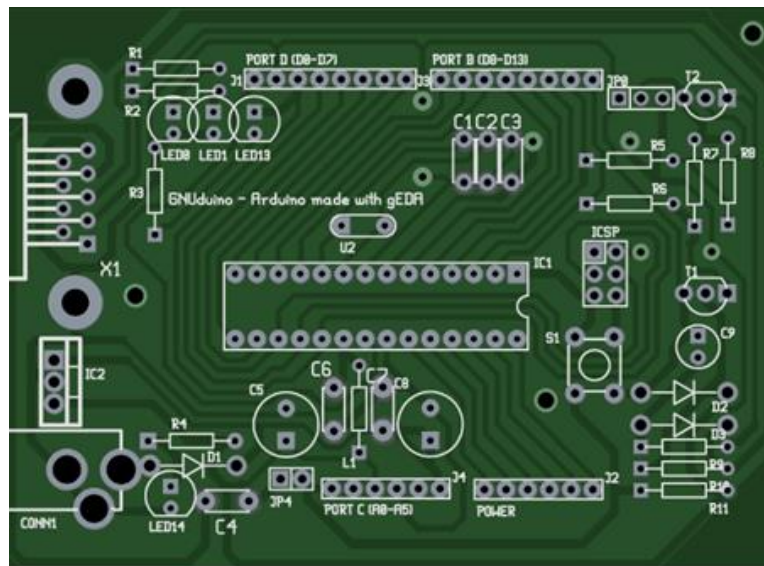


Figura 9. Placa de circuito impreso (PCB) de Arduino. Arduino, 2024

### 2.6.3 Diferentes modelos de Arduino

Las placas Arduino incluyen una variedad de modelos oficiales, cada uno diseñado con un propósito específico y características únicas, como el tamaño físico, la cantidad de pines de entrada y salida, y el tipo de microcontrolador que integran, entre otros aspectos. Aunque existe una amplia diversidad de modelos, todas las placas pertenecen a la misma familia y están basadas en microcontroladores fabricados por la empresa de semiconductores Atmel Corporation (actualmente parte de Microchip Technology). Esto asegura que compartan características fundamentales de software, incluyendo su arquitectura, las librerías disponibles y la documentación asociada.

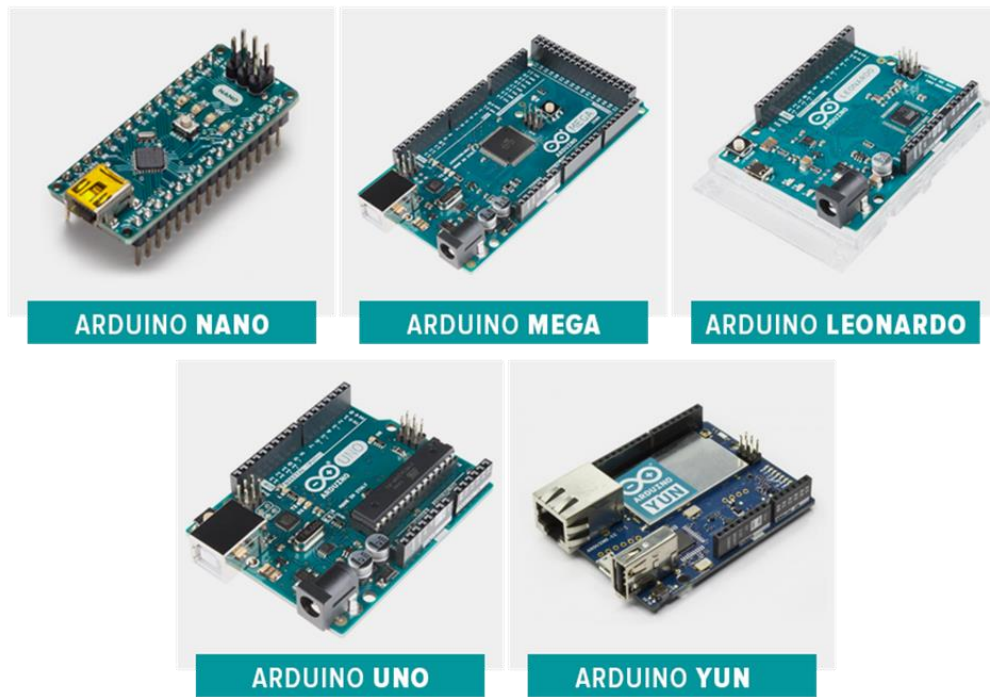


Figura 10. Diversos modelos de placas Arduino. Arduino, 2024

La placa Arduino Mega 2560 está diseñada para proyectos de electrónica y programación que requieren un mayor número de entradas y salidas en comparación con otros modelos de Arduino. Es ampliamente utilizada en el ámbito educativo, industrial y de investigación debido a su versatilidad, facilidad de uso y compatibilidad con una amplia variedad de sensores, actuadores y módulos externos. Esta placa cuenta con 54 pines digitales de entrada/salida, 16 entradas analógicas y 4 puertos de comunicación serial (UART), lo que la hace ideal para proyectos de gran complejidad y demanda de recursos. Además, incluye una memoria Flash de 256 KB para almacenamiento de código, una SRAM de 8 KB y una EEPROM de 4 KB, lo que permite manejar programas extensos y datos persistentes.

Su compatibilidad con el entorno de desarrollo Arduino IDE y su diseño de código abierto la convierten en una herramienta accesible tanto para principiantes como para desarrolladores experimentados, fomentando una cultura de innovación en áreas como la robótica, la programación y la automatización; además, sus características ya mencionadas la convierten en un excelente modelo para escalar hacia etapas futuras. Por lo anterior, la placa Arduino Mega 2560 fue seleccionada para el desarrollo del prototipo didáctico.

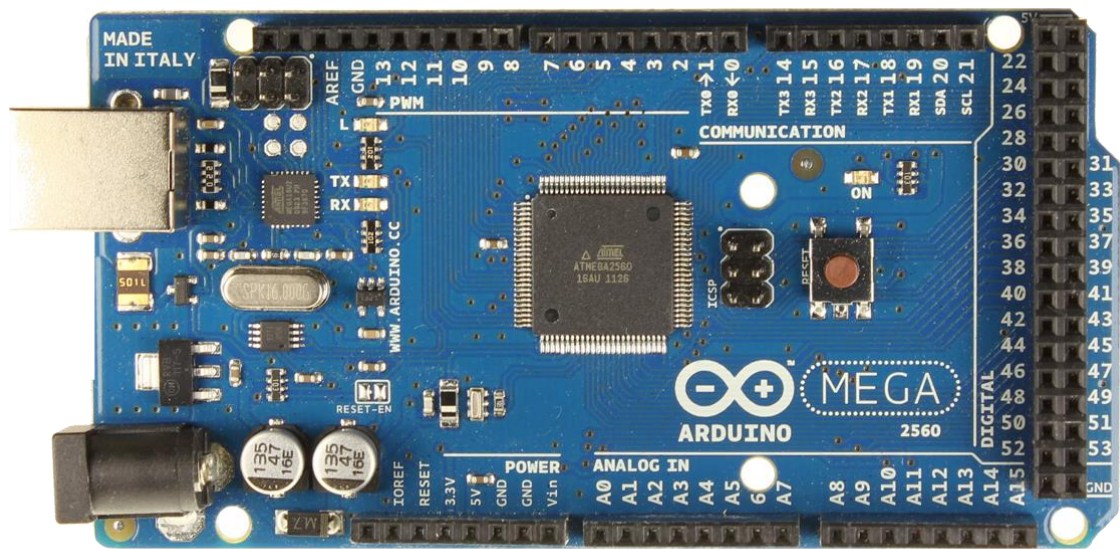


Figura 11. Placa electrónica Arduino Mega 2560. Arduino, 2024

#### 2.6.4 Arduino como software libre

El concepto de software libre se presenta en 1983, en un contexto donde la mayoría de los programas eran desarrollados por empresas privadas que imponían contratos de licencia a los usuarios, limitando así su libertad para utilizar, modificar o compartir programas computacionales desarrollados. Richard Stallman, impulsor del proyecto GNU, dio inicio al desarrollo del primer sistema operativo libre, que no solo representó un recurso tecnológico accesible, sino que también marcó el comienzo de una filosofía que redefinió la informática, la propiedad intelectual y el trabajo colaborativo, transformando incluso la forma de concebir la interacción en sociedad (Stallman, 2004).

Es fundamental aclarar que el término "libre" no equivale necesariamente a "gratis", como suele interpretarse de manera incorrecta. El movimiento de software libre no se enfoca exclusivamente en ofrecer sus productos sin costo, sino que prioriza la libertad de uso, modificación y distribución. Este enfoque promueve la creación de comunidades colaborativas interconectadas, cuyo propósito es contribuir al desarrollo social y trabajar en la consecución de un bien común.

### 2.6.5 Arduino como herramienta educativa

La implementación de proyectos educativos que aprovechan la tecnología ha creado opiniones diversas sobre sus beneficios. Bravo et. al (2016) expone que el uso de Arduino en estudiantes sin nociones previas de programación y electrónica es una acción muy adecuada, ya que les permite trabajar con una herramienta real basada en sensores y actuadores para el desarrollo de tareas y procesos específicos, además de que fomenta un trabajo con independencia y un aprendizaje basado en proyectos.

Otros educadores (Mubin et al., 2013) aprecian el carácter motivador que fomenta Arduino, ya que, atendiendo teorías constructivistas la construcción del conocimiento se basa en la acción, en la creación y el manejo de objetos por parte del estudiantado; el análisis de un diseño, su programación y la reacción de sensores y actuadores propician un interés deseable en todo escenario educativo.

El hecho de que Arduino sea de código abierto ha facilitado que múltiples fabricantes produzcan placas con la misma arquitectura y características a costos accesibles. Esto ha motivado a los estudiantes a adquirir sus propios equipos y dirigir sus propios proyectos personales fuera de un entorno académico. Además, las características de Arduino fomentan la transversalidad, permitiendo su aplicación en temas que van más allá de la programación y la electrónica, abarcando disciplinas como matemáticas, física, ciencia de los materiales, entre otras áreas del conocimiento (Candelas et al., 2015).

La educación STEAM busca conjuntar la ciencia, tecnología, ingeniería, matemáticas y arte de manera natural, tal como encontramos estas disciplinas en situaciones del mundo real. Además, numerosos proyectos educativos basados en STEAM incorporan principios del constructivismo, adoptando una pedagogía centrada en el estudiante y en la construcción activa del conocimiento (Caprano et al., 2013).

Aplicar y aprovechar los beneficios del uso de tarjetas programables tipo Arduino bajo un enfoque STEAM en instituciones educativas representa para los docentes una oportunidad muy valiosa que permite potenciar dichos procesos de enseñanza y aprendizaje propiciando:

- Una contextualización del mundo que rodea a los estudiantes. Los proyectos de índole electrónica otorgan un sentido práctico a los conceptos clave del acrónimo STEAM.
- Una enseñanza orientada a proyectos. La resolución de cualquier reto que implique el uso de tarjetas programables representa una oportunidad para poner en práctica un enfoque orientado a proyectos.
- Una alta motivación en los estudiantes. El hecho de trabajar con un sistema real que funciona en el mundo físico y que se sustenta en las bases teóricas que se imparten en las clases tradicionales puede fomentar una inquietud práctica que trascienda más allá de las instrucciones otorgadas por un docente en un aula tradicional de clase.

## **2.7 LabVIEW y Arduino para la creación de instrumentos virtuales**

Como ya se ha mencionado, Arduino es una popular plataforma de creación de prototipos de electrónica utilizada para la construcción de proyectos personales y profesionales; y aunque lo anterior representa una gran ventaja para sus usuarios, aprovechar sus beneficios aún requiere conocimientos básicos sobre lenguajes de programación, representando un reto para muchas personas no familiarizadas con esta práctica.

LabVIEW® (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) es un software desarrollado por la empresa National Instruments Inc., cuyo nombre es una marca registrada utilizada en entornos industriales, educativos y de investigación. Profesionales y universidades de todo el mundo reconocen sus características, principalmente para automatizar mediciones sin necesidad de escribir líneas de código de programación; todo se logra a través de una interfaz gráfica intuitiva que facilita de gran manera el diseño, construcción y funcionamiento de instrumentos virtuales.

### **2.7.1 Introducción a LabVIEW**

LabVIEW es un lenguaje de programación gráfico creado en su etapa inicial para ingenieros y científicos. Con más de 38 años de desarrollo a sus espaldas, es

una herramienta de desarrollo madura que hace que la automatización sea un placer. El diseño del sistema gráfico elimina la compleja necesidad de aprender lenguaje de programación C o C++ y permite al usuario concentrarse en la estructura lógica del prototipo en cuestión.

LabVIEW reduce significativamente la curva de aprendizaje del desarrollo, porque las representaciones gráficas son notaciones de diseño más intuitivas que el código basado en texto. Las herramientas pueden ser utilizadas fácilmente a través de paletas interactivas, cuadros de diálogo, menús y muchos bloques de funciones conocidos como instrumentos virtuales (VI). Se puede arrastrar y soltar estos VI en el llamado Diagrama de bloques para definir el comportamiento de cualquier aplicación. Este enfoque de apuntar y hacer clic acorta el tiempo que se tarda en pasar de la configuración inicial a la solución final del instrumento virtual que se desea desarrollar.

Usuarios que no tienen experiencia en programación son capaces de completar proyectos completos solo siguiendo el proceso intuitivo de arrastrar controles al diagrama y configurando su funcionamiento inicial.

## 2.7.2 El funcionamiento básico de LabVIEW

Existen dos espacios en LabVIEW en los que se puede trabajar el diseño de un instrumento virtual: el panel frontal y el diagrama de bloques. Ambos están ligados directamente y aparecen inmediatamente cuando se inicia un nuevo proyecto; el panel frontal es distintivo porque es cuadrículado.

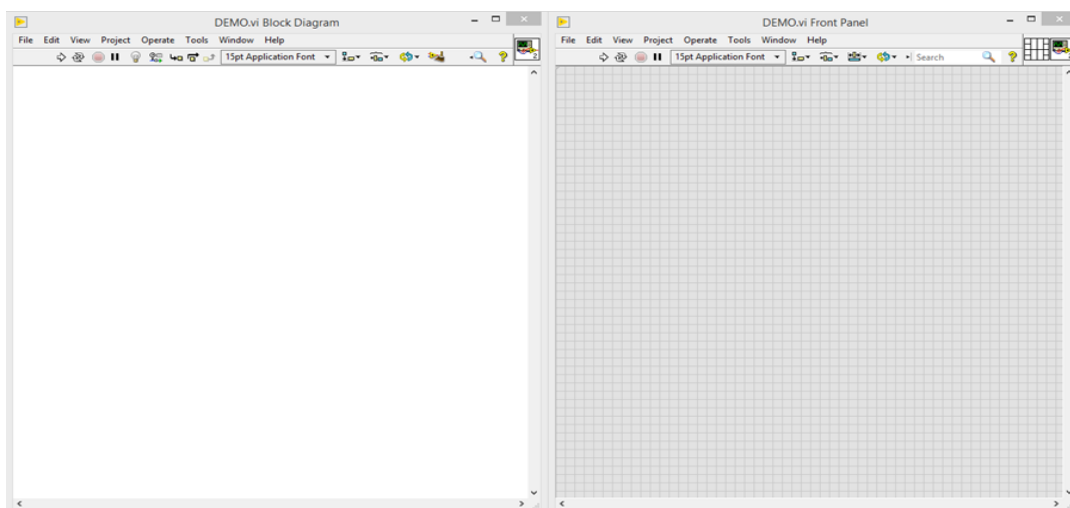


Figura 12. Diagrama de bloques (izquierda) y panel frontal (izquierda) en LabVIEW.



Una de las mejores características de LabVIEW es que literalmente se puede crear un programa solo seleccionando íconos e interconectando cables virtuales.

### 2.7.3 Paletas de funciones y controles

Dentro del Panel de control podemos tener acceso a la llamada Paleta de controles haciendo clic en el botón derecho de nuestro controlador del puntero. Se mostrará una amplia selección de controles e indicadores; básicamente, los controles son entradas del usuario mientras que los indicadores son salidas. Algunos controles comunes son del tipo numérico, booleano, de caracteres, contenedores de datos, gráficas, decoraciones entre muchos otros.

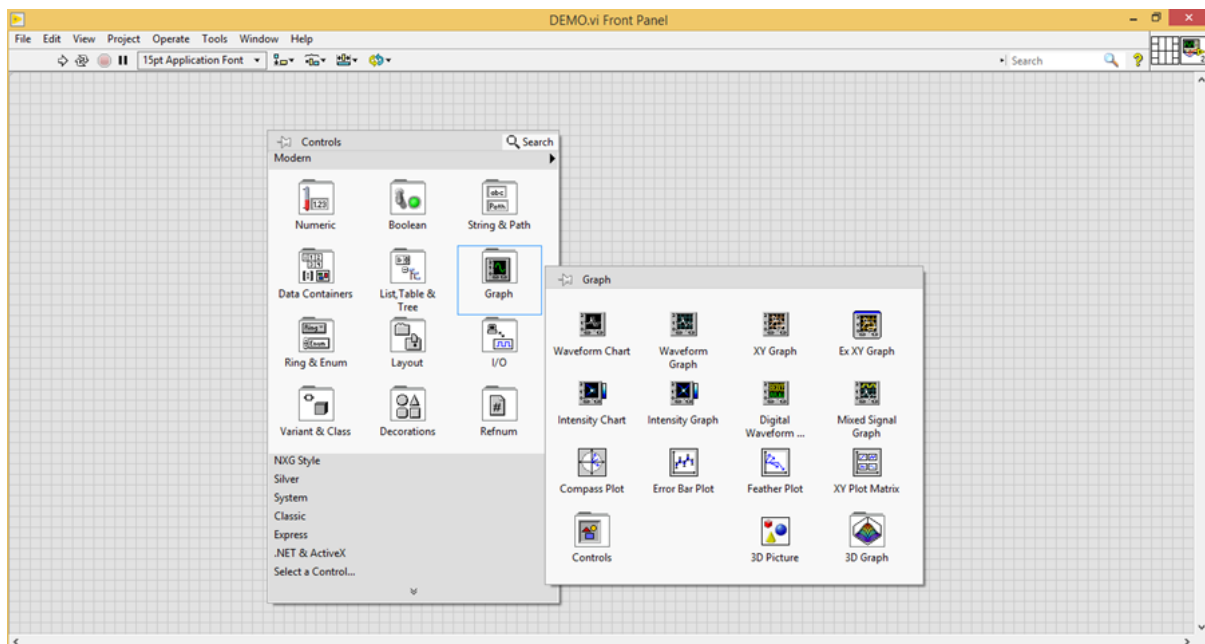


Figura 15. Paleta de controles dentro del Panel frontal en LabVIEW.

En relación al diagrama de bloques también podemos tener acceso a la llamada paleta de funciones haciendo clic en el botón derecho de nuestro controlador del puntero. Ahí se muestra una extensa variedad de opciones entre las que destacan funciones de programación, de medición, de procesamiento de señales, de matemáticas, de conectividad entre otros.

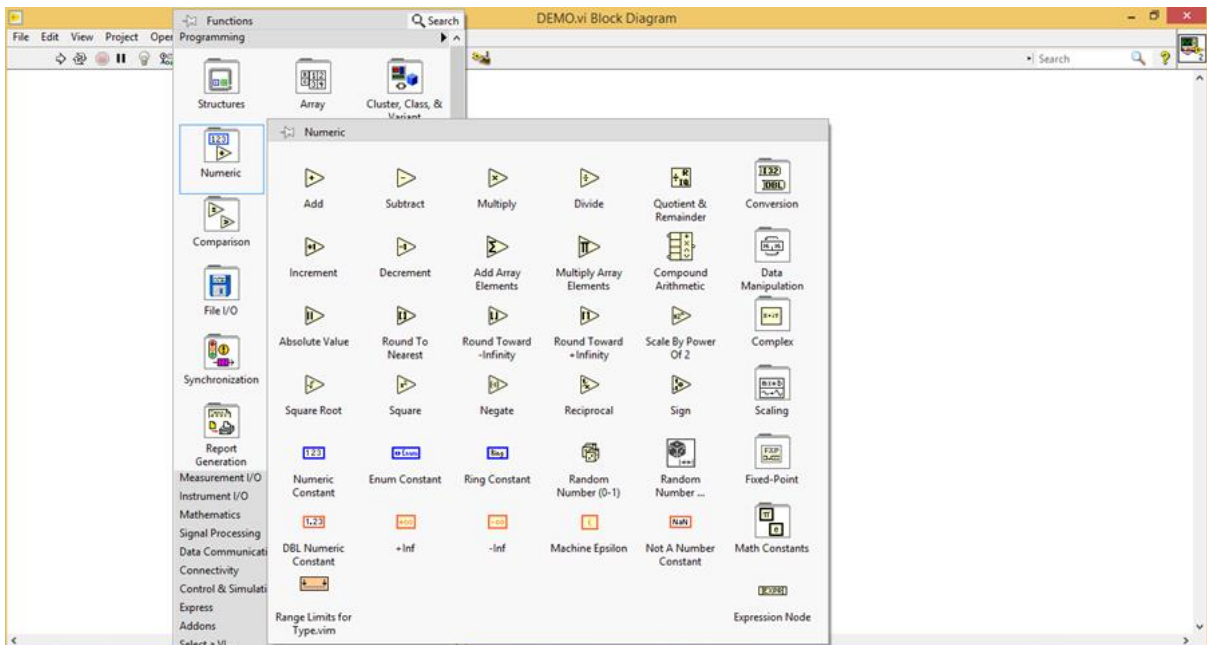


Figura 16 Paleta de funciones dentro del diagrama de bloques en LabVIEW.

## 2.7.4 Configuración de Arduino y LabVIEW a través de MakerHub LINX

MakerHub LINX es un complemento computacional para LabVIEW, desarrollado por la empresa Digilent, que permite la integración y comunicación entre este entorno gráfico de programación y placas de desarrollo comunes como Arduino, Raspberry Pi, entre otras. Este módulo es una herramienta clave para ampliar las capacidades de LabVIEW, ya que facilita la conexión y el control de hardware externo, lo que es especialmente útil para proyectos educativos, de prototipado rápido y de automatización. Gracias a MakerHub LINX, los usuarios pueden aprovechar la potencia gráfica e intuitiva de LabVIEW para programar tarjetas Arduino sin necesidad de emplear entornos tradicionales como el IDE de Arduino, simplificando el proceso de desarrollo.

El proceso para utilizar MakerHub LINX implica instalar el complemento desde el NI Package Manager o el sitio web de Digilent y realizar una configuración inicial. Esta configuración incluye la selección del tipo de tarjeta Arduino que se va a programar, como el modelo Arduino Mega 2560 utilizado en este proyecto. Posteriormente, es necesario cargar un firmware especial en la tarjeta Arduino para permitir la comunicación entre esta y LabVIEW, utilizando el protocolo serial para el intercambio de datos.

Además de su facilidad de uso, MakerHub LINX ofrece una serie de funcionalidades preconfiguradas que simplifican el control de periféricos comunes como sensores y actuadores. Esto elimina la necesidad de programar desde cero la interacción con hardware específico, permitiendo que los desarrolladores se concentren en los objetivos principales del proyecto. Esta característica permitió integrar el sensor ultrasónico HC-SR04 para capturar datos de distancias, procesarlos en LabVIEW y representarlos gráficamente en tiempo real.

Por último, MakerHub LINX no solo se destaca por su versatilidad y facilidad de uso, sino también por su potencial educativo, ya que brinda una manera accesible de conectar la programación con la electrónica, promoviendo la implementación de proyectos tecnológicos, facilitando el aprendizaje de conceptos matemáticos en un entorno práctico y visualmente atractivo.

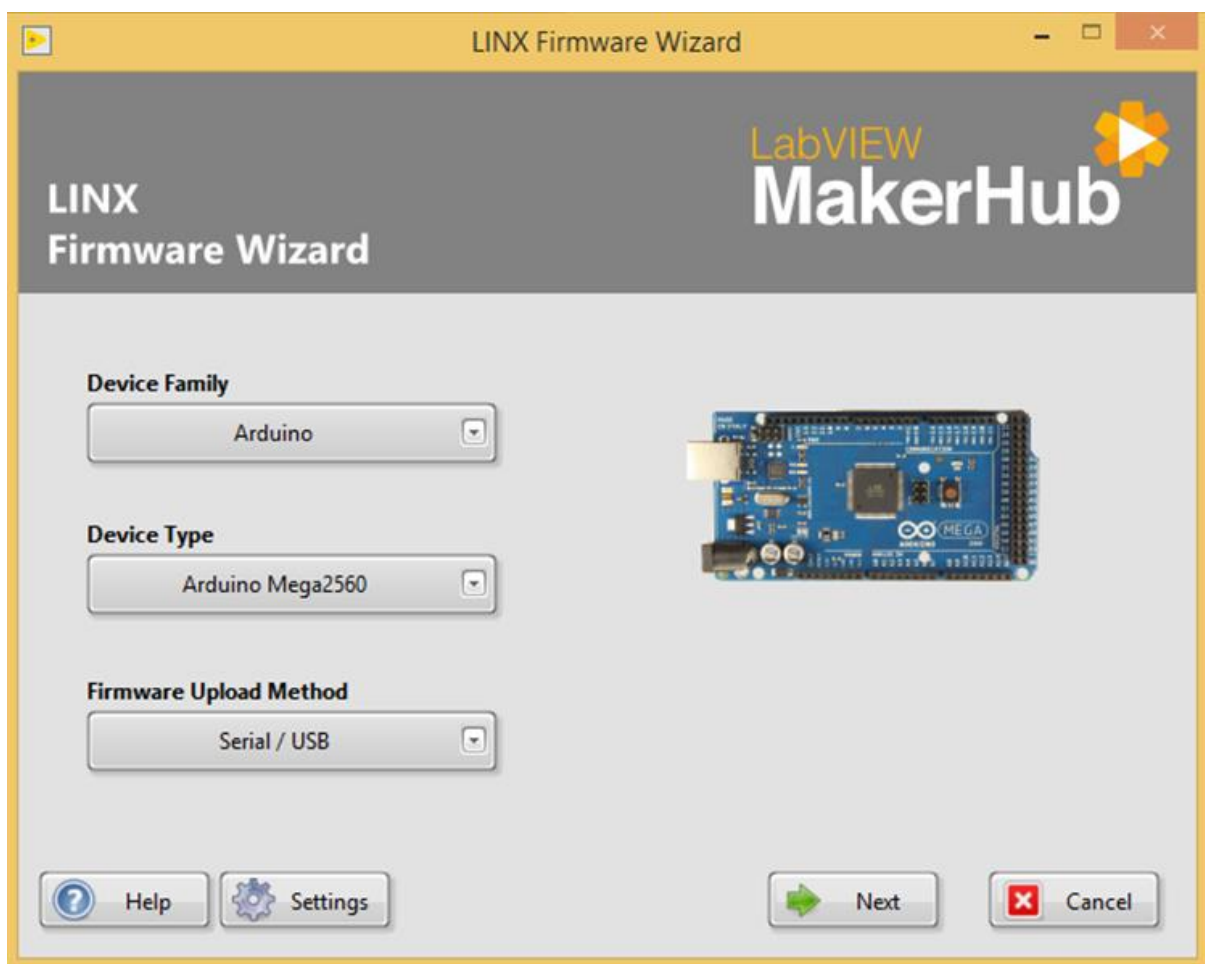


Figura 17. Configuración de LabVIEW MakerHub para utilizar LINX y Arduino Mega 2560.

## 2.8 Revisión de patentes sobre recursos didácticos

Con la finalidad de identificar avances tecnológicos y pedagógicos más recientes en el desarrollo de recursos didácticos se realizó una revisión de patentes mundiales relacionadas a materiales pertenecientes a la enseñanza de las ciencias exactas, particularmente a la comprensión de conceptos matemáticos. Este proceso permitió identificar tendencias, enfoques y tecnologías aplicadas en el diseño de herramientas educativas, aportando un marco de referencia técnico para el desarrollo del prototipo propuesto.

La búsqueda fue llevada a cabo utilizando principalmente las siguientes palabras clave (en español e inglés): recurso didáctico, prototipo didáctico, material didáctico, dispositivo de enseñanza, aparato demostrativo, funciones matemáticas, Arduino, LabVIEW y matemáticas. De acuerdo a la Clasificación de Internacional de patentes (CIP) de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) se hizo un enfoque en las categorías G09B 23/02 y G09B 23/04 que se refieren a “Modelos y aparatos para la enseñanza con fines científicos, médicos o matemáticos, por ejemplo: dispositivo de tamaño completo con fines de demostración para la enseñanza de las matemáticas (geometría, trigonometría, perspectiva y más)”. Los portales de búsquedas de patentes consultados fueron: SIGA IMPI, EPO Espacenet, WIPO Patentscope, Google Patents, USPTO, Scopus y Patent Lens. Cabe mencionar que la búsqueda de patentes en México registradas con las características ya mencionadas no obtuvo resultados relevantes. De manera internacional 25 patentes cumplieron con los criterios de búsqueda y fueron seleccionadas para ser descritas a continuación.

### 2.8.1 Patentes que no describen la necesidad de componentes electrónicos para su funcionamiento

CN206301519U *Trigonometric function apparatus for demonstrating* (Zhu Shuqin) es una patente relacionada al campo técnico de instrumentos y equipos de enseñanza que permite demostrar el comportamiento de las funciones trigonométricas más comunes en un curso básico de trigonometría. CN216211735U *Mathematical modeling demonstration teaching aid* (Wang Ailing) corresponde a una

patente que se relaciona particularmente con un material didáctico de demostración de modelado de funciones matemáticas que permite mejorar el efecto de enseñanza en clases de las ciencias exactas.

CN113963604A *Graph demonstration device for mathematics teaching* (Wang Songling) es una patente que consta de un dispositivo de demostración de gráficos para la enseñanza de las matemáticas que mediante un mecanismo de elementos magnéticos genera gráficos de funciones. US7942675B1 *Calculus teaching aid* (Emily Errthum) es una patente que incluye un sustrato (pizarra) y una pluralidad de componentes visuales configurados para construir un modelo gráfico bidimensional de la primera derivada a partir del análisis de funciones en un plano cartesiano.

CN113299161A *Backlight type graph demonstration device with combined mechanism for mathematical thinking exercise* (Hong Mei) corresponde a una invención que se refiere al campo técnico de los dispositivos de demostración de gráficos, en particular a un dispositivo de demostración retroiluminado con un mecanismo combinado para el ejercicio del pensamiento matemático. Por otro lado KR20100098790A *Study device for more easily understanding a trigonometric function* (Yoon Ki-Cheol, Eunkyung Yoon) consiste en un dispositivo físico circular para comprender más fácilmente el comportamiento de una función trigonométrica y su comportamiento variacional.

La invención US8986012B1 *Three-dimensional 3D visualization kit* (Daniel L. McGee, University of Puerto Rico) se refiere a un kit de visualización en 3D que ayuda a visualizar conceptos relacionados a funciones en 3 dimensiones, es decir, pertenecientes al cálculo multivariable. El inventor afirma que el kit es una solución económica y que contribuye a que los estudiantes puedan visualizar conceptos de manera efectiva en tres dimensiones eliminando la abstracción normalmente asociada con conceptos en tres dimensiones. CN109087560A *A kind of mathematics linear function coordinate demonstration teaching aid* (Yan Zhanjun) describe una ayuda didáctica de demostración de coordenadas que componen una función lineal matemática que consiste en un tablero magnético que asemeja a un plano cartesiano, mismo que con características magnéticas permite la interpretación de funciones lineales.

La patente CN108062887B *Demonstration device for converting function form* (Zhou Liliang, Qiqihar University) revela un dispositivo de demostración para trazar funciones a partir de instrumentos experimentales; básicamente es un aparato físico que mediante acción hidráulica genera la gráfica de una función en un tablero didáctico. De manera similar KR101994527B1 *Visual educational tools for improving understanding of calculus* (Jisoo Lee, Joo Hye-hyun, Jinwook Jeong) se refiere a un recinto de aprendizaje de visualización para mejorar la comprensión del cálculo de funciones y consiste en un tablero que muestra la representación del plano cartesiano y que con múltiples sustratos se refuerza la enseñanza de funciones matemáticas.

CN105825746A *Graphic transformation demonstrator* (Tan Juan) da a conocer un dispositivo que auxilia la comprensión del proceso llamado transformación de funciones y consta de un tablero y diversos moldes gráficos que muestran el tratamiento de funciones. La patente CN207199147 *Mathematical function teaching aid* (Qin Yangquin) revela un dispositivo didáctico para trazar funciones matemáticas que consta de un tablero de dibujo, que a partir de una tuerca movilizable y cuerdas elásticas, genera el trazo de gráficos proporcionando una ayuda para la enseñanza de la función matemática.

En US9754511B2 *Devices and methods for hands-on learning of mathematical concepts* (Matthew R. Peterson, Mind Research Institute) se proporcionan dispositivos y métodos para el aprendizaje práctico de conceptos matemáticos parabólicos. Consiste en una base con una pluralidad de canales que acepta varillas verticales de diferentes longitudes, y mediante el uso de una palanca unida de forma móvil a la base en un pivote ilustra cambios en la función parabólica representada por dichas varillas verticales. CN108550303A *A kind of demonstration teaching aid of accurate Drawing curve* (Liu Xiaowei, Universidad de Tecnología de Dongguan) es una invención que se refiere a un tipo de ayuda didáctica de demostración para dibujar la curva de una función de una forma precisa. Consta de un tablero que mediante un mecanismo de engranajes, varillas y bielias hace generar la representación gráfica de funciones.

## 2.8.2 Patentes que describen la necesidad de componentes electrónicos para su funcionamiento

CN205080799U *Mathematics sinusoidal function device of imparting knowledge to students* (Ji Chen Gang) es una patente que se relaciona con un tipo de aparato de enseñanza para la demostración de funciones matemáticas, específicamente se relaciona con funciones periódicas como seno y coseno matemático; consta de un dispositivo físico de graficación con el uso de servomotores. Por su parte, la patente CN104332085A *Anti-tangent, cotangent, secant and cosecant function demonstrating and graph drawing instrument* (Wang Shuying) describe un instrumento de demostración y dibujo de gráficos de funciones cotangente, secante y cosecante que se desarrolla en un tablero de coordenadas rectangulares con el auxilio de componentes eléctricos.

La patente CN110767043A *High-class mathematical function limit demonstration teaching aid* (Wang Ling) se refiere a un tablero de demostración que busca resolver los problemas que se presentan cuando deben dibujarse gráficos de funciones manualmente y que resultan difíciles e inexactos, sobre todo cuando se realiza la demostración del límite de una función matemática, tema protagónico en cursos de Cálculo diferencial. Esta patente hace referencia a un tablero físico que se complementa con el uso de un motor eléctrico. CN109036002A *A kind of higher mathematics Function Teaching course optimization method* (Geng Xianya Chu Jing, Anhui University of Science and Technology) se refiere a un método de optimización para la enseñanza de funciones matemáticas; involucra el uso de un atril didáctico, un proyector una cámara y un dispositivo USB.

En la patente CN105243929A *Teaching device dynamically simulating curve function* (Zhao Xu, Yang Xudong, Beijing industry university) se puede encontrar un dispositivo de enseñanza que simula dinámicamente una función de curva; está compuesta de una serie de tubos de ensayo que gracias a un controlador PLC (para bombas hidráulicas) se van llenando de agua, mostrando de esa manera una forma didáctica de la creación de la curva de una función. Por su parte el invento registrado como CN104882031A *Multifunctional teaching aid* (Ding Diankun, Shandong University of Science and Technology) consiste en un tablero de enseñanza

magnético que posee una unidad de control electrónica y celdas solares; se complementa con el uso de un proyector y una tela de proyección móvil para reforzar la enseñanza de funciones matemáticas en las aulas.

CN109036004B *Higher mathematics integral demonstration teaching aid and control circuit thereof* (Geng Xianya, Chu Jing Anhui University of Science and Technology) muestra un equipo didáctico que mejora la eficiencia del dibujo de gráficos de funciones en la enseñanza del cálculo integral; este equipo hace uso de controladores lógicos programables y circuitos de control para su funcionamiento. CN110517563A *Interactive trigonometric function instructional device and method* (Cheng Yong Li, Wuhan Guangchi Education Technology Co., Ltd.) es una invención que proporciona un dispositivo y método de instrucción que ayuda a comprender la naturaleza de una función trigonométrica; el estudiante puede en tiempo real, observar intuitivamente el principio de variación de los parámetros de la función trigonométrica. Dicho dispositivo hace uso de circuitería electrónica de control para el trazado de funciones.

CN113223382A *Advanced mathematics function graph teaching aid* (Luo Hongying, Liu Jun, Zhu Chunyan, Chen Qing'e, Li Longxing, Yang Jingmei) es una patente que da a conocer una ayuda para la enseñanza de gráficos de funciones matemáticas avanzadas a través de un mecanismo que aprovecha el uso de motores eléctricos para realizar su función. CN113035028A *Parabola demonstration device based on parabola principle* (Hu Yongqi Qin Wei, Huang Xianhua Li, Yan Chen Youming) es una patente basada en un dispositivo de demostración de la gráfica de una función que provee una parábola basado en un mecanismo con base y varilla giratoria, que mediante un dispositivo de accionamiento y una etapa de electrónica logra su funcionamiento.

Finalmente, la patente CN104376759A *Rectangular plane coordinate system display instrument* (Zhu Xiangwei, Xu Ying) proporciona un instrumento de visualización donde el conocimiento físico y el conocimiento matemático se combinan orgánicamente. Consta de un sistema de coordenadas de plano rectangular para graficar funciones y utiliza un tablero base con circuitería electrónica para controlar

diodos LED que muestran dicho plano rectangular para la ubicación de funciones matemáticas.

	Patente	Nombre / Inventores	Titulares	Complemento
1	CN206301519U	<i>Trigonometric function apparatus for demonstrating</i> (Zhu Shuqin)	Particular	No electrónico
2	CN216211735U	Mathematical modeling demonstration teaching aid (Wang Ailing)	Universidad	No electrónico
3	CN113963604A	<i>Graph demonstration device for mathematics teaching</i> (Wang Songling)	Particular	No electrónico
4	US7942675B1	<i>Calculus teaching aid</i> (Emily Errthum)	Particular	No electrónico
5	CN113299161A	<i>Backlight type graph demonstration device with combined mechanism for mathematical thinking exercise</i> (Hong Mei)	Industria	No electrónico
6	KR2010009879 0A	Study device for more easily understanding a trigonometrical function (Yoon Ki-Cheol, Eunkyung Yoon)	Particular	No electrónico
7	US8986012B1	<i>Three-dimensional 3D visualization kit</i> (Daniel L. McGee, University of Puerto Rico)	Universidad	No electrónico
8	CN109087560A	<i>A kind of mathematics linear function coordinate demonstration teaching aid</i> (Yan Zhanjun)	Particular	No electrónico
9	CN108062887B	<i>Demonstration device for converting function form</i> (Zhou Liliang, Qiqihar University)	Universidad	No electrónico
10	KR101994527B 1	<i>Visual educational tools for improving understanding of calculus</i> (Jisoo Lee, Joo Hye-hyun, Jinwook Jeong)	Particular	No electrónico
11	CN105825746A	<i>Graphic transformation demonstrator</i> (Tan Juan)	Particular	No electrónico

12	CN207199147	<i>Mathematical function teaching aid</i> (Qin Yangquin)	Particular	No electrónico
13	US9754511B2	<i>Devices and methods for hands-on learning of mathematical concepts</i> (Matthew R. Peterson, Mind Research Institute)	Industria	No electrónico
14	CN108550303A	<i>A kind of demonstration teaching aid of accurate Drawing curve</i> (Liu Xiaowei, Universidad de Tecnología de Dongguan)	Universidad	No electrónico
15	CN205080799U	<i>Mathematics sinusoidal function device of imparting knowledge to students</i> (Ji Chen Gang)	Particular	Electrónico
16	CN104332085A	Anti-tangent, cotangent, secant and cosecant function demonstrating and graph drawing instrument (Wang Shuying)	Industria	Electrónico
17	CN110767043A	<i>High-class mathematical function limit demonstration teaching aid</i> (Wang Ling)	Particular	Electrónico
18	CN109036002A	<i>A kind of higher mathematics Function Teaching course optimization method</i> (Geng Xianya Chu Jing, Anhui University of Science and Technology)	Universidad	Electrónico
19	CN105243929A	<i>Teaching device dynamically simulating curve function</i> (Zhao Xu, Yang Xudong, Beijing industry university)	Universidad	Electrónico
20	CN104882031A	<i>Multifunctional teaching aid</i> (Ding Diankun, Shandong University of Science and Technology)	Universidad	Electrónico
21	CN109036004B	<i>Higher mathematics integral demonstration teaching aid and control circuit thereof</i> (Geng Xianya, Chu Jing Anhui University of Science and Technology)	Universidad	Electrónico

22	CN110517563A	<i>Interactive trigonometric function instructional device and method</i> (Cheng Yong Li, Wuhan Guangchi Education Technology Co., Ltd.)	Industria	Electrónico
23	CN113223382A	<i>Advanced mathematics function graph teaching aid</i> (Luo Hongying, Liu Jun, Zhu Chunyan, Chen Qing'e, Li Longxing, Yang Jingmei)	Universidad	Electrónico
24	CN104376759A	<i>Rectangular plane coordinate system display instrument</i> (Zhu Xiangwei, Xu Ying)	Particular	Electrónico
25	CN113035028A	<i>Parabola demonstration device based on parabola principle</i> (Hu Yongqi Qin Wei, Huang Xianhua Li, Yan Chen Youming)	Industria	Electrónico

Tabla 1. Listado de patentes encontradas con relación a recursos didácticos matemáticos.

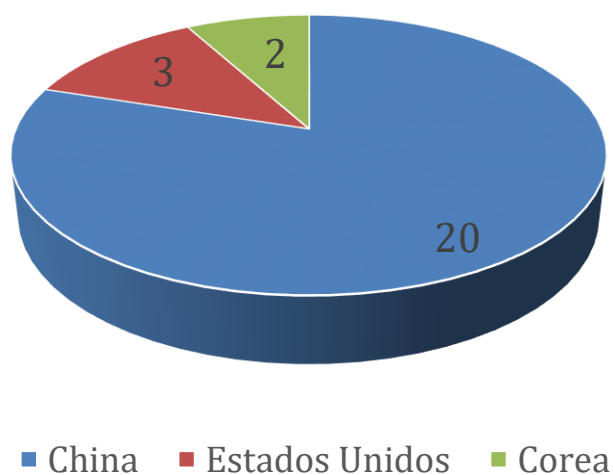


Figura 18. Países de origen de las patentes encontradas. Elaboración propia.

### 2.8.3 Oportunidades encontradas en revisión de patentes

Al realizar la búsqueda de patentes a nivel internacional en diversos portales se pudo constatar que la mayoría de las patentes encontradas son de China seguidas de manera distante por Estados Unidos y otros países; este dato evidencia un notorio auge en las últimas décadas sobre la solicitud de patentes provenientes de China. El

presente análisis de patentes muestra una clara oportunidad para registrar y proteger productos derivados de la investigación relacionados al desarrollo de recursos didácticos digitales para la enseñanza de la matemática.

Cabe mencionar que la revisión del portal Sistema de Información de la Gaceta de la Propiedad Industrial (SIGA) del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) no arrojó resultados relacionados directamente con el tema de búsqueda. Si se encontraron contadas patentes relacionadas a recursos didácticos, pero pertenecían a otras áreas del conocimiento (química y física) o eran del área de las matemáticas, pero con características obsoletas, además de no contemplar el uso de etapas electrónicas para su funcionamiento.

Esta revisión permitió situar el trabajo de investigación dentro del estado del arte y garantizar la originalidad de la propuesta establecida en los objetivos, sin infringir derechos de propiedad intelectual.

## **CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA**

### **3.1 Diseño metodológico**

El diseño metodológico de esta investigación posee un enfoque mixto, ya que integra de manera sistemática tanto el método cuantitativo como el cualitativo, con el objetivo de obtener una visión más completa de los resultados planteados en los objetivos. Los métodos mixtos permiten la triangulación de la información para aumentar el alcance y las dimensiones de la investigación, proporcionando una mayor comprensión, amplitud, profundidad y riqueza en la interpretación del fenómeno.

El enfoque cuantitativo se centra en la medición, asumiendo que la realidad es conocible y objetiva, independiente de los sujetos. Por su parte, el enfoque cualitativo se enfoca en analizar las opiniones, expresiones, conductas y actitudes de los participantes, con base en la idea de que la realidad es un constructo social definido por las interpretaciones de los individuos. Es una investigación aplicada, ya que mediante la teoría se centra en resolver problemas prácticos, con base en las soluciones que se plantean en el objetivo.

El alcance de esta investigación es exploratorio y descriptivo ya que se explora el uso y las primeras impresiones del prototipo digital propuesto aplicado en un grupo piloto. Además, se describen e interpretan las características, efectividad y aceptación de este recurso tecnológico en la enseñanza de conceptos matemáticos relacionados con el lenguaje variacional (representaciones semióticas de funciones de una variable), promoviendo la interdisciplinariedad a través del modelo STEAM.

Es un análisis transversal, ya que contempla realizar las mediciones una sola vez, en un momento dado, sin evaluar su evolución en el tiempo. Los sujetos de investigación son estudiantes pertenecientes al sistema de educación media superior.

## 3.2 Fases de acción contempladas

Para lograr el desarrollo del prototipo didáctico se establecieron tres fases de acción, que permitieron estructurar de manera clara y progresiva las actividades necesarias para su diseño, implementación y análisis. Cada fase fue diseñada estratégicamente para abordar diferentes aspectos clave del proceso: desde la conceptualización técnica y pedagógica del prototipo, pasando por la creación de materiales didácticos de apoyo, hasta la aplicación práctica en un contexto educativo real.

- Fase 1. Diseño y desarrollo del prototipo didáctico mediante el aprovechamiento de un instrumento virtual para facilitar el análisis interactivo de conceptos básicos relacionados a funciones matemáticas lineales de una sola variable.

El desarrollo del instrumento virtual fue realizado en LabVIEW y estuvo basado en una metodología de desarrollo llamada Modelo de Espiral que combina elementos de diseño y prototipado en una aproximación iterativa.

- Fase 2. Elaboración de materiales didácticos complementarios, que incluye una secuencia didáctica para el docente y un manual de prácticas para los estudiantes con el objetivo de asegurar el uso adecuado y efectivo del prototipo didáctico en un aula de clase.
- Fase 3. Implementación del prototipo didáctico en un grupo piloto de estudiantes de nivel medio superior para recabar impresiones y resultados sobre su aprovechamiento.

Estas fases garantizaron que el recurso didáctico respondiera a los objetivos pedagógicos planteados, facilitando la resignificación del concepto de función matemática y promoviendo su enseñanza a través de herramientas interactivas.

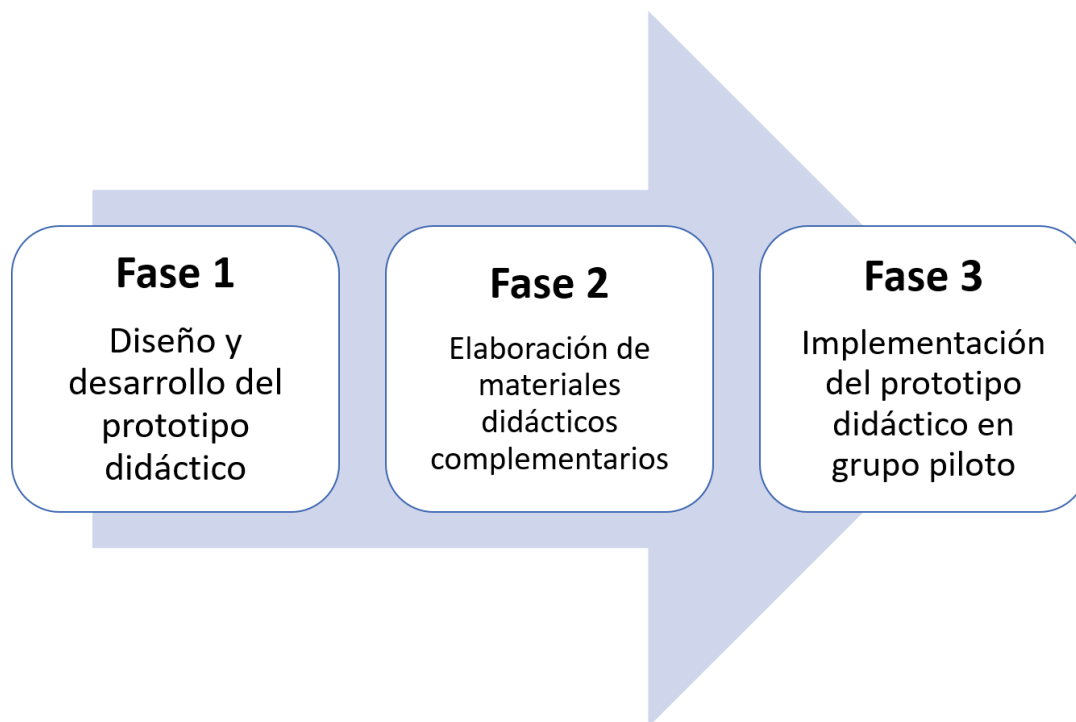


Figura 19. Fases de acción en el desarrollo del prototipo didáctico. Elaboración propia.

### 3.2.1 Metodología para el desarrollo de software con LabVIEW

El desarrollo del prototipo didáctico digital se basa en la metodología de desarrollo de software llamada Modelo en Espiral, propuesto por Barry Boehm en 1986, misma que combina elementos de diseño y prototipado en una aproximación iterativa. Este modelo es particularmente efectivo para proyectos que requieren flexibilidad y ajustes continuos, como es el caso del desarrollo del prototipo didáctico con LabVIEW y Arduino.

Las fases básicas que componen el Modelo en Espiral son:

1. Identificación de objetivos y requisitos
  - Se determinan los objetivos específicos del instrumento virtual y se identifican las necesidades y expectativas de los usuarios finales (estudiantes y docentes). Se documenta los requisitos funcionales y no funcionales del software.
2. Análisis de riesgos y prototipado
  - Se identifican posibles riesgos en el desarrollo y uso del software, como la compatibilidad con diferentes sistemas operativos o la facilidad de

uso. También se desarrollan prototipos iniciales utilizando LabVIEW: estos prototipos son versiones preliminares que permiten evaluar el diseño y las funcionalidades propuestas.

### 3. Desarrollo y validación

- Se implementa el instrumento en LabVIEW, incorporando retroalimentación de pruebas anteriores; este proceso se realiza en varias iteraciones, refinando el software en cada ciclo. Se realizan pruebas para asegurar que se cumple con los requisitos y funcionalidades esperadas.

### 4. Planificación de la próxima Iteración

- Se analizan los resultados de la iteración actual y se planifican las mejoras necesarias para la próxima fase del desarrollo. Este proceso permite una mejora continua del software.

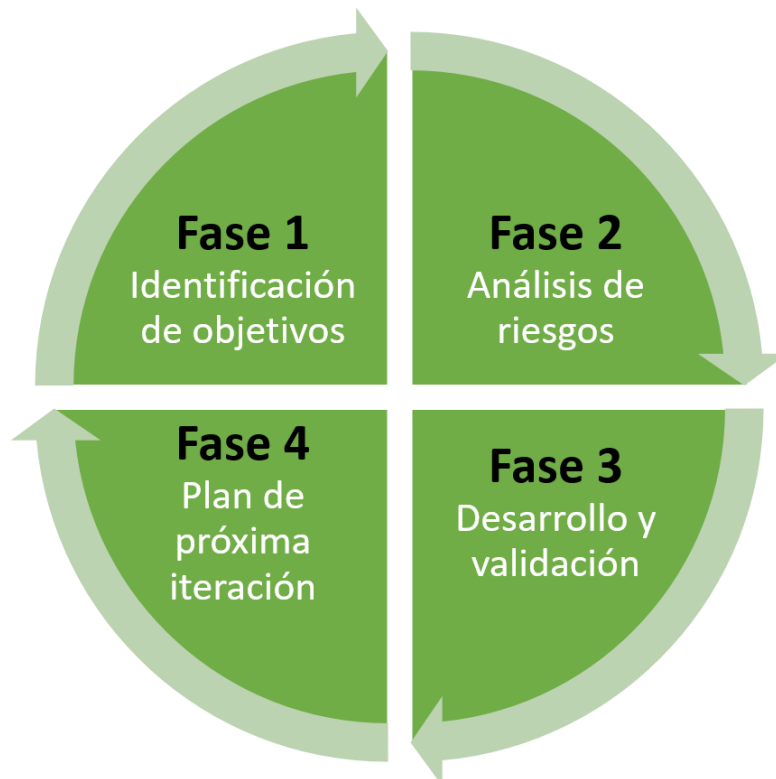


Figura 20. Fases del Modelo en Espiral para desarrollo de software.

## CAPÍTULO 4. RESULTADOS

La creación del prototipo didáctico establecida en los objetivos de la presente investigación implica el desarrollo de un instrumento virtual (software) en LabVIEW que permite al usuario la interacción entre un sensor ultrasónico tipo HC-SR04 y un objeto para generar en tiempo real la representación gráfica de una función que involucra las variables distancia y tiempo.

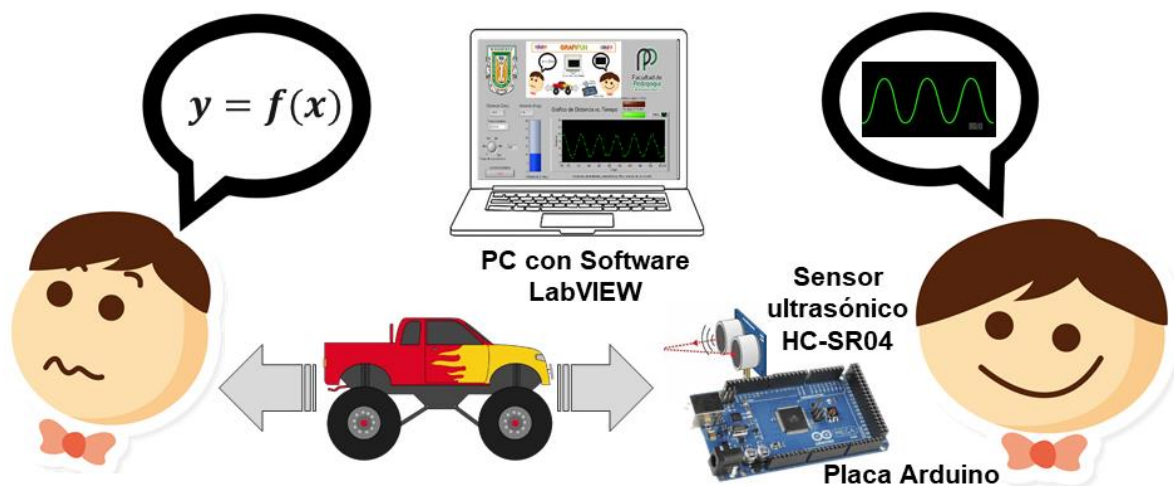


Figura 21. Resumen gráfico sobre características principales del prototipo didáctico. Elaboración propia.

A continuación, se describen los detalles de las 3 fases de acción desarrolladas.

### 4.1 Fase de acción 1. Diseño y desarrollo de prototipo didáctico

#### 4.1.1 Identificación de objetivos y requisitos

El desarrollo del prototipo didáctico inicia con la definición de objetivos específicos y la identificación de las necesidades tanto de los estudiantes como de los docentes, quienes serían los usuarios finales del instrumento virtual. Este proceso permite orientar el diseño hacia la creación de un recurso que promueve la resignificación del concepto matemático de función de una variable, facilitando su comprensión desde un enfoque interactivo y práctico.

Los objetivos principales establecidos son:

- Facilitar la comprensión gráfica y conceptual de las funciones matemáticas mediante una representación dinámica e interactiva.
- Incrementar la motivación y el interés de los estudiantes hacia las matemáticas al utilizar herramientas tecnológicas innovadoras.
- Promover el aprendizaje autónomo y colaborativo a través de prácticas guiadas que involucran experimentación directa con el prototipo.
- Fomentar la interdisciplinariedad al integrar principios de matemáticas, física y tecnología bajo el modelo STEAM, mostrando aplicaciones prácticas de los conceptos.

En cuanto a las características del software, su funcionamiento se basa en un contexto ficticio, donde se involucra el uso de un automóvil de juguete y es necesario medir la distancia (en centímetros) que existe entre el objeto y el sensor ultrasónico HC-SR04 (situado en un sitio referencia) conforme avanza el tiempo; de esta manera, distancia y tiempo son las dos variables involucradas en la función matemática a modelar mediante el prototipo didáctico.

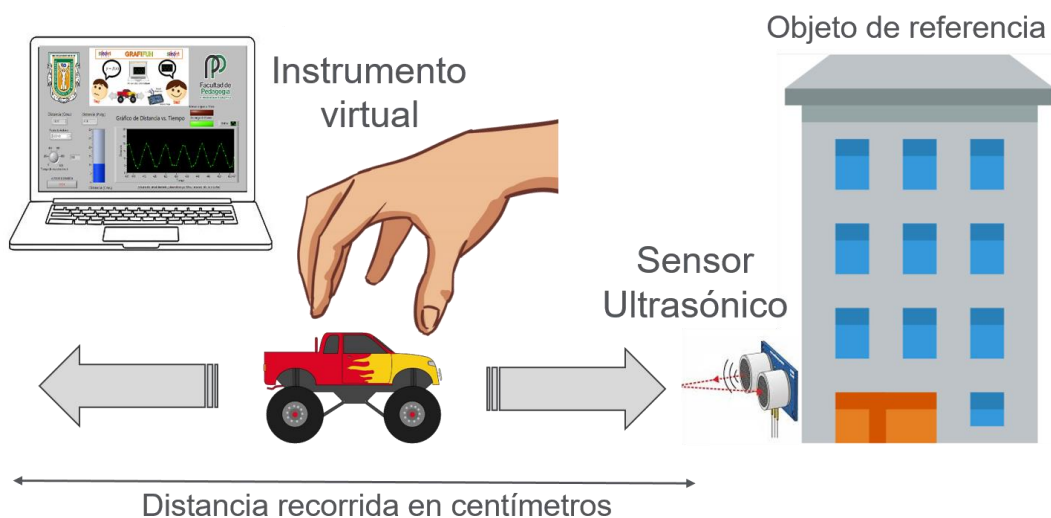


Figura 22. Interacción entre objeto y referencia en prototipo didáctico. Elaboración propia.

Sobre los requisitos del software, se establecieron dos categorías principales:  
Requisitos funcionales:

- El instrumento debe mostrar numérica y gráficamente los datos generados por la interacción de un sensor ultrasónico HC-SR04 conectado a una tarjeta Arduino.

- La interfaz gráfica debe permitir el ajuste del muestreo, es decir, la velocidad de captura de datos.
- El software debe ser capaz de operar en computadoras personales y portátiles con sistema operativo Windows, sin la necesidad obligada de contar con LabVIEW, asegurando accesibilidad y facilidad de uso.
- La interfaz debía ser intuitiva, con elementos visuales claros que facilitaran su adopción por parte de usuarios con experiencia limitada en herramientas tecnológicas avanzadas.

Requisitos no funcionales:

- El software debe ser compatible con entornos educativos, posibilitando su operación de manera eficiente en sesiones prácticas dentro de aulas o laboratorios.
- El prototipo debe ser portable y reproducible, permitiendo su implementación en diferentes instituciones educativas.
- Su diseño debe garantizar estabilidad y bajo margen de error en la recopilación y procesamiento de datos.
- Debe alinearse con los principios del enfoque STEAM, integrando tecnología y ciencias en el aprendizaje matemático.

Este proceso de identificación de objetivos y requisitos fue fundamental para orientar el diseño del prototipo y asegurar su cumplimiento con las expectativas pedagógicas y funcionales, maximizando su impacto en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas.

#### 4.1.2 Análisis de riesgos y prototipado

En esta etapa se llevó a cabo un análisis de los posibles riesgos relacionados tanto con la creación como con el uso del prototipo didáctico. Este análisis fue fundamental para anticipar problemas técnicos, pedagógicos y operativos que pudieran afectar su implementación en el aula. Entre los principales riesgos identificados se destacaron:

- Compatibilidad con diferentes sistemas operativos. Aunque LabVIEW es una herramienta robusta, su correcto funcionamiento depende de la instalación de

controladores específicos y versiones compatibles del software. Para evitar limitar su operatividad en equipos con configuraciones desactualizadas o sistemas operativos no soportados, se probaron los prototipos en diversas configuraciones de hardware y software.

- Facilidad de uso para los usuarios finales. Se desarrolló una interfaz intuitiva basada en iconografía clara y opciones fácilmente accesibles, priorizando una experiencia positiva para estudiantes y docentes sin experiencia previa con herramientas tecnológicas avanzadas. Además, se diseñaron materiales complementarios, como manuales y guías de uso, para facilitar el aprendizaje y manejo del prototipo.
- Integración de hardware y software. Fue crítico asegurar una conexión entre la tarjeta Arduino Mega 2560, el sensor ultrasónico HC-SR04 y el software LabVIEW sin riesgos de inestabilidad e imprecisión en la recopilación de datos. Por lo anterior, se implementaron pruebas repetitivas durante el desarrollo inicial para garantizar que los datos capturados fueran confiables.
- Escalabilidad y portabilidad: Se identificó el riesgo de que el prototipo no pudiera ser replicado en otros entornos educativos debido a la disponibilidad limitada de los componentes utilizados. Para contrarrestar esto, se seleccionaron materiales accesibles y de bajo costo, con la intención de facilitar su implementación en instituciones educativas con recursos limitados.

En paralelo al análisis de riesgos, se desarrollaron prototipos preliminares utilizando LabVIEW. Estas primeras versiones se centraron en implementar las funcionalidades básicas, como la captura de datos a través del sensor ultrasónico, el procesamiento de esos datos y la generación de gráficas interactivas de funciones matemáticas lineales. Estas versiones iniciales permitieron evaluar la viabilidad técnica del diseño, la estabilidad de la integración hardware-software y la experiencia del usuario mediante pruebas piloto con docentes y estudiantes.

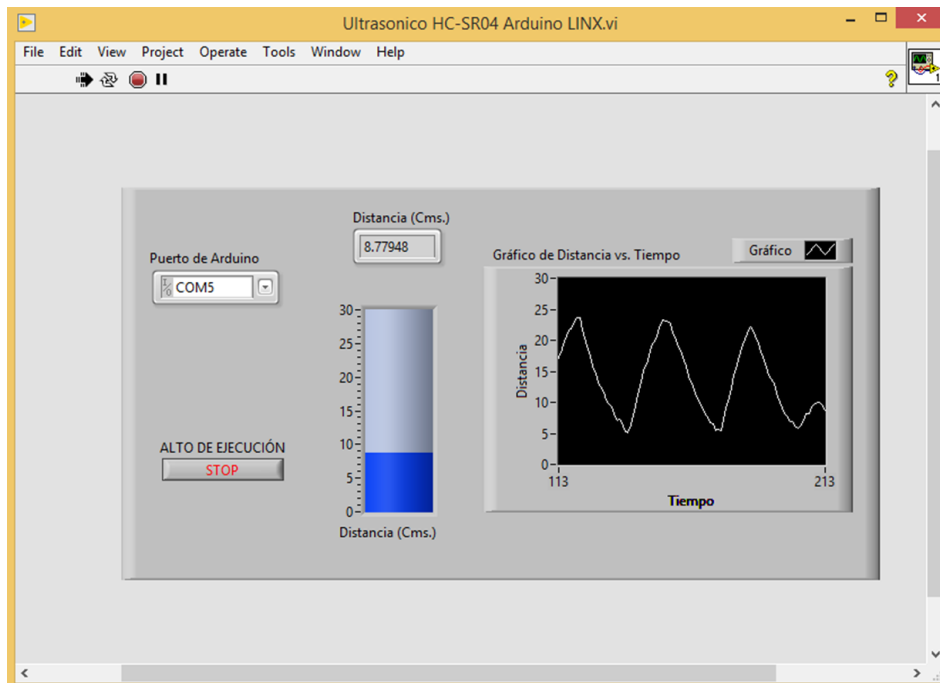


Figura 23. Interfaz gráfica de prototipo preliminar para análisis de riesgos. Elaboración propia.

Los prototipos se ajustaron iterativamente conforme se detectaban áreas de mejora, siguiendo los principios del modelo en espiral, lo que permitió refinar las funcionalidades y optimizar el diseño antes de avanzar hacia una versión final. Este proceso no sólo minimizó riesgos potenciales, sino que también garantizó que el prototipo final cumpliera con las necesidades específicas de los usuarios finales y los objetivos del proyecto.

#### 4.1.3 Desarrollo y validación de prototipo didáctico

La etapa de desarrollo y validación se llevó a cabo como un proceso iterativo que permitió incorporar retroalimentación constante de pruebas realizadas en etapas preliminares. Es aquí donde se implementan características fundamentales del prototipo, como la captura de datos en tiempo real mediante el sensor ultrasónico HC-SR04, el procesamiento de los datos con la tarjeta Arduino Mega 2560 y su representación gráfica interactiva en el entorno de LabVIEW. Este diseño permite modelar funciones matemáticas de manera visual, facilitando el análisis conceptual hacia los estudiantes.

## Selección de LabVIEW para el diseño y desarrollo de instrumentos virtuales

La selección de LabVIEW para el diseño y desarrollo del prototipo didáctico se justifica por sus múltiples ventajas técnicas y pedagógicas, convirtiéndose en una herramienta ideal para el desarrollo de materiales educativos interactivos. Gracias a su entorno de programación basado en diagramas de bloques, a su interfaz gráfica intuitiva y a su amplia gama de herramientas, se posibilita la representación visual de conceptos abstractos, tales como las funciones matemáticas, logrando que estos sean más comprensibles para los estudiantes.

Su capacidad para integrar hardware externo, como la tarjeta Arduino Mega 2560 y el sensor ultrasónico HC-SR04, permite a LabVIEW capturar y procesar datos en tiempo real para generar representaciones gráficas, característica clave para los objetivos de la presente investigación. Además, su capacidad y versatilidad para simular y analizar fenómenos matemáticos y físicos refuerza su pertinencia a un enfoque educativo STEAM.

Asimismo, al ser una herramienta ampliamente utilizada y reconocida en el ámbito industrial, el uso de LabVIEW aporta un valor agregado al prototipo didáctico, posicionándolo dentro de estándares profesionales y educativos de alto impacto.

### Sensor ultrasónico HC-SR04 para medición de distancias

El sensor ultrasónico HC-SR04 es un dispositivo ampliamente utilizado en proyectos de electrónica y robótica para la medición de distancias, debido a su precisión, facilidad de uso y bajo costo. Este sensor opera bajo el principio de emisión y recepción de ondas ultrasónicas a una frecuencia de 40 kHz, lo que permite determinar la distancia a un objeto a través del tiempo que tardan las ondas en viajar desde el sensor hacia el objeto y regresar tras ser reflejadas. Su funcionamiento se basa en la activación del pin "TRIG", que inicia la emisión de un tren de pulsos ultrasónicos, y el pin "ECHO", que genera una señal proporcional al tiempo transcurrido hasta que las ondas son detectadas nuevamente.

La distancia se calcula mediante la fórmula:

$$distancia = \frac{(tiempo\ de\ ida\ y\ vuelta) (velocidad\ del\ sonido)}{2}$$

considerando que la velocidad del sonido es aproximadamente 343 m/s en condiciones normales. El HC-SR04 tiene un rango de medición de 2 a 400 cm, una precisión de  $\pm 3$  mm y un ángulo de detección cercano a los 15°.

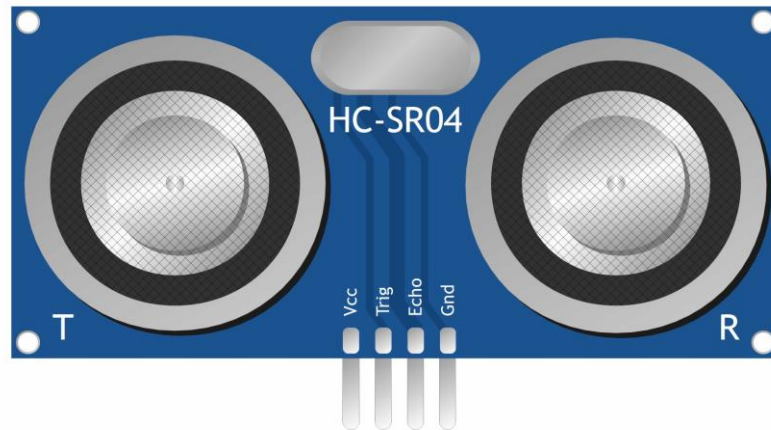


Figura 24. Imagen de sensor ultrasónico HC-SR04. Arduino 2024.

Este sensor ha encontrado aplicaciones en diversos campos, tales como la robótica para evitar obstáculos, sistemas de aparcamiento, medición de niveles en tanques y proyectos educativos que combinan tecnología y programación. Por su compatibilidad con microcontroladores como Arduino y Raspberry Pi, el HC-SR04 se ha consolidado como una herramienta didáctica y tecnológica idónea para la enseñanza y la implementación de sistemas interactivos en contextos educativos y de investigación.

Por sus mencionadas características que le permiten capturar mediciones de distancia en tiempo real, el sensor ultrasónico HC-SR04 es uno de los elementos protagónicos del prototipo didáctico. Conectado a una placa controladora Arduino Mega 2560, y el uso de LabVIEW es posible calcular y mostrar digitalmente la distancia aproximada en centímetros existente entre un objeto y la posición del sensor ultrasónico, tal como se muestra en la siguiente figura.

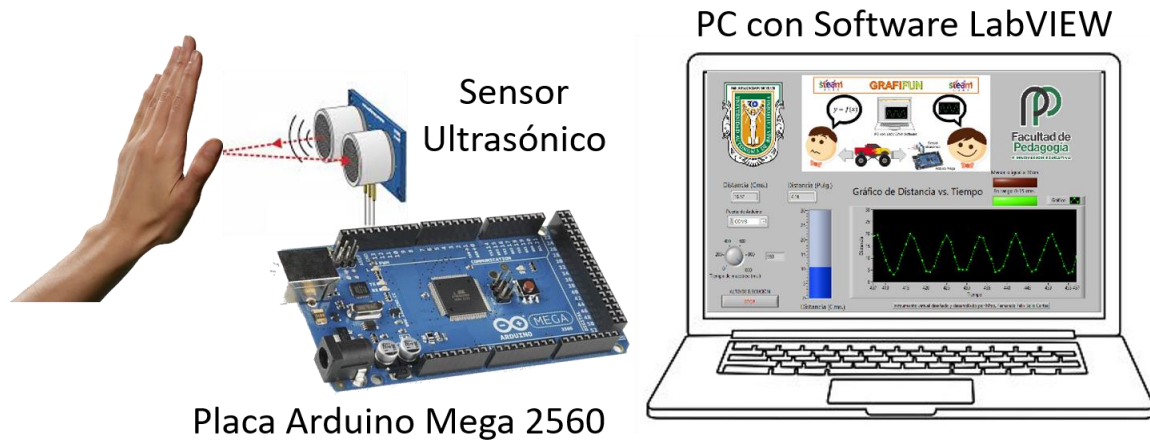


Figura 25. Diagrama general de funcionamiento del sensor HC-SR04. Elaboración propia.

### Desarrollo del prototipo didáctico mediante instrumentos virtuales

El desarrollo del prototipo didáctico se ha basado en el uso de LabVIEW para el desarrollo de instrumentos virtuales, aprovechando su capacidad para crear entornos interactivos que permiten visualizar y analizar datos en tiempo real. Esta herramienta facilitó la integración de hardware, como la tarjeta Arduino Mega 2560 y el sensor ultrasónico HC-SR04, para recopilar datos experimentales y representarlos gráficamente de manera dinámica. Gracias a su enfoque de programación basado en diagramas de bloques, LabVIEW proporcionó una plataforma intuitiva y flexible, adecuada para implementar iteraciones del prototipo bajo el modelo de espiral, permitiendo realizar ajustes progresivos durante su desarrollo.

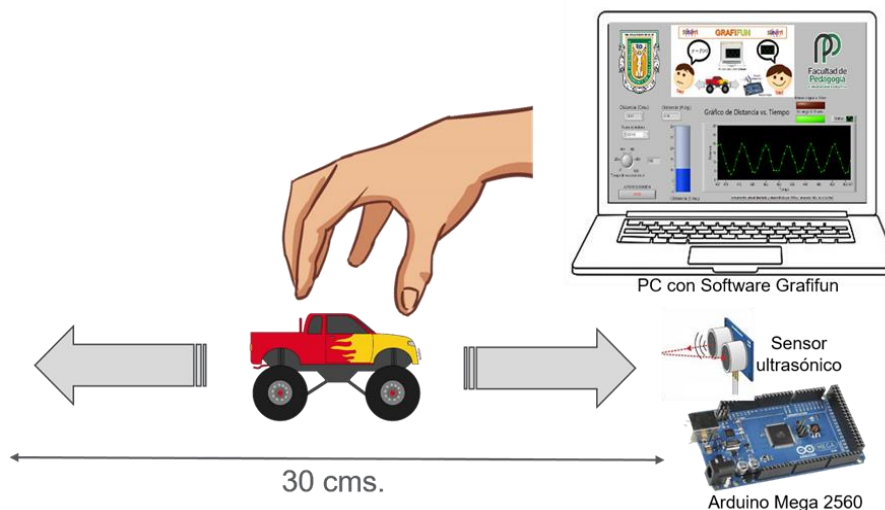


Figura 26. Diagrama general de funcionamiento del prototipo didáctico. Elaboración propia.

Durante su desarrollo, se atendieron los objetivos y requisitos principales establecidos en la fase inicial, por lo que ha sido necesario incorporar en el diagrama de bloques de LabVIEW las siguientes características específicas:

- Las funciones propias de LabVIEW y MakerHub LINX para iniciar y cerrar conexión con Arduino mediante un puerto de comunicación.
- La configuración de los puertos digitales 2 y 3 en la placa Arduino para la lectura del sensor ultrasónico HC-SR04
- La incorporación de un botón de alto de ejecución.
- El uso de un indicador numérico y gráfico del valor de distancia capturado en unidades de centímetros y pulgadas.
- Una perilla que permite ajustar los tiempos de captura de los valores de distancia.
- La graficación en tiempo real de las variables distancia vs. tiempo.

El diagrama de bloques del instrumento virtual con las características enlistadas se muestra en la siguiente figura.

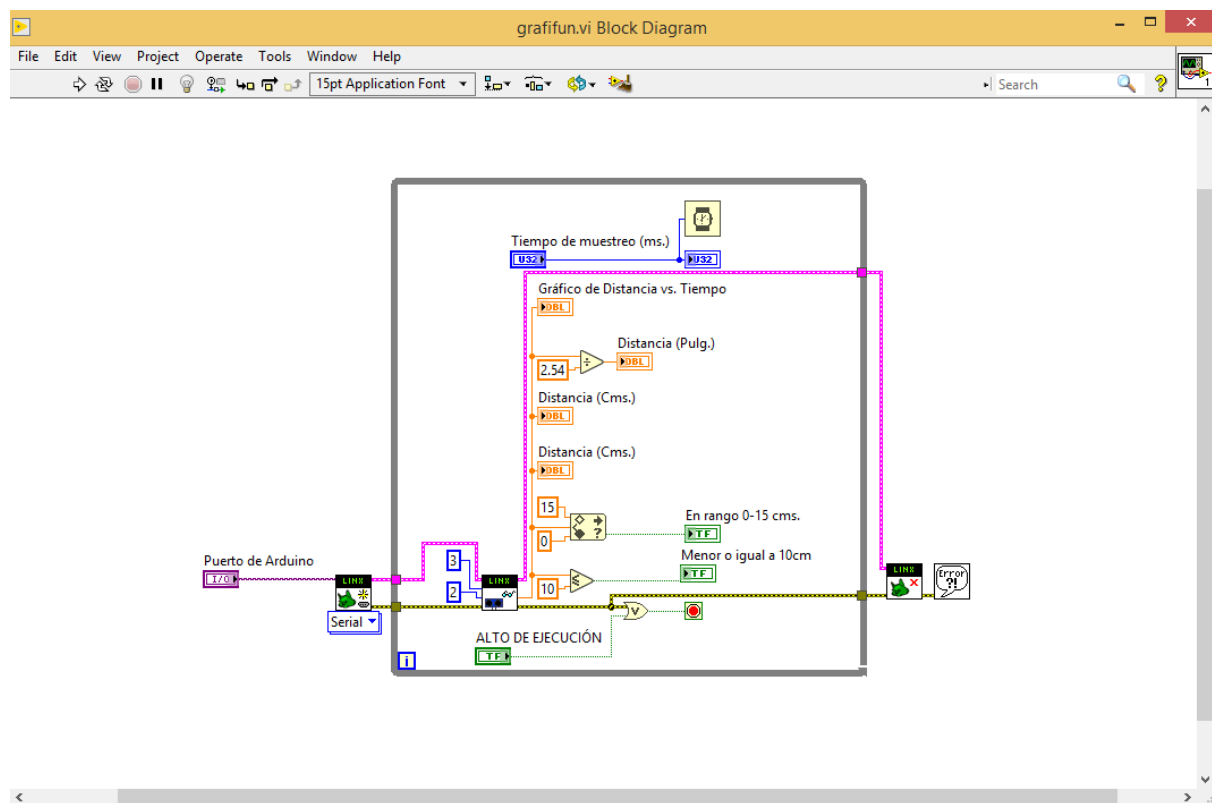


Figura 27. Diagrama de bloques en LabVIEW del Instrumento virtual para la medición de distancias.

Es importante recordar que al utilizar LabVIEW para el desarrollo de instrumentos virtuales, todo diagrama de bloques se complementa de un panel frontal, donde se muestra la interfaz gráfica del usuario (compuesta de botones, palancas, gráficas, indicadores, selectores, etc.) permitiendo la ejecución e interacción con el instrumento virtual creado.

Para comprobar la funcionalidad del diagrama de bloques desarrollado es necesario realizar las conexiones físicas entre el sensor ultrasónico, la placa Arduino 2560 (conexión de voltaje, tierra y puertos digitales 2 y 3), así como la conexión vía USB con la computadora donde reside LabVIEW. Para lograrlo es necesario utilizar una placa de pruebas electrónicas, donde se conectan fácilmente todos los componentes ya mencionados. La energía eléctrica que requiere la placa electrónica Arduino para su funcionamiento, es suministrada a través de la conexión USB con la computadora utilizada.

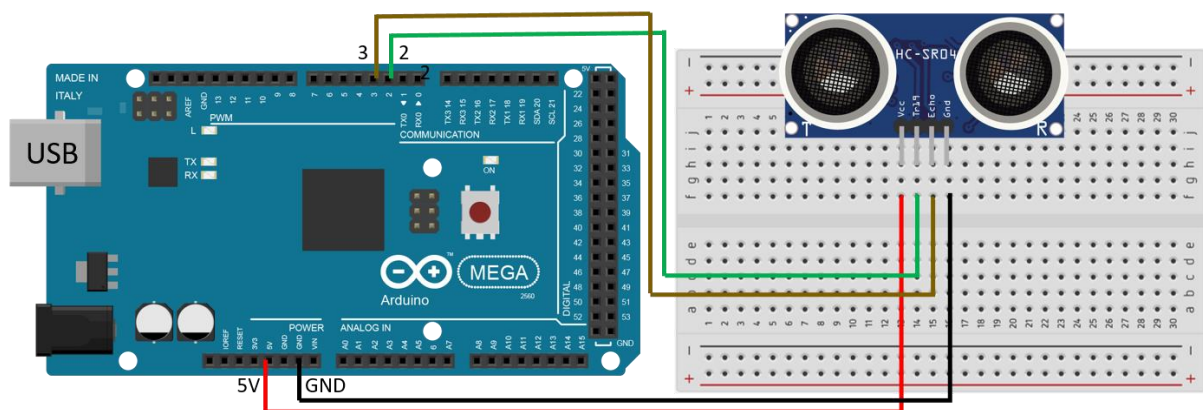


Figura 28. Diagrama de conexiones físicas entre placa Arduino y sensor HC-SR04. Elaboración propia.

Una vez aseguradas las conexiones físicas correspondientes, es posible ejecutar el instrumento virtual para interactuar con el mismo. La interfaz gráfica básicamente muestra:

1. El puerto de conexión entre Arduino y la computadora (COM).
2. El valor numérico de distancia en centímetros y pulgadas.
3. Un indicador gráfico de nivel.
4. Un botón de alto para la ejecución.
5. El gráfico en tiempo real entre los valores de distancia y tiempo.

6. Botón de configuración para la visualización gráfica de datos.
7. Una perilla para ajustar la velocidad de captura de datos.

El instrumento virtual desarrollado fue nombrado *Grafifun*, haciendo alusión a las palabras clave gráfica y función. Una imagen de la interfaz gráfica de *Grafifun* se muestra a continuación.



Figura 29. Interfaz gráfica del Instrumento virtual creado y nombrado *Grafifun*.

#### 4.1.4 Planificación de la próxima iteración

La planificación de las iteraciones en el desarrollo de *Grafifun* fue un aspecto clave para garantizar la mejora continua del prototipo didáctico. Este proceso se llevó a cabo evaluando los resultados obtenidos y definiendo las mejoras necesarias para la siguiente fase. En el aspecto técnico se presentaron dificultades relacionadas a una incompatibilidad de la librería MakerHub LINX con el sensor ultrasónico HC-SR04; sin embargo mediante una configuración adicional de los parámetros de entrada fue posible su correcto funcionamiento.

En el aspecto operacional, una vez que se confirmó la funcionalidad del prototipo didáctico *Grafifun*, fue necesario generar un archivo instalador que permite su funcionalidad en cualquier computadora, aunque no cuente con la versión completa del programa computacional LabVIEW. Para lograr lo anterior fue necesario utilizar la función llamada LabVIEW Application Builder, definida como un módulo de

software que proporciona herramientas para crear e implementar aplicaciones autónomas desarrolladas en LabVIEW.

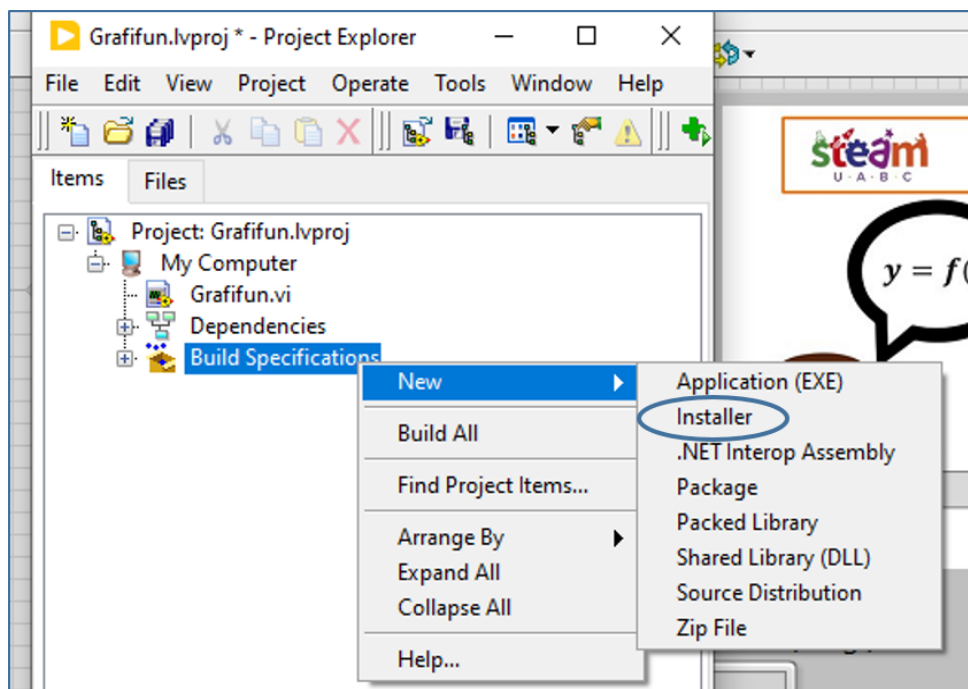


Figura 30. Proceso de generación de archivo instalador de *Grafifun* utilizando Application Builder.

Una vez creado el instalador, se puede utilizar en una computadora de escritorio o portátil con sistema Windows; solo será necesario ejecutar el archivo titulado Install para que inicie el proceso de instalación. Una vez instalado correctamente *Grafifun*, se puede localizar su ícono de ejecución en el folder que haya seleccionado como destino.

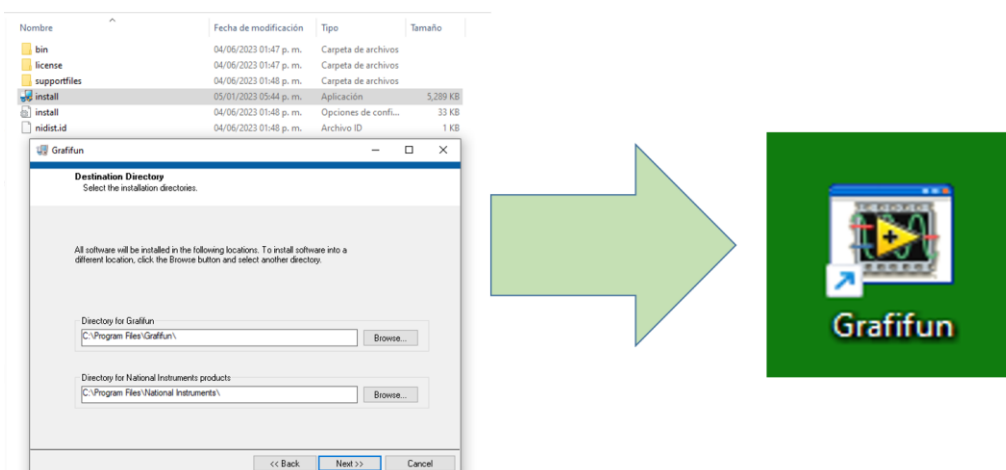


Figura 31. Proceso de instalación de *Grafifun*. Elaboración propia.

La realización de pruebas experimentales en la etapa de próxima iteración es fundamental dentro del modelo en espiral, ya que permite validar y optimizar el prototipo didáctico, garantizando su correcto funcionamiento técnico y su efectividad pedagógica.

Estas pruebas permiten corroborar la interacción entre los componentes del sistema, como el sensor ultrasónico HC-SR04, la placa Arduino Mega 2560 y *Grafifun*, identificando posibles errores en la calibración, transmisión de datos o visualización gráfica. Al mismo tiempo, las pruebas experimentales proporcionan una evaluación pedagógica, observando cómo los usuarios interactúan con el recurso y asegurando que facilite la resignificación de conceptos matemáticos como las funciones lineales y el lenguaje variacional.

Además, estas pruebas permiten recopilar retroalimentación real que guía los ajustes necesarios en el prototipo y los materiales complementarios, optimizando su usabilidad y comprensión en contextos educativos. Detectar fallas potenciales de manera temprana reduce riesgos y costos, al tiempo que asegura la robustez y efectividad del prototipo antes de su implementación definitiva en el aula.

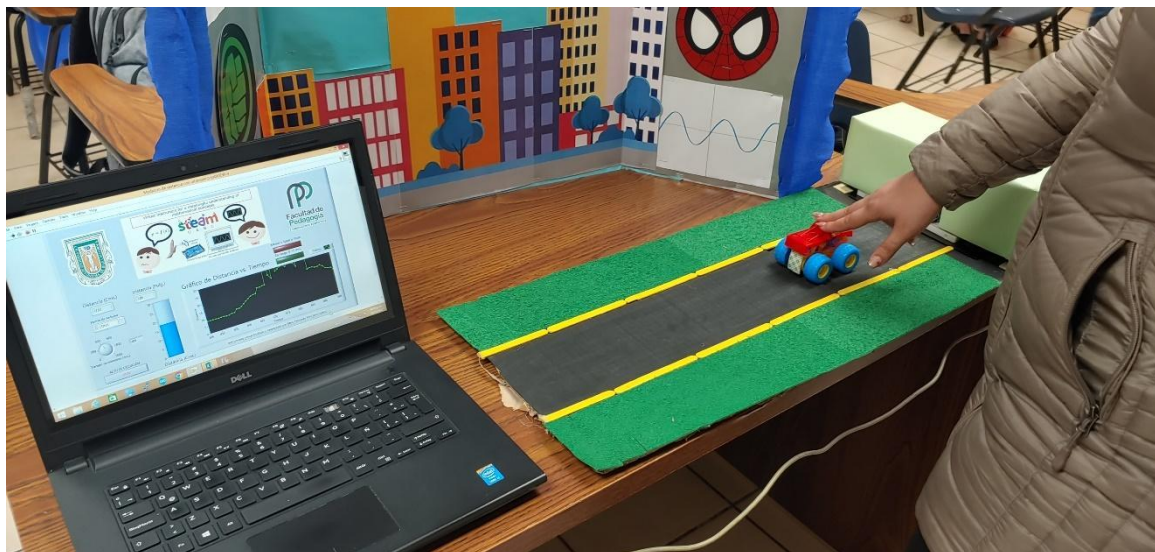


Figura 32. Prototipo didáctico *Grafifun* en fase experimental.

## 4.2 Fase de acción 2. Elaboración de materiales didácticos complementarios

### 4.2.1 Desarrollo de secuencia didáctica

De acuerdo a Díaz Barriga (2013) la elaboración de una secuencia didáctica es una tarea importante para organizar situaciones de aprendizaje que se desarrollarán en el trabajo de los estudiantes; el debate didáctico actual destaca la importancia del rol del docente en la planificación de actividades organizadas de manera secuencial, diseñadas para crear un ambiente propicio para el aprendizaje y enfocadas específicamente en promover el desarrollo de los conocimientos y habilidades de los estudiantes.

La secuencia didáctica es el resultado de establecer una serie de actividades de aprendizaje que tengan un orden interno entre sí; con ello se parte de la intención docente de recuperar aquellas nociones previas que tienen los estudiantes sobre un hecho, vincularlo a situaciones problemáticas y de contextos reales con el fin de que la información a la que va acceder el estudiante en el desarrollo de la secuencia sea significativa (Vera, 2022). Es decir, tenga sentido y pueda abrir un proceso de aprendizaje; la secuencia demanda que el estudiante realice cosas, no ejercicios rutinarios o monótonos, sino acciones que vinculen sus conocimientos y experiencias previas, con alguna interrogante que provenga de lo real y con información sobre un objeto de conocimiento.

#### Teoría de aprendizaje significativo

Una de las deficiencias que se presenta frecuentemente en alumnos que se encuentran cursando asignaturas del área de las ciencias exactas consiste en poseer conocimientos generados bajo un esquema memorístico o aprendizaje mecánico, lo cual no ha permitido establecer un aprendizaje verdaderamente significativo en el estudiante. Es decir, de acuerdo a la teoría de aprendizaje significativo establecida por David Ausubel (1983), no se ha logrado en su totalidad que el nuevo conocimiento adquirido enriquezca y fortalezca su estructura cognitiva.

En atención a lo anterior, los siguientes postulados son críticos en el desarrollo de una secuencia didáctica para el uso del prototipo didáctico *Grafifun*:

- Tomar en cuenta las estructuras cognitivas previas de los alumnos.
- Vincular una nueva información con un concepto relevante pre-existente en una estructura cognitiva.
- Tomar en cuenta los inclusores que ya se traen en la estructura cognitiva del alumno y que permite aprender la nueva información.
- Transmisión de conocimientos significativos que pueda usar el alumno considerando su estructura cognitiva y las ideas de anclaje para que pueda conectarlas con la nueva información de manera significativa.
- Se debe percibir las modificaciones y evoluciones de la nueva información.

A continuación, se presenta una estructura básica de secuencia didáctica que se encuentra basada en la perspectiva teórica del aprendizaje significativo de David Ausubel (Barraza, 2020).

<b>Características básicas de una Secuencia Didáctica basada en la perspectiva teórica del aprendizaje significativo de David Ausubel</b>		
<b>Escuela:</b>	<b>Profr. (a)</b>	<b>Periodo:</b>
<b>Asignatura:</b>	<b>Grupo y grado:</b>	<b>Tema:</b>
<b>Competencia:</b>		
<b>Aprendizaje esperado:</b>		
<b>Recursos y materiales:</b>		
<b>Papel del docente:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tener en cuenta que durante el desarrollo de las actividades el docente dirige.</li> <li>• Se puede apoyar el aprendizaje significativo con el aprendizaje mecánico (memorización) si así lo requiere el tema a trabajar.</li> </ul>		<b>Papel del alumno:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El alumno es receptor de la información del tema</li> <li>• Debe haber disposición por parte del alumno para aceptar el aprendizaje significativo.</li> </ul>
<b>Inicio de Secuencia Didáctica</b>		
<b>Postulados</b>	<b>Actividades</b>	
Tomar en cuenta estructuras cognitivas previas (lo que el alumno ya sabe, sus conocimientos previos sobre el tema).	El docente dirige estrategias para darse cuenta de los saberes previos que el alumno tenga sobre el tema.	
<b>Desarrollo de Secuencia Didáctica</b>		
<b>Postulados</b>	<b>Actividades</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vincular una nueva información con un concepto relevante pre-existente en una estructura cognitiva.</li> </ul>	El docente es el que da a conocer el contenido del tema, dirige la clase en todo momento por medio de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposiciones del tema</li> <li>• Uso de un mapa conceptual</li> </ul>	

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tomar en cuenta los inclusores y/o conceptos que ya trae en la estructura cognitiva de los alumnos y que les permiten aprender la nueva información.</li> <li>• Transmisión de conocimientos significativos que pueda usar el alumno considerando su estructura cognitiva y las ideas de anclaje para que pueda conectarlas con la nueva información de manera no lineal y significativa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de una línea del tiempo</li> </ul>
Cierre de secuencia didáctica	
Postulados	Actividades
Se debe percibir las modificaciones y evolución de la nueva información; la nueva información modifica la estructura cognitiva y fortalecer las debilidades encontradas.	Reflexionar a través de un examen escrito si los alumnos ampliaron los conceptos y modificaron su aprendizaje.
Adecuaciones curriculares	Se realizan cuando un alumno requiere mayor apoyo para lograr ampliar los conceptos sobre lo trabajado
Evaluación	Observar si los alumnos lograron ampliar los conceptos trabajados y/o relacionar la información nueva con la ya existente mediante preguntas directas al alumno durante el desarrollo de la clase y/o al finalizar la secuencia didáctica por medio de examen escrito, rúbrica o lista de cotejo.

Con base en la propuesta anterior, se presenta una secuencia didáctica para promover una resignificación sobre la representación gráfica de funciones matemáticas utilizando como referencia el prototipo didáctico digital llamado *Grafifun*.

Desarrollo de Secuencia Didáctica para promover una resignificación sobre la representación gráfica de funciones matemáticas		
<b>Escuela:</b> Escuela Preparatoria #XX	<b>Prof.</b> Mtro. Fernando Félix Solís Cortés	<b>Periodo:</b> 2025-1
<b>Asignatura:</b> Matemáticas	<b>Grupo y grado:</b> Cuarto semestre	<b>Tema:</b> Representación gráfica de funciones matemáticas
<b>Competencia:</b>	Analizar la representación gráfica de funciones matemáticas mediante un recurso digital interactivo para identificar la relación entre sus variables involucradas	
<b>Aprendizaje esperado:</b>	Identificación de funciones matemáticas mediante diversos tipos de representación semiótica.	

<b>Recursos y materiales:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Recurso didáctico digital <i>Grafifun</i> y sus componentes básicos (Arduino Mega 2560 y sensor HC-SR04)</li> <li>● Manual de práctica para estudiantes del recurso didáctico digital <i>Grafifun</i></li> <li>● Computadora portátil por equipo</li> </ul>
<b>Inicio de Secuencia Didáctica</b>	
<b>Postulados</b>	<b>Actividades</b>
<p>Tomar en cuenta estructuras cognitivas previas (lo que el alumno ya sabe, sus conocimientos previos sobre el tema).</p>	<p>Asegurar que previamente a la sesión se hayan explicado los conceptos teóricos de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Función matemática</li> <li>● Variable</li> <li>● Dominio y codominio</li> <li>● Plano cartesiano</li> <li>● Representaciones de una función: algebraica, numérica y gráfica</li> </ul> <p>Activación de conocimientos previos a través de las siguientes preguntas de exploración hacia el grupo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Explica en tus propias palabras ¿qué es una función matemática?</li> <li>- ¿Qué es una variable? Mencionar un ejemplo cotidiano</li> <li>- ¿Cómo se genera la gráfica de una función?</li> <li>- ¿Por qué el tiempo es una de las variables independientes más utilizadas en gráficos de funciones?</li> <li>- ¿Quién determina la escala más adecuada para cada una de las variables involucradas?</li> </ul>
<b>Desarrollo de Secuencia Didáctica</b>	
<b>Postulados</b>	<b>Actividades</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Vincular una nueva información con un concepto relevante pre-existente en una estructura cognitiva.</li> <li>● Tomar en cuenta los inclusores y/o conceptos que ya trae en la estructura cognitiva de los alumnos y que les permiten aprender la nueva información.</li> <li>● Transmisión de conocimientos significativos que pueda usar el alumno considerando su estructura cognitiva y las ideas de anclaje para que pueda conectarlas con la nueva información de manera no lineal y significativa.</li> </ul>	<p>El maestro explica, con apoyo del recurso didáctico digital <i>Grafifun</i>, la generación de distintas gráficas de funciones matemáticas relacionadas a un escenario que involucra las variables Distancia vs. Tiempo.</p> <p>La actividad es en equipos. Cada equipo tendrá a su disposición un recurso didáctico <i>Grafifun</i> para interactuar y generar en tiempo real sus propios gráficos de funciones matemáticas.</p> <p>El equipo se apoyará en el <i>Manual de práctica para estudiantes de Grafifun</i> para identificar la</p>

	relación matemática gráfica entre las variables involucradas.
<b>Cierre de secuencia didáctica</b>	
<b>Postulados</b>	<b>Actividades</b>
Se debe percibir las modificaciones y evolución de la nueva información; la nueva información modifica la estructura cognitiva y fortalecer las debilidades encontradas.	Reflexionar a través del uso del recurso didáctico <i>Grafifun</i> como se pueden replicar diversas representaciones gráficas de funciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>● Constantes</li> <li>● Lineales</li> <li>● Periódicas</li> </ul> Así como también discutir en equipo cómo se relaciona la representación gráfica con su representación numérica y algebraica.
<b>Adecuaciones curriculares</b>	Se realizan cuando un alumno requiere mayor apoyo para lograr ampliar los conceptos sobre lo trabajado
<b>Evaluación</b>	Mediante las actividades establecidas en el Manual de prácticas del estudiante de <i>Grafifun</i> .

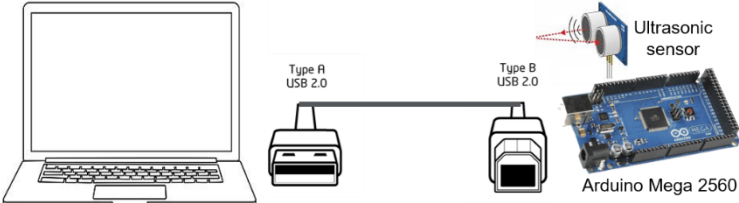
Cabe mencionar que esta secuencia didáctica hace uso del manual de prácticas del estudiante del dispositivo didáctico *Grafifun*, en donde se encuentra una secuencia de arranque, así como las actividades específicas que deben llevar a cabo los estudiantes.

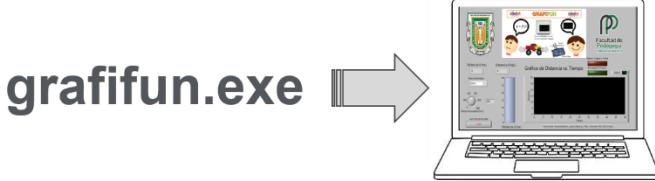
#### 4.2.2 Desarrollo del manual de prácticas del estudiante

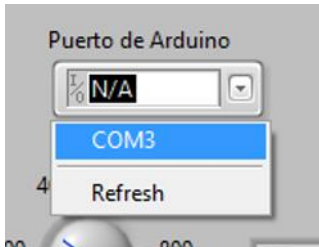
El manual diseñado y desarrollado básicamente consiste en los siguientes apartados: elementos básicos que componen el recurso didáctico digital *Grafifun*, introducción, instrucciones de arranque, instrucciones de operación, reto matemático en equipo y reflexiones finales.

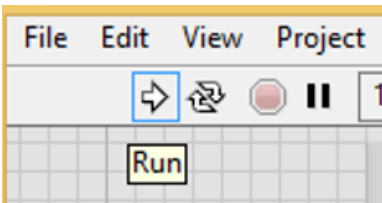
Manual de Prácticas del Estudiante – Dispositivo didáctico digital <i>Grafifun</i>		
Elementos básicos que componen el recurso didáctico digital <b><i>Grafifun</i></b>		Placa Arduino Mega 2560 y Sensor Ultrasónico HC-SR04 instalados en placa de pruebas electrónica
		Cable USB del tipo AB
		Computadora portátil con programa computacional grafifun.exe
		Automóvil de juguete
<b>Introducción</b>		
<p><b><i>Grafifun (graficación de funciones)</i></b> es un recurso didáctico digital basado en tecnología Arduino, que permite a sus usuarios analizar interactivamente la representación gráfica de funciones matemáticas que involucran las variables <u><i>distancia</i></u> <u><i>vs. tiempo</i></u></p>		

## Instrucciones de arranque

<p><u>Paso 1.</u> Conecta el cable USB tipo AB a la computadora portátil (tipo A) y a la placa Arduino (tipo B).</p>	
--	--

<p><u>Paso 2.</u> Prende la computadora portátil y ejecuta el archivo <b>grafifun.exe</b></p>	
---	--

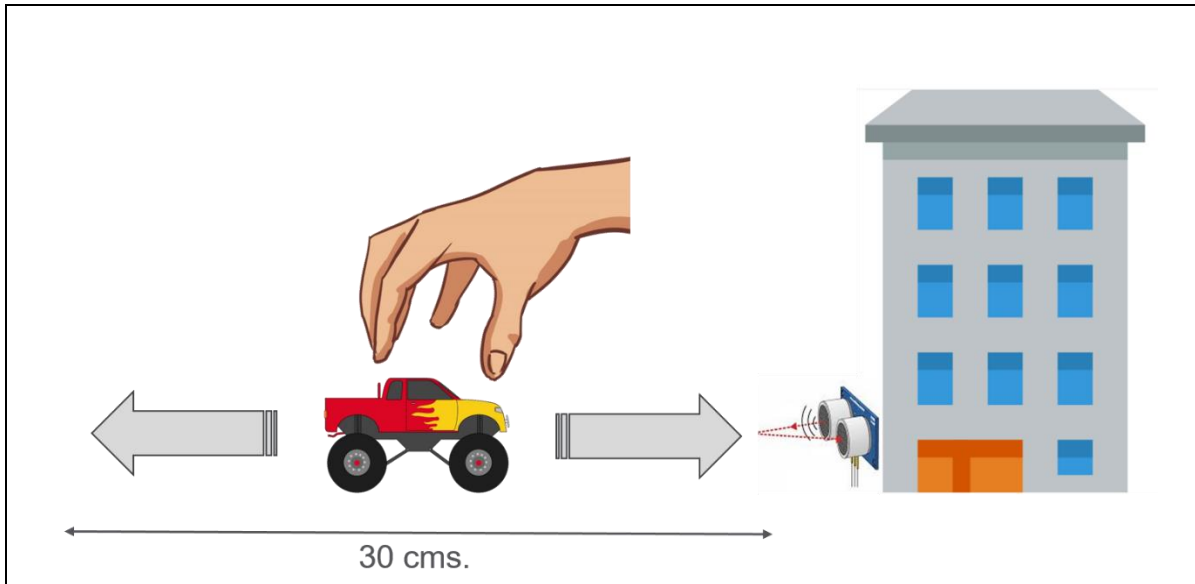
<p><u>Paso 3.</u> Una vez dentro del programa <b>Grafifun</b>, selecciona el puerto de comunicación COM con la tarjeta Arduino.</p>	
---	---

<p><u>Paso 4.</u> Inicia el programa <b>Grafifun</b> presionando el botón "Run" que se encuentra en la parte superior izquierda de la pantalla.</p>	
---	--

## Instrucciones de operación

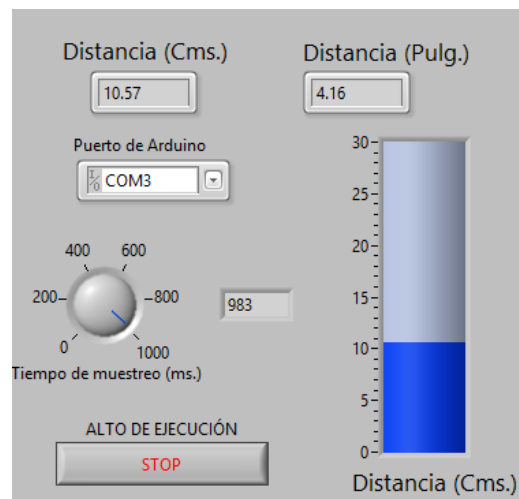
Básicamente **Grafifun** mide la distancia entre 2 objetos; uno de estos objetos es un automóvil de juguete y el otro es un edificio (dentro del que se encuentra la placa Arduino y el sensor ultrasónico HC-SR04, componente que se encarga de llevar a cabo las mediciones de distancia en tiempo real).

El usuario puede mover con su mano el automóvil hacia adelante o hacia atrás (movimiento exclusivamente en línea recta hacia el sensor ultrasónico) y mediante **Grafifun**, en la pantalla de la computadora portátil se puede observar la distancia entre el automóvil y el edificio.

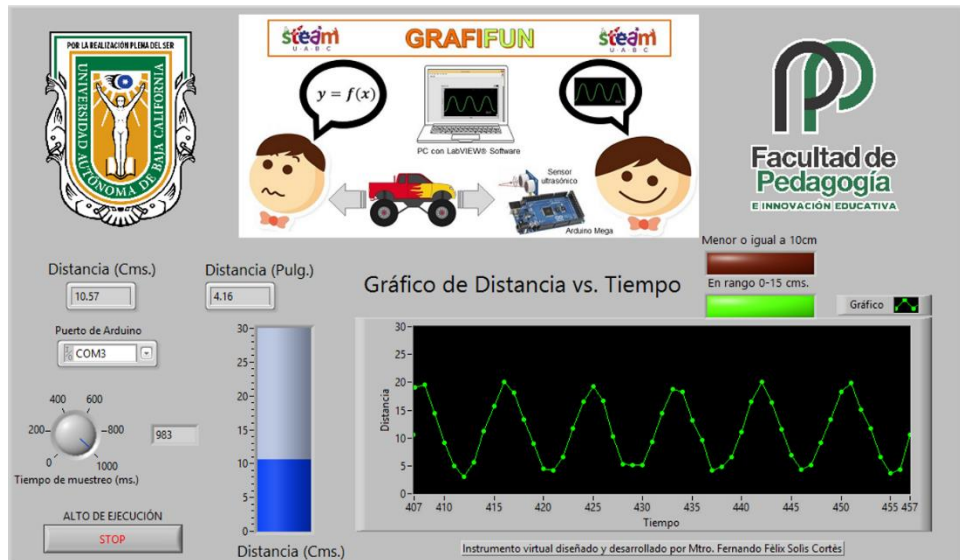


Observa que en esta sección de **Grafifun** se puede conocer la distancia (en centímetros y pulgadas) entre el automóvil y el edificio.

La perilla “*Tiempo de muestreo*” permite establecer la velocidad de obtención de datos. En primera instancia vamos a establecerla en 1000 ms para obtener una medición de distancia cada segundo (1 segundo = 1000 ms).



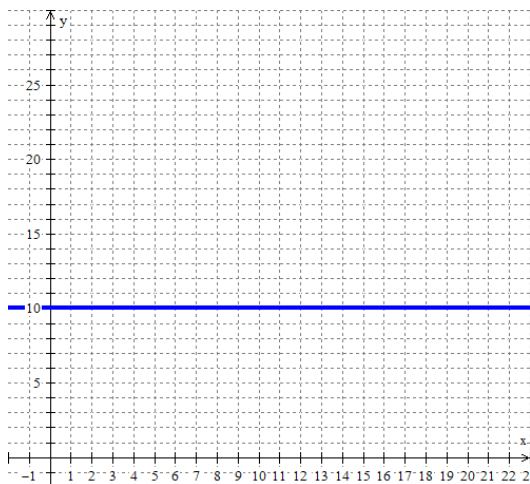
En este escenario de acción, podemos observar que conforme movemos el auto hacia adelante o hacia atrás, obtenemos una variación en la distancia medida. Esta captura de datos entre distancia vs. tiempo transcurrido posee una relación y puede ser expresada a través de una función matemática. Por consiguiente, puede ser representada de manera gráfica tal como se muestra en la siguiente imagen.



### Reto matemático en equipo

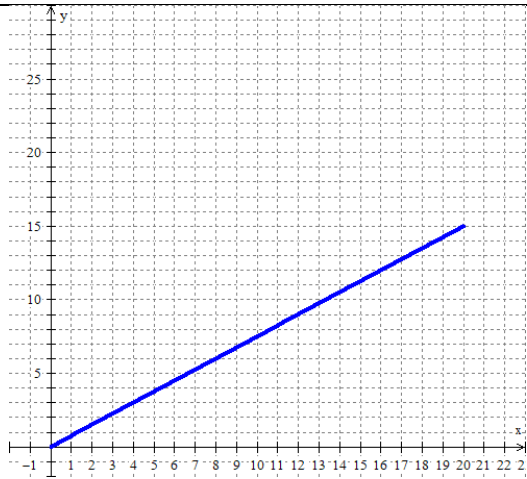
Es momento de aplicar y poner en práctica tu comprensión sobre el concepto función matemática, tomando como referencia esta relación entre variables distancia y tiempo transcurrido. Recuerda que una función matemática puede ser definida como una relación entre dos conjuntos, donde a cada elemento del conjunto inicial (dominio) se le asigna exactamente un elemento del conjunto final llamado codominio.

Analiza las siguientes gráficas de funciones matemáticas y replica su forma utilizando **Grafifun**. Describe en tus propias palabras el movimiento que debes hacer con el automóvil para replicar las siguientes gráficas de funciones.



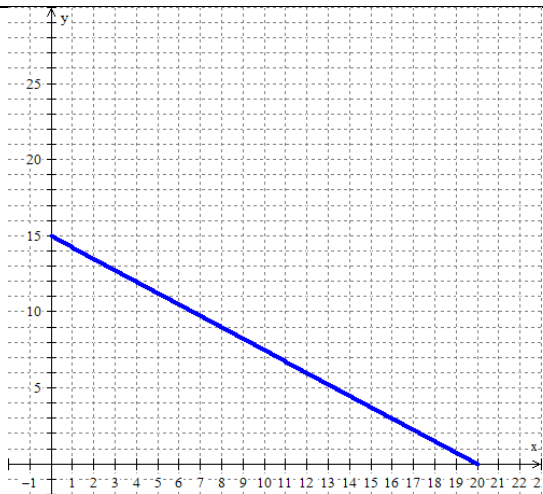
Función constante

Describe en palabras el movimiento del automóvil:



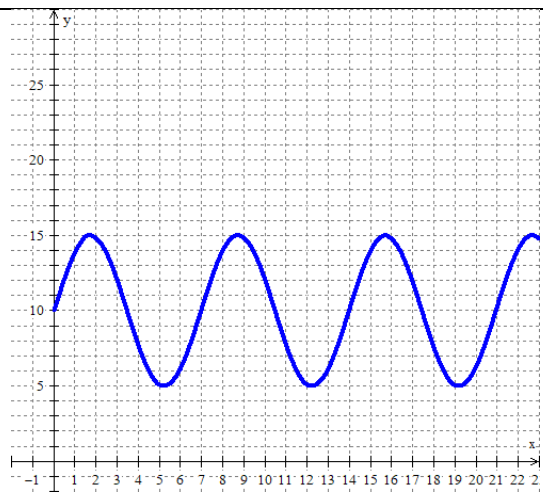
Función lineal creciente

Describe en palabras el movimiento del automóvil:



Función lineal decreciente

Describe en palabras el movimiento del automóvil:



Función periódica

Describe en palabras el movimiento del automóvil:

### Reflexiones finales

Antes de esta práctica, ¿comprendías significativamente la definición de función matemática? Explica brevemente tu respuesta.

¿Consideras que después de esta práctica hay en ti una mejor comprensión del concepto de función matemática? Explica brevemente tu respuesta.

¿Qué similitudes o diferencias encuentras entre estas gráficas generadas interactivamente con *Grafifun* y aquellas gráficas vistas en clase?

¿En cuáles otros escenarios puedes encontrar una función matemática que involucra una variación de distancia conforme pasa el tiempo?

Tomando en cuenta su objetivo (analizar interactivamente la representación gráfica de funciones matemáticas), ¿cuál es tu opinión general de *Grafifun*?

### 4.3 Fase de acción 3. Implementación del prototipo didáctico

Se utilizó el prototipo didáctico *Grafifun* mediante una intervención didáctica en un grupo piloto de 20 estudiantes pertenecientes a la institución educativa de nivel medio superior Colegio de Bachilleres COBACH Plantel Miguel Hidalgo y Costilla, ubicado en la ciudad de Mexicali Baja California. Estos jóvenes pertenecían al curso semestral titulado Matemáticas IV, conocida también como pre-Cálculo, ya que contempla un compendio de temas críticos, preámbulo para cursos de Cálculo Diferencial y Cálculo Integral, donde el tema de función matemática es protagónico.

Con base en el Cuaderno de Actividades de Aprendizaje del Colegio de Bachilleres, el estudio del curso titulado Matemáticas IV permite a los estudiantes adquirir los elementos básicos para efectuar el análisis de la relación funcional entre dos variables, indispensable para la explicación de fenómenos y la resolución de problemas en distintos campos del conocimiento. Debido a que *Grafifun* busca generar una comprensión significativa del concepto función matemática en estudiantes de nivel medio superior, la condición de este grupo representó una oportunidad ideal para realizar una práctica piloto utilizando el prototipo *Grafifun*.

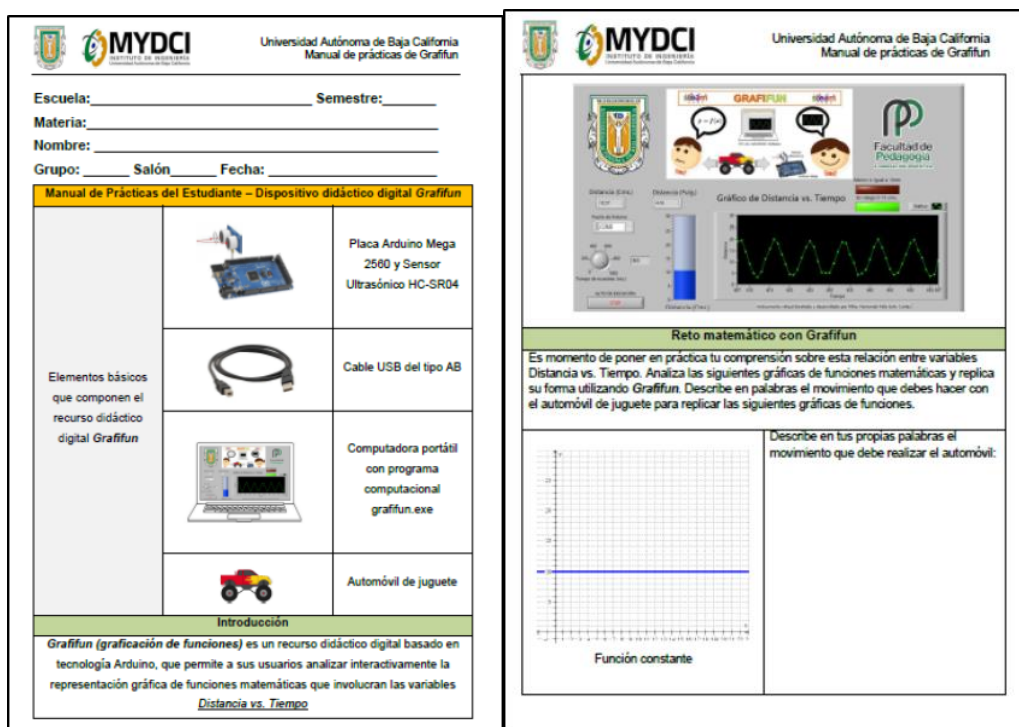


Figura 33. Manual de prácticas *Grafifun* del estudiante utilizado.

En la primera página del manual de prácticas de *Grafifun* para el estudiante utilizado, se recopilan datos personales de los estudiantes, se muestran los elementos básicos que componen el recurso didáctico digital *Grafifun* además de presentar una introducción general al objetivo del recurso. En la página 2 se muestra la interfaz gráfica del programa y una propuesta de reto que deberá ser resuelto mediante la utilización del recurso didáctico.



Figura 34. Plática introductoria a la práctica piloto con *Grafifun*.

Cabe mencionar que previo a la utilización del manual de prácticas de *Grafifun*, se realizó una breve presentación grupal, explicando la intención de la sesión, motivando hacia el descubrimiento de las matemáticas y demostrando la funcionalidad de *Grafifun*; también se abordó de manera breve el concepto básico de función matemática y sus representaciones más básicas: funciones lineales, constantes y periódicas.



Figura 35. Manual de prácticas del estudiante utilizado con *Grafifun*.

En las páginas 3 y 4 se puede encontrar las actividades propuestas hacia las estudiantes, mismas que implican interactuar con el recurso didáctico digital.



Figura 36. Estudiantes interactuando con *Grafifun*.

Básicamente se les pide replicar las gráficas de funciones que aparecen en las imágenes, apoyándose en las características de *Grafifun*. En la página 4 se pide

explicar sus impresiones mediante una serie de preguntas relacionadas a la comprensión del concepto función matemática, su aplicación para resolver los retos de la práctica y sus impresiones generales sobre el prototipo didáctico.

#### 4.3.1 Análisis de resultados

A continuación, se muestran los resultados encontrados durante la intervención en el grupo piloto de 20 estudiantes pertenecientes al nivel medio superior.

Reto relacionado a función constante

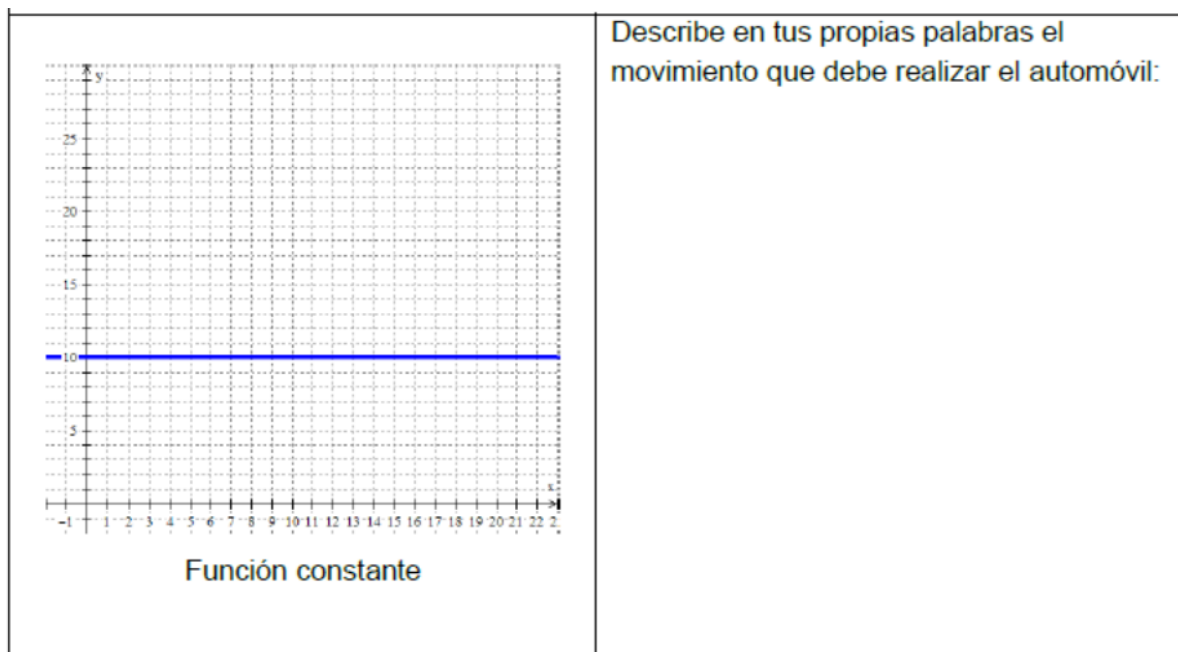


Figura 37. Reactivo de práctica relacionado a la réplica de una función constante.

Sobre el primer reto relacionado a la réplica de una función constante, 14 de 20 estudiantes contestaron correctamente (el automóvil no debe tener movimiento).

Las respuestas correctas más comunes fueron: “debe quedar estacionado”, “quieto”, “no se mueve, no debe tener movimiento”, “el auto no está en movimiento”, “que esté estático el auto” y “se debe mantener quieto”.

Dentro de las respuestas incorrectas tenemos:

- “se moverá constante” y “recto y constante” haciendo referencia clara solamente a las características de la gráfica mostrada.

- “sube y baja la línea”, “acercar y alejar”, “para adelante y para atrás y en la computadora se mira” y “el automóvil se acerca y se aleja del edificio generando el gráfico” haciendo clara referencia solamente al funcionamiento general del programa *Grafifun*.

Reto relacionado a función lineal creciente

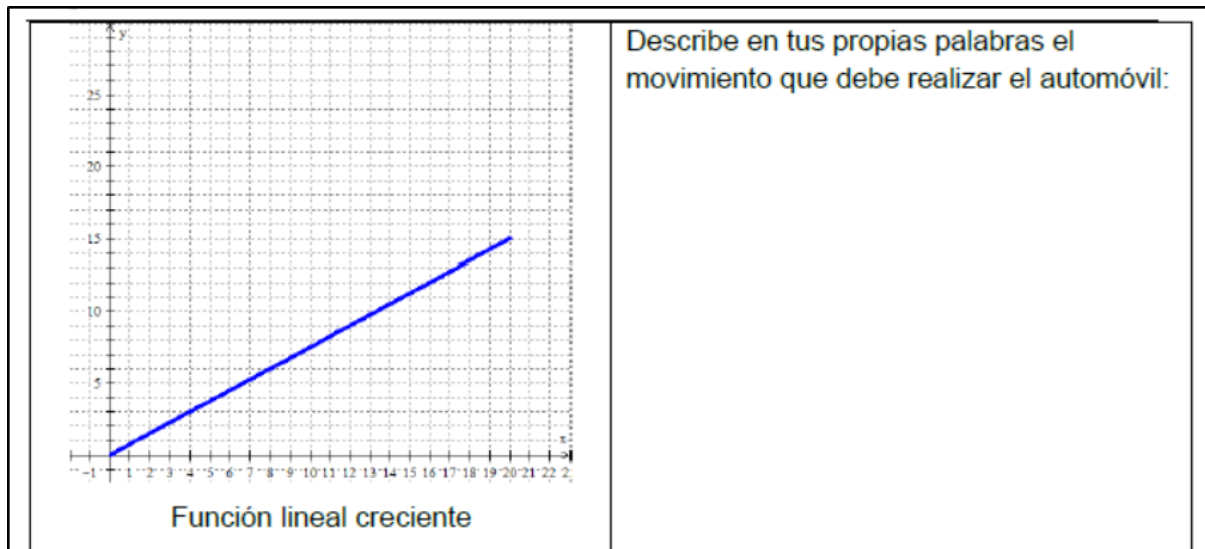


Figura 38. Reactivo de práctica relacionado a la réplica de una función lineal creciente.

Sobre el segundo reto relacionado a la réplica de una función lineal creciente, 10 de 20 estudiantes contestaron correctamente (el automóvil debe alejarse del edificio a velocidad constante).

Las respuestas correctas más comunes fueron: “se aleja el automóvil”, “se aleja del edificio”, “el auto debe ir hacia atrás”, “avanza hacia atrás” y “alejándose”.

Dentro de las respuestas incorrectas tenemos:

- “Debe acercarse rápido”, “la velocidad al automóvil debe avanzar hacia adelante” y “debe avanzar rápido” haciendo referencia a la velocidad del automóvil.
- “El carro va cuesta arriba”, “de subida y va creciendo su velocidad” y “sube la parte superior” haciendo referencia a la percepción de que el gráfico representa una “subida” en “el camino” del automóvil.
- “Acercarse al edificio”, “para adelante” y “cuando se mueve para adelante” haciendo referencia opuesta a la respuesta correcta.

## Reto relacionado a función lineal decreciente

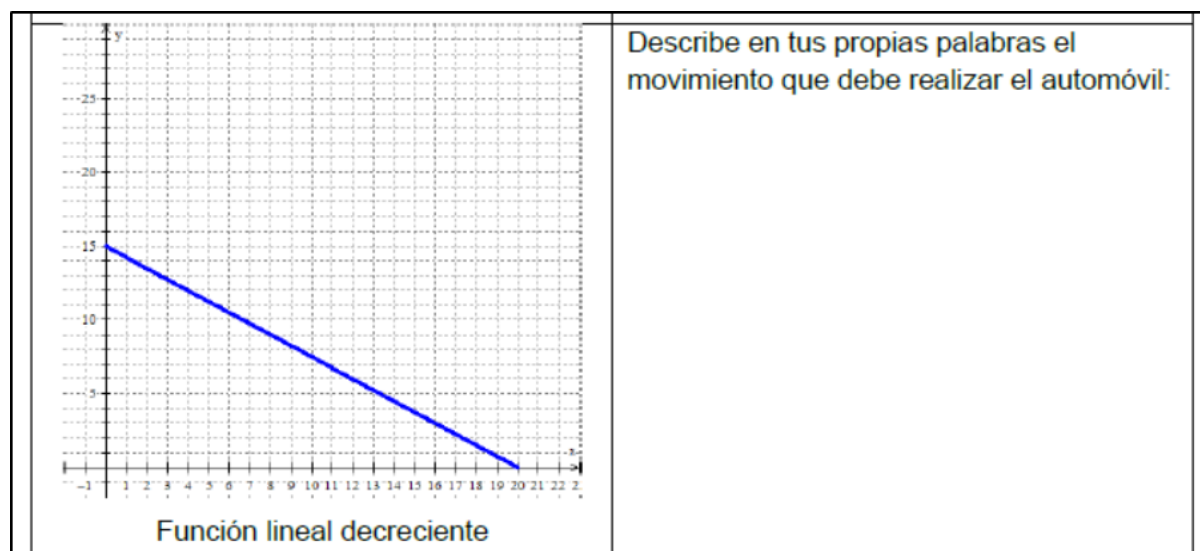


Figura 39. Reactivo de práctica relacionado a la réplica de una función lineal decreciente.

Sobre el tercer reto relacionado a la réplica de una función lineal decreciente, 10 de 20 estudiantes contestaron correctamente (el automóvil debe acercarse al edificio a velocidad constante).

Las respuestas correctas más comunes fueron: “se acerca el automóvil”, “se aproxima al edificio”, “el auto debe ir hacia adelante”, “avanza hacia enfrente” y “acercándose”.

Dentro de las respuestas incorrectas tenemos:

- “Debe retroceder rápido”, “debe tener cierta velocidad y después se para el automóvil” y “debe retroceder y bajar la velocidad” haciendo referencia a la velocidad del automóvil.
- “El carro va descendiendo”, “de bajada y disminuye su velocidad” y “baja la parte superior” haciendo referencia a la percepción de que el gráfico representa una “bajada” en “el camino” del automóvil.
- “Alejarse del edificio”, “para atrás” y “cuando se mueve para atrás” haciendo referencia opuesta a la respuesta correcta

## Reto relacionado a una función periódica



Figura 40. Reactivo de práctica relacionado a la réplica de una función periódica.

Sobre el cuarto reto relacionado a la réplica de una función periódica, 16 de 20 estudiantes contestaron correctamente (el automóvil debe alejarse y acercarse al edificio repetidamente o viceversa).

Las respuestas correctas más comunes fueron: “avanza y retrocede”, “se aleja y se acerca al edificio”, “para atrás y para adelante”, “debe moverse hacia adelante y luego alejarse” y “se tiene que acercar y alejar”.

Dentro de las respuestas incorrectas tenemos:

- “Cuando sube y baja la velocidad” haciendo referencia a la velocidad del automóvil.
- “Debe subir y bajar repetitivamente” haciendo referencia a la percepción de que el gráfico representa una “bajada” y “bajada” en “el camino” del automóvil.
- “El movimiento debe ser repetitivo”.

En relación a la pregunta: Antes de esta práctica, ¿comprendías significativamente la definición de función matemática? Explica brevemente tu respuesta se obtuvieron las siguientes respuestas:

- Se me complicaba el concepto.
- Es un concepto que hemos practicado mucho pero no lo tenía claro.
- La verdad no.
- Lo entiendo poco, pero no lo comprendía bien.
- Si lo comprendía, pero no al 100.
- Si, ya que lo repasamos en los últimos 2 semestres.
- Lo entendía poco.
- Solo comprendía la versión teórica.
- No realmente.
- Pues solamente en lo que decían los libros.
- No sabía en cuáles ocasiones se utilizaba.
- No lo entendía.
- Más o menos, porque no soy bueno en Matemáticas.
- Sí, es un conjunto de números pares  $(x,y)$  y su valor depende de una fórmula.
- No comprendía realmente del todo la definición matemática.
- Si un poco, ya que este concepto lo vimos en clase.
- Las funciones están compuestas de gráficas, números, coordenadas entre otros.
- Lo entiendo poco, pero si puedo entender.

En relación a la pregunta: ¿Consideras que después de esta práctica hay en ti una mejor comprensión del concepto de función matemática? Explica brevemente tu respuesta. se obtuvieron las siguientes respuestas:

- Sí, porque fue bien explicado.
- Si aprendí bastante en esta práctica
- Gracias a la práctica comprendí mejor.
- Me quedó más claro cómo se puede aplicar en la vida real.
- Un poco sí.
- Si.
- Considero que sí ya que pude observar lo que pasa en la gráfica.
- Sí, porque aprendí a identificar mejor las gráficas.
- Sí, porque tiene más sentido.

- Sí, porque es una manera más divertida de ver las matemáticas.
- Sí, porque pude ver un ejemplo.
- Me ayudó a comprender mejor.
- Ya le entiendo un poco más a las gráficas.
- Me ayuda a entender de mejor manera las gráficas.
- Identifico mejor las gráficas.
- Logré comprender mejor varias funciones.
- Comprendí mejor el tema.
- Sí me ayudó, porque entiendo mejor visualmente.

En relación a la pregunta: ¿Qué similitudes o diferencias encuentras entre estas gráficas generadas interactivamente con Grafifun y aquellas gráficas vistas en clase? se obtuvieron las siguientes respuestas:

- Son gráficas comunes que hemos visto.
- Tienen la misma función.
- En clase solo graficamos y tabulamos, y en la práctica lo podemos ver mediante un ejemplo y su movimiento.
- En clase solo graficamos tablas y aquí vemos un ejemplo en la vida real.
- En clase observamos solo como resolver y elaborar gráficas y tabulación; en esta práctica observamos cómo se generan dependiendo de una acción en la vida real.
- Que en clase solo graficamos y tabulamos, mientras que con *Grafifun* podemos ver un ejemplo de nuestra vida cotidiana.
- Que con *Grafifun* puedo observar más detalladamente.
- Las encuentro muy parecidas.
- Ninguna que haya percibido.
- Que en la práctica se puede interactuar.
- Que aquí hay ejemplos en la vida real, y en las gráficas de clase solo son gráficas.
- Te da valor exacto y te ayuda a comprender más.
- Se me hacen igual.
- Son iguales.

- Que son lo mismo, pero con el movimiento de un auto.

En relación a la pregunta: ¿En cuáles otros escenarios puedes encontrar una función matemática que involucre una variación de distancia conforme pasa el tiempo? se obtuvieron las siguientes respuestas:

- En la calle.
- Cuando caminamos a vas a algún lugar.
- No lo sé, la verdad.
- Cuando caminamos o hacemos ejercicio.
- Para predecir el valor del dólar en los próximos días.
- Cuando corremos o caminamos.
- Las finanzas.
- En los aviones.
- El crecimiento de un árbol.
- El caminar hacia cierto lugar.
- Cuando voy a la playa.
- En los exámenes.
- En el desplazamiento de una persona u objeto.
- Realmente no puedo pensar en un escenario en donde se pueda encontrar.

5 estudiantes no contestaron dicha pregunta.

En relación a la última pregunta: Tomando en cuenta su objetivo (analizar interactivamente la representación gráfica de funciones matemáticas), ¿cuál es tu opinión general de Grafifun? se obtuvieron las siguientes respuestas:

- A pesar de ser un prototipo me parece muy increíble lo que el maestro ha logrado.
- Es un buen prototipo para apoyar a los profesores.
- Es un programa muy interesante y fácil de manejar.
- Muy interesante, muchas personas más deberían conocerlo, espero tenga éxito. Gracias por el valor aportado.
- Que así pudimos identificar cómo funcionan las gráficas dependiendo de alguna situación en la vida cotidiana.

- Es muy entretenido y se aprende bien con *Grafifun*.
- Es muy bueno y puede funcionar para aprender mejor y de forma detallada.
- Lo encuentro muy interesante y si, desde que comencé a estudiar hubiera tenido esta herramienta, tal vez y si hubiera entendido mejor y me hubiera facilitado la vida.
- Es un proyecto interesante que definitivamente podría apoyar.
- Me parece bien la idea; los alumnos pueden interactuar de forma divertida y comprender de una manera interactiva.
- Es muy creativo y entendible.
- Me gusta su apoyo para entender las gráficas.
- Que es un excelente proyecto y esta bonito el automóvil.
- Es buena aplicación.
- Opino que es más útil, ya que en mi caso aprendo mejor haciendo algo referente a la creatividad, lo siento práctico a la hora de generar gráficas.
- Es buena, ya que te diviertes generando gráficas.
- Me gusta, porque podemos aplicar las funciones en diferentes casos.

La implementación del prototipo didáctico digital se llevó a cabo en un entorno controlado que permitió evaluar en etapa piloto su efectividad durante una clase que involucra el concepto de función matemática. Durante la fase de implementación, los estudiantes interactuaron con el recurso digital mediante actividades diseñadas para explorar y analizar las relaciones entre variables, favoreciendo la comprensión integral de las funciones a partir de sus diferentes representaciones semióticas. Esta experiencia permitió identificar fortalezas y áreas de oportunidad en el uso del prototipo, lo que proporcionó información valiosa para su mejora continua y adaptación a diversos contextos educativos.

En términos generales, la implementación evidenció que el prototipo didáctico contribuye significativamente a la resignificación del concepto de función matemática al ofrecer un entorno interactivo y práctico que facilita la transición entre las representaciones algebraica y gráfica. Asimismo, fomenta un aprendizaje activo y significativo, al permitir que los estudiantes construyan su propio conocimiento a partir de la experimentación y la observación directa de los fenómenos matemáticos. La

retroalimentación obtenida de docentes y estudiantes participantes subrayó el potencial del prototipo para ser utilizado como un recurso complementario en la enseñanza de las matemáticas en la educación media superior, alineándose con los principios pedagógicos del Marco Curricular Común de la Educación Media Superior (MCCEMS) y el enfoque STEAM, que promueve la integración de la ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas en los procesos educativos.

## CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 5.1 Discusión

Los resultados del informe PISA 2022 en matemáticas para estudiantes mexicanos evidencian una necesidad urgente de mejorar la enseñanza de esta disciplina en el nivel medio superior. Solo el 49% de los estudiantes alcanzó el nivel 2 o superior, en comparación con el promedio de la OCDE del 76%, lo que indica una brecha significativa en la capacidad de los jóvenes para aplicar conceptos matemáticos básicos en contextos prácticos. Además, el porcentaje de estudiantes que alcanzaron niveles avanzados en matemáticas es casi inexistente, situándose en menos del 1%. Estos datos subrayan áreas de oportunidad críticas para resignificar la enseñanza de las matemáticas, promoviendo enfoques más dinámicos e interdisciplinarios que hagan los conceptos accesibles y relevantes para los estudiantes.

El desarrollo del presente estudio tuvo su enfoque principal en la creación de un prototipo didáctico interactivo para resignificar el concepto matemático de función, integrando tecnología de vanguardia como LabVIEW y Arduino en un marco interdisciplinario STEAM; los resultados demuestran una significativa mejora en la comprensión y aplicación de conceptos matemáticos propios del lenguaje variacional por parte de los estudiantes.

El desarrollo de *Grafifun* se estructuró en tres fases estratégicas que integraron un enfoque iterativo y práctico para garantizar la funcionalidad, aplicabilidad y efectividad del recurso didáctico. En la Fase 1, se diseñó y desarrolló el prototipo didáctico mediante un instrumento virtual en LabVIEW, fundamentado en el Modelo en Espiral, que permitió la incorporación iterativa de mejoras a través del diseño y prototipado, asegurando una herramienta interactiva para analizar conceptos relacionados a funciones matemáticas lineales. La Fase 2 se enfocó en la elaboración de materiales didácticos complementarios, como una secuencia didáctica para el docente y un manual de prácticas para los estudiantes, con el propósito de promover un uso estructurado y significativo del prototipo en el aula. Finalmente, en la Fase 3, se implementó el prototipo en un grupo piloto de estudiantes de nivel medio superior, lo que permitió recabar datos relevantes sobre su efectividad y las impresiones de los

participantes, evidenciando su potencial para resignificar el aprendizaje de conceptos matemáticos desde un enfoque interdisciplinario y práctico.

A través de las tres fases ya mencionadas, se obtuvieron resultados que reflejan tanto logros alcanzados como algunas áreas de oportunidad.

En relación a los objetivos específicos planteados en este proyecto:

- La representación interactiva de funciones matemáticas mediante el prototipo didáctico llamado *Grafifun* permitió a los estudiantes observar en tiempo real la relación entre las variables, fomentando una comprensión visual y conceptual del concepto función matemática.
- La implementación de materiales complementarios (manual de prácticas y secuencia didáctica) garantizó un uso efectivo del prototipo en el aula, brindando un soporte estructurado para estudiantes y docentes.
- Los resultados obtenidos durante las pruebas piloto mostraron una mejora notable en la interpretación gráfica y conceptual de funciones matemáticas básicas, cumpliendo con el objetivo de resignificación.

En relación al impacto pedagógico, *Grafifun* demostró ser una herramienta útil para superar barreras tradicionales en la enseñanza de las matemáticas. La interacción directa con el prototipo motivó a los estudiantes a participar activamente en su aprendizaje, transformando un concepto abstracto en una experiencia concreta e intuitiva. La resignificación del concepto de función, evidenciada en las respuestas de los estudiantes, respalda la contribución del enfoque STEAM en el fortalecimiento de habilidades cognitivas y prácticas relacionadas con el pensamiento matemático.

Sobre los aspectos tecnológicos involucrados, la integración de LabVIEW y Arduino resultó clave para el éxito del prototipo. LabVIEW permitió representar gráficamente las funciones de manera intuitiva, mientras que Arduino ofreció una plataforma accesible para recopilar datos del sensor ultrasónico HC-SR04. Sin embargo, se identificaron limitaciones técnicas, como la necesidad de configuraciones específicas para garantizar la compatibilidad del software y hardware, lo que puede presentar un reto en entornos educativos con recursos limitados.

El desarrollo de *Grafifun* confirma la relevancia de un enfoque constructivista en la educación matemática. Al conectar los conceptos abstractos con experiencias prácticas, el prototipo facilitó la construcción de conocimiento significativo, como lo plantean autores como Artigue (2009) y Díaz Barriga (2013). La capacidad de los estudiantes para replicar y comprender gráficas de funciones matemáticas básicas sugiere una resignificación efectiva de estos conceptos. Este hallazgo es consistente con estudios previos que destacan la importancia de los entornos de aprendizaje interactivos y contextualizados para la comprensión profunda de conceptos matemáticos (Duval, 2006).

La integración de tecnologías digitales y metodologías activas no solo facilitó la comprensión de las funciones matemáticas, sino que también promovió una actitud positiva hacia las matemáticas, tal como lo reflejan las evaluaciones cualitativas. Esta actitud positiva es fundamental, ya que las emociones y creencias de los estudiantes respecto a las matemáticas pueden influir significativamente en su rendimiento y disposición para aprender (Grootenboer & Marshman, 2016). Los resultados confirman y amplían los hallazgos de investigaciones anteriores que subrayan la eficacia de los enfoques educativos basados en STEAM para la enseñanza de las matemáticas.

Este estudio también tiene importantes implicaciones para la práctica educativa, especialmente en el contexto de la NEM y la educación media superior en México. La implementación de prototipos didácticos basados en tecnologías como LabVIEW y Arduino puede ser una estrategia efectiva para mejorar la comprensión de conceptos matemáticos complejos y para fomentar una actitud positiva hacia las matemáticas. Además, la adopción de un enfoque STEAM en la enseñanza de las matemáticas ayuda a los estudiantes a desarrollar habilidades interdisciplinarias y a prepararse mejor para los desafíos del presente siglo.

*Grafifun* demostró el potencial de transformar la manera en que se enseña el concepto de función en niveles medios superiores; su capacidad para combinar teoría y práctica en un entorno interactivo sugiere que herramientas similares podrían ser desarrolladas e implementadas con mayor frecuencia en instituciones educativas. La mejora en la comprensión de las funciones matemáticas también sugiere que los docentes deben considerar la integración de tecnologías y metodologías activas en

sus prácticas pedagógicas; la experiencia obtenida en este proyecto resalta la importancia de capacitar a los docentes en el proceso de apropiación tecnológica y promover el desarrollo de materiales complementarios que aseguren una implementación efectiva.

Algunas propuestas para etapas futuras contemplan:

- Aplicar el prototipo didáctico a gran escala para hacer un análisis estadístico robusto sobre su efectividad en la comprensión de conceptos abstractos matemáticos.
- Ampliar el alcance del prototipo, incorporando nuevos conceptos matemáticos como funciones trigonométricas o exponenciales.
- Rediseñar el prototipo para su uso en niveles educativos básicos o superiores, con actividades adecuadas para cada nivel.
- Exploración de nuevas tecnologías, con la finalidad de integrar herramientas más accesibles o alternativas que permitan reducir las barreras de implementación.

## 5.2 Conclusiones

El desarrollo e implementación del prototipo didáctico *Grafifun*, basado en LabVIEW y Arduino, ha demostrado ser una estrategia efectiva para resignificar el concepto matemático de función bajo el enfoque STEAM en estudiantes de educación media superior; asimismo, este prototipo se alinea con las áreas de oportunidad que ofrece el MCCEMS, proporcionando un recurso didáctico flexible y adaptable a las progresiones de aprendizaje. A través de este prototipo, se logró promover una comprensión más profunda y significativa de las funciones matemáticas, al transformar este concepto abstracto en una experiencia interactiva, concreta y contextualizada. Los estudiantes no solo lograron replicar gráficas de funciones de una variable con mayor precisión, sino que también mostraron avances en la integración de diversas representaciones de una función, como tablas, gráficas y fórmulas, fortaleciendo su capacidad para conectar los conocimientos matemáticos con situaciones prácticas y del mundo real.

En el análisis cuantitativo, los resultados evidenciaron que 2 de cada 3 estudiantes resolvieron exitosamente los retos propuestos, mostrando una mejora significativa en su comprensión conceptual de las funciones matemáticas. En términos cualitativos, se observó un cambio positivo en la percepción y actitud de los estudiantes hacia las matemáticas, quienes expresaron que el uso de *Grafifun* hace el aprendizaje más atractivo, relevante y accesible. Estos hallazgos son consistentes con el marco teórico utilizado, el cual sugiere que un enfoque constructivista e interdisciplinario, como el modelo STEAM, puede transformar la manera en que se enseña y aprende matemáticas, al hacerlo más contextualizado e interactivo.

El impacto del prototipo didáctico no solo se limitó a la enseñanza de funciones matemáticas, sino que también fomentó habilidades críticas en los estudiantes, como la resolución de problemas, el pensamiento lógico y la interpretación gráfica. La resignificación de este concepto matemático se enriqueció al incorporar elementos tecnológicos que facilitaron la interacción y visualización de relaciones funcionales en tiempo real, promoviendo un aprendizaje activo y autónomo. Además, la integración de LabVIEW y Arduino probó ser una combinación efectiva para diseñar herramientas

didácticas de bajo costo y alta aplicabilidad, mostrando que es posible superar las barreras tecnológicas en contextos educativos con recursos limitados.

La experiencia de *Grafifun* subraya la importancia del enfoque STEAM en la enseñanza de las matemáticas; este modelo interdisciplinario, que integra ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas, permitió que los estudiantes no solo comprendieran de mejor manera conceptos abstractos, sino que también reconocieran su aplicabilidad en diversos contextos. Al combinar elementos creativos y tecnológicos, *Grafifun* fomentó un aprendizaje que no solo es más significativo, sino que también se encuentra alineado con las demandas de una sociedad cada vez más tecnológica y compleja.

Este estudio tiene implicaciones significativas para la educación matemática, destacando la necesidad de incorporar herramientas tecnológicas y enfoques didácticos innovadores en las aulas. Los resultados sugieren que el uso de prototipos interactivos no solo mejora la comprensión de conceptos matemáticos complejos, sino que también incrementa la motivación de los estudiantes y transforma su actitud hacia las matemáticas, facilitando su conexión con otros campos del conocimiento. Asimismo, se enfatiza la importancia de la formación continua de los docentes, quienes deben estar preparados para integrar estos enfoques en sus prácticas pedagógicas.

El diseño e implementación de secuencias didácticas específicas y materiales complementarios fueron claves para asegurar el éxito del prototipo, permitiendo que los docentes contaran con una guía clara para facilitar el aprendizaje de los estudiantes. Estas estrategias poseen el potencial de ser replicadas y adaptadas en otros contextos educativos para abordar diferentes conceptos pertenecientes al campo de las ciencias exactas; cabe mencionar que *Grafifun* fomenta la autonomía didáctica de los docentes, ya que está diseñado como un recurso flexible que permite la adaptación y el diseño de diversas actividades de aprendizaje, aprovechando sus características tecnológicas.

El desarrollo del presente proyecto refuerza la importancia de las progresiones de aprendizaje establecidas en el MCCEMS, que buscan garantizar un aprendizaje gradual y significativo de los conceptos matemáticos esenciales para los estudiantes

de nivel medio superior. Las progresiones de Pensamiento Matemático promueven que los estudiantes transiten desde la identificación de relaciones algebraicas y gráficas simples hacia el análisis de fenómenos más complejos, como la variación y el cambio. Grafifun facilita este proceso al proporcionar un entorno interactivo que conecta conceptos abstractos con situaciones reales, permitiendo a los estudiantes visualizar, explorar y comprender las relaciones funcionales de manera significativa. Además, su implementación está alineada con los principios de la NEM en México, que prioriza una educación integral y contextualizada, centrada en el desarrollo de competencias transversales como el pensamiento crítico y la resolución de problemas, promoviendo un enfoque humanista y constructivista, apelando a las experiencias y conocimientos previos de los estudiantes para generar aprendizajes significativos. De este modo, Grafifun no solo contribuye a la enseñanza de las matemáticas, sino que también fortalece habilidades necesarias para enfrentar los desafíos del siglo XXI en un entorno cada vez más tecnológico y complejo.

Finalmente, el presente estudio aporta evidencia de que una enseñanza de las matemáticas que sea interactiva, contextualizada y apoyada en tecnologías innovadoras puede transformar no solo la comprensión de los estudiantes, sino también su percepción y actitud hacia la disciplina. *Grafifun* se presenta como un ejemplo exitoso de cómo el uso de prototipos didácticos puede contribuir a superar las barreras tradicionales en la educación matemática, ayudando a los estudiantes a convertirse en ciudadanos críticos y competentes en un mundo donde las habilidades STEAM son cada vez más esenciales.

Con base en estos hallazgos, se reafirma la necesidad de continuar innovando en las prácticas educativas, fomentando la integración de la tecnología con enfoques pedagógicos interdisciplinarios y flexibles, en línea con el modelo de progresiones de aprendizaje del MCCEMS, y que permita combatir la percepción errónea de muchos estudiantes de que las matemáticas son una disciplina inaccesible y alejada de la realidad cotidiana, ya que contrario a lo que muchas personas llegan a creer, las matemáticas han sido desarrolladas para facilitar la vida de los seres humanos (Solís Cortés, 2025).

## Referencias

- Andrade, J. (2018). *El modelo de las 5E como herramienta pedagógica eficaz para las prácticas STEM*, Documento de trabajo.
- Arduino. (2024). *Arduino Hardware*. <https://www.arduino.cc>
- Arduino. (2021). *¿Qué es Arduino?*. <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- Artigue, M. (1995). *La enseñanza de los principios del cálculo: problemas epistemológicos, cognitivos y didácticos*. En P. Gómez (Ed.), *Ingeniería didáctica en educación matemática (un esquema para la investigación y la innovación en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas)* (pp. 97-140). México: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Artigue, M. (2009). *Didactical design in mathematics education*. *Nordic Studies in Mathematics Education*, 14(3), 7-16.  
[https://ncm.gu.se/media/nsm/nsm\\_14\\_3\\_007016\\_artigue.pdf](https://ncm.gu.se/media/nsm/nsm_14_3_007016_artigue.pdf)
- Artola, E., Mayoral, L. y Benarroch, A. (2016). *Dificultades de aprendizaje de las representaciones gráficas cartesianas asociadas a biología de poblaciones en estudiantes de educación secundaria. Un estudio semiótico*. *Revista Eureka sobre enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13 (1), 36-52.
- Asiala, M., Cottrill, J., Dubinsky, E. y Schwingendorf, K. (1997). *The development of student's graphical understanding of the derivative*. *Journal of Mathematical Behavior*, 16(4), 399-431. [https://doi.org/10.1016/S0732-3123\(97\)90015-8](https://doi.org/10.1016/S0732-3123(97)90015-8)
- Ausubel-Novak-Hanesian (1983). *Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. 2° Ed. TRILLAS México
- Barraza, M. (2020). *Modelos de secuencias didácticas* (1.a ed.). Universidad Pedagógica de Durango.
- Bravo, C., Fernández, G.M., Martín, J.L., Martínez, P., (2016). *Analizando el desarrollo de habilidades STEM a través de un proyecto ABP con Arduino y su relación con el rendimiento académico*. Seminario Modelos Innovadores en las

aulas: aprender en la sociedad del conocimiento, escuelas y tecnologías.  
<https://recursos.portaleducoas.org/sites/default/files/VE16.583.pdf>

- Boehm, B. W. (1988). *A Spiral Model of Software Development and Enhancement*. ACM SIGSOFT Software Engineering Notes, 11(4), 14-24. DOI: 10.1145/12944.12948.
- Boyer, C. B. (1991). *The History of the Calculus and Its Conceptual Development*. Dover Publications.
- Camarena, P. (2007). *La matemática formal en la modelación matemática*. Reporte de investigación ESIME-IPN México.
- Cándelas, F.A., García, G.J., Pomares, J., Jara, C.A., Delgado, A., Mateo, C.M., Mira, D., Pérez, J., (2015). *Experiencias sobre el uso de la plataforma Arduino en prácticas de Automatización y Robótica*. Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria.
- Cantoral, R. (2016). *Teoría Socioepistemológica de la Matemática Educativa. Estudios sobre construcción social del conocimiento*. Barcelona, España: Gedisa.
- Cantoral, R. (2019). *Socioepistemology in Mathematics Education*. In Lerman, S. (Ed.) Encyclopedia of Mathematics Education. Springer Nature. 1-7. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-77487-9\\_100041-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-77487-9_100041-1)
- Cantoral, R., Reyes-Gasperini, D., & Montiel, G. (2014). *Socioepistemología, Matemáticas y Realidad*. Revista Latinoamericana de Etnomatemática, 7(3), 91-116.
- Cantoral, R., Moreno-Durazo, A. y Caballero-Pérez, M. (2018). *Socio-epistemological research on mathematical modelling: an empirical approach to teaching and learning*. ZDM Mathematics Education 50 (1), 77–89.
- Cantoral, R., & Farfán, R. (1998). *Pensamiento y Lenguaje Variacional en la introducción a análisis*. Epsilon, 42, 353 - 369.

- Caprano, R., Caprano, M., & Morgan, J. (2013). *STEM Project-Based : An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach*.
- Cordero, F., & Morales, A. (2014). *La Graficación-Modelación y la Serie de Taylor. Una Socioepistemología del Cálculo*. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 319-345.
- Cordero, F. & Suárez, L. (2005). *Modelación en matemática educativa*. En Lezama, J., Sánchez, M., y Molina, J. G. (Eds.) (pp. 639–644), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 18 (1), México, DF: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa.
- Díaz Barriga A. (2013). *Guía para la elaboración de una secuencia didáctica. Sindicato Estatal de Trabajadores al Servicio de la Educación*. [http://www.setse.org.mx/ReformaEducativa/Rumbo%20a%20la%20Primera%20Evaluaci%C3%B3n/Factores%20de%20Evaluaci%C3%B3n/Pr%C3%A1ctica%20Profesional/Gu%C3%ADa-secuencias-didacticas\\_Angel%20D%C3%ADaz.pdf](http://www.setse.org.mx/ReformaEducativa/Rumbo%20a%20la%20Primera%20Evaluaci%C3%B3n/Factores%20de%20Evaluaci%C3%B3n/Pr%C3%A1ctica%20Profesional/Gu%C3%ADa-secuencias-didacticas_Angel%20D%C3%ADaz.pdf)
- Díaz Lozano, M. E., Haye, E. E., Montenegro, F., & Córdoba, L. M. (2015). Dificultades de los alumnos para articular representaciones gráficas y algebraicas de funciones lineales y cuadráticas. *UNIÓN - REVISTA IBEROAMERICANA DE EDUCACIÓN MATEMÁTICA*, 11(41). <https://union.fespm.es/index.php/UNION/article/view/644>
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2023). *Acuerdo número 09/08/23 por el que se establece y regula el Marco Curricular Común de la Educación Media Superior*. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5699835&fecha=25/08/2023](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5699835&fecha=25/08/2023)
- Dubinsky, E., & Harel, G. (1992). The nature of the process conception of function. In E. Dubinsky & G. Harel (Eds.), *The concept of function: Aspects of epistemology and pedagogy* (pp. 85-106). Mathematical Association of America.
- Duval, R. A. (2006) *Cognitive Analysis of Problems of Comprehension in a Learning of Mathematics*. *Educ Stud Math* 61, 103–131 (2006). <https://doi.org/10.1007/s10649-006-0400-z>

- Duval, R. (1999). *Representation, vision and visualization: Cognitive functions in mathematical thinking. Basic issues for learning*.  
<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED466379.pdf>
- Even, R. (1993). Subject-matter knowledge and pedagogical content knowledge: Prospective secondary teachers and the function concept. *Journal for Research in Mathematics Education*, 24(2), 94-116. <https://doi.org/10.2307/749215>
- Eves, H. (1990). *An introduction to the history of mathematics*. Saunders College Publishing.
- Farfán, R. M. (2012). *Socioepistemología y ciencia. El caso del estado estacionario y su matematización*. Barcelona: Gedisa.
- Fuentealba, C., Badillo, E., Sánchez-Matamoros, G. y Cárcamo, A. (2018). *The understanding of the derivative concept in higher education*. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15(2), 1-15.
- Garijo, L. (2014). *Enseñanza de funciones y gráficas en 1º Bachillerato basado en el uso de GeoGebra*. Facultad de Educación de la Universidad Internacional de La Rioja, Barcelona, España. Tesis de maestría.
- Glancy, A. and Moore, T. (2013). *Theoretical Foundations for Effective STEM Learning Environments*. School of Engineering Education Working Papers. Paper 1. <http://docs.lib.purdue.edu/enewp/1>
- Grootenboer, P., & Marshman, M. (2016). *Mathematics, Affect and Learning: Middle School Students' Beliefs and Attitudes about Mathematics Education*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-287-679-9>
- Kline, M. (1972). *Mathematical thought from ancient to modern times*. Oxford University Press.
- Laborde, C. (2002). *Integration of Technology in the Design of Geometry Tasks with Cabri-Geometry*. *International Journal of Computers for Mathematical Learning* 6, 283–317 (2002). <https://doi.org/10.1023/A:1013309728825>

- López Cahun, J., & Sosa Miguel, L. (2008). Dificultades conceptuales y procedimentales en el aprendizaje de funciones en estudiantes de bachillerato. <https://core.ac.uk/download/pdf/33250893.pdf>
- Monroy Andrade, J. (2024). El uso de las nuevas tecnologías en la enseñanza de las matemáticas: una revisión sistemática. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 28, 115-140. <https://doi.org/10.51302/tce.2024.18987>
- Moreno, A. (2007). *Uno Revista de Didáctica de las matemáticas: Desarrollo de la competencia matemática, una estrategia de planificación*. No.46, págs. 33-42. España: Editorial GRAÓ.
- MEJOREDU (2023). *Evaluación diagnóstica del aprendizaje de las y los alumnos de educación básica 2022-2023: Informe ejecutivo*. Comisión Nacional para la Mejora Continua de la Educación. <https://www.mejoredu.gob.mx>
- Mubin, O., Stevens, C., Shahid, S., Al Mahmud, A., Dong, J., (2013). *A review of the applicability of robots in education*. *Technology for Education and Learning*, Vol. 1, 1-17. [https://www.researchgate.net/publication/251237835\\_A\\_review\\_of\\_the\\_applicability\\_of\\_robots\\_in\\_education](https://www.researchgate.net/publication/251237835_A_review_of_the_applicability_of_robots_in_education)
- Mutia, Kartono, Dwijanto, & Wijayanti, K. (2023). *Students' Mathematical Creative Thinking Obstacle and Scaffolding in Solving Derivative Problems*. *Journal of Higher Education Theory and Practice*, 23(17). <https://doi.org/10.33423/jhetp.v23i17.6540>
- National Instruments (2024). *LabVIEW (Versión 2024)*. National Instruments. <https://www.ni.com>
- Nueva Escuela Mexicana (NEM) (2024). *La tecnología transforma la educación: Clave Nueva Escuela Mexicana*. Nueva Escuela Mexicana. <https://nuevaescuelamexicana.org/cual-es-el-rol-de-la-tecnologia-en-la-nueva-escuela-mexicana/>
- OECD (2019). *PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>

OECD (2023a). *PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education*, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>

OECD (2023b). *PISA 2022 Results (Volume II): Learning During – and From – Disruption*, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/a97db61c-en>

OECD (2023c). *Education at a Glance 2023: OECD Indicators*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/e13bef63-en>.

Organización de Estados Americanos (2018). *Construcción teórica de la Diplomatura en Educación STEM-STEAM*.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (2012). *Directrices de la UNESCO para el reconocimiento, validación y acreditación de los resultados del aprendizaje no formal e informal*. Alemania: Instituto de la UNESCO para el Aprendizaje a lo largo de toda la vida.

Pino-Fan, L., Godino, J. D. y Font, V. (2016). *Assessing key epistemic features of didactic mathematical knowledge of prospective teachers: the case of the derivative*. *Journal of Mathematics Teacher Education*.

PLANEA. (2017). *Publicación de resultados PLANEA 2017*. Educación media superior. México.

Radford, L. (2008). *The ethics of being and knowing: Towards a cultural theory of learning*. In L. Radford, G. Schubring, & F. Seeger (Eds.), *Semiotics in mathematics education: Epistemology, history, classroom, and culture* (pp. 215-234). Sense Publishers. <https://doi.org/10.1163/9789087905972>

Secretaría de Educación Pública (SEP) (2019a). *Hacia una nueva escuela mexicana. Perfiles Educativos*, 41(166). <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2019.166.59611>

Secretaría de Educación Pública (SEP) (2019b). *Nueva Escuela Mexicana: Fundamentos y principios*. <https://www.gob.mx/sep>

- Secretaría de Educación Pública (SEP). (2022). *Plan de estudios para la educación preescolar, primaria y secundaria*. México: SEP. <https://educacionbasica.sep.gob.mx/wp-content/uploads/2023/03/Documento-Informativo-Plan-y-Programas-de-Estudio.pdf>
- Secretaría de Educación Pública (SEP) (2023). *Propuesta del Marco Curricular Común de la Educación Media Superior*. <https://educacionmediasuperior.sep.gob.mx/propuestaMCCEMS>
- Schleicher, A. (2018). *World Class: How to Build a 21st-Century School System*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264300002-en>
- Sfard, A. (1991). On the dual nature of mathematical conceptions: Reflections on processes and objects as different sides of the same coin. *Educational Studies in Mathematics*, 22(1), 1-36. <https://doi.org/10.1007/BF00302715>
- Stallman, R. (2004). *Software libre para una sociedad libre Madrid* – España Editorial: Traficantes de sueños, 54-63
- Stewart, J. (2018). *Cálculo: Trascendentes tempranas* (7ª ed.). Cengage Learning.
- Schwab, K. (2016). *The fourth industrial revolution*. World Economic Forum.
- Valero-Matas, J.A., Valero-Oteo, I. y R-Coca, J. (2017). *El Desencuentro entre Ciencia y Educación; Un Problema Científico-Social*. *International Journal of Sociology of Education*, 6(3), 296-322. <http://dx.doi.org/10.17583/rise.2017.2724>
- Vera, F. (2022). *Secuencia didáctica para modelar situaciones: a través de la función cuadrática*. Una mirada desde la Educación Matemática Realista (Spanish Edition). Editorial Académica Española
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctvjf9vz4>
- Yakman, G. y Lee, J. (2012) *Exploring the exemplary STEM education in the U.S. as a practical education framework for Korea*. *Journal of Korea Association Science Education*, 32(6), 1072-1086

Zamorano, T; García, Y. y Reyes, D. (2018). *Educación para el sujeto del siglo XXI: Principales características del enfoque STEAM desde la mirada educativa*.  
Revista Contextos: Estudios de Humanidades y Ciencias Sociales.  
<http://revistas.umce.cl/index.php/contextos/article/view/1395>

## Anexos

### Propiedad intelectual

Registro de Autor – Programa de cómputo – Instrumento virtual para la enseñanza de conceptos de lenguaje variacional

# CERTIFICADO

Registro Público del Derecho de Autor

Para los efectos de los artículos 13, 162, 163 fracción I, 164 fracción I, y demás relativos de la Ley Federal del Derecho de Autor, se hace constar que la **OBRA** cuyas especificaciones aparecen a continuación, ha quedado inscrita en el Registro Público del Derecho de Autor, con los siguientes datos:

**AUTORES:** CORONADO ORTEGA MARCOS ALBERTO  
OLIVEROS RUIZ MARIA AMPARO  
RAMOS IRIGOYEN ROGELIO ARTURO ABRAHAM JOSE MARIA  
SOLIS CORTES FERNANDO FELIX  
VALDEZ SALAS BENJAMIN

**TÍTULO:** INSTRUMENTO VIRTUAL PARA LA ENSEÑANZA DE CONCEPTOS DE LENGUAJE VARIACIONAL

**RAMA:** PROGRAMAS DE COMPUTACION

**TITULAR:** UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA (CON FUNDAMENTO EN EL ARTICULO 83 DE LA L.F.D.A.)

Con fundamento en lo establecido por el artículo 168 de la Ley Federal del Derecho de Autor, las inscripciones en el registro establecen la presunción de ser ciertos los hechos y actos que en ellas consten, salvo prueba en contrario. Toda inscripción deja a salvo los derechos de terceros. Si surge controversia, los efectos de la inscripción quedarán suspendidos en tanto se pronuncie resolución firme por autoridad competente.

Con fundamento en los artículos 2, 208, 209 fracción III y 211 de la Ley Federal del Derecho de Autor; artículos 64, 103 fracción IV y 104 del Reglamento de la Ley Federal del Derecho de Autor; y artículos 1, 3 fracción I, 4, 8 fracción I y 9 del Reglamento Interior de Instituto Nacional del Derecho de Autor, se expide el presente certificado.

Número de Registro: 03-2024-062413483100-01

Ciudad de México, a 28 de junio de 2024

EL DIRECTOR DEL REGISTRO PÚBLICO DEL DERECHO DE AUTOR

JESÚS PARETS GÓMEZ



## CERTIFICADO

### Registro Público del Derecho de Autor

Para los efectos de los artículos 13, 162, 163 fracción I, 164 fracción I, y demás relativos de la Ley Federal del Derecho de Autor, se hace constar que la **OBRA** cuyas especificaciones aparecen a continuación, ha quedado inscrita en el Registro Público del Derecho de Autor, con los siguientes datos:

**AUTORES:** CORONADO ORTEGA MARCOS ALBERTO  
DOMINGUEZ OSUNA PATRICIA MARIELA  
HERNANDEZ MEZA LEIDY  
OLIVEROS RUIZ MARIA AMPARO  
PAZ DELGADILLO JUDITH MARISELA  
ROA RIVERA REYNA ISABEL  
SOLIS CORTES FERNANDO FELIX  
SOTO CALDEFON ATZIMBA  
VARGAS OSUNA LIDIA ESTHER

**TÍTULO:** DIPLOMADO STEAM

**RAMA:** COMPILACION DE DATOS (BASE DE DATOS)

**TITULAR:** UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA (CON FUNDAMENTO EN EL ARTICULO 83 DE LA L.F.D.A.)

Con fundamento en el Artículo 13 último párrafo de la Ley Federal del Derecho de Autor, las obras que por analogía puedan considerarse obras literarias o artísticas se incluirán en la rama que les sea más afín a su naturaleza.

Con fundamento en el Artículo 237 de la Ley Federal del Derecho de Autor, los afectados por los actos y resoluciones emitidos por el Instituto que pongan fin a un procedimiento administrativo, a una instancia o resuelvan un expediente, podrán interponer recurso de revisión en los términos de la Ley Federal del Procedimiento Administrativo.

Con fundamento en el Artículo 9 fracción I del Reglamento Interior del Instituto Nacional del Derecho de Autor, corresponde al Director del Registro del Derecho de Autor expedir los certificados de registro de las obras que establece la Ley y su Reglamento, así como determinar la rama en que deberán registrarse las obras que por su analogía puedan considerarse literarias o artísticas.

Con fundamento en lo establecido por el artículo 107 de la Ley Federal del Derecho de Autor, las bases de datos o de otros materiales legibles por medio de máquinas o en otra forma, que por razones de selección y disposición de su contenido constituyen creaciones intelectuales, quedarán protegidas como compilaciones. Dicha protección no se extenderá a los datos y materiales en sí mismos.

Con fundamento en lo establecido por el artículo 168 de la Ley Federal del Derecho de Autor, las inscripciones en el registro establecen la presunción de ser ciertos los hechos y actos que en ellas consten, salvo prueba en contrario. Toda inscripción deja a salvo los derechos de terceros. Si surge controversia, los efectos de la inscripción quedarán suspendidos en tanto se pronuncie resolución firme por autoridad competente.

1/2



CULTURA |



INDAUTOR  
INSTITUTO NACIONAL DEL DERECHO DE AUTOR

# CERTIFICADO

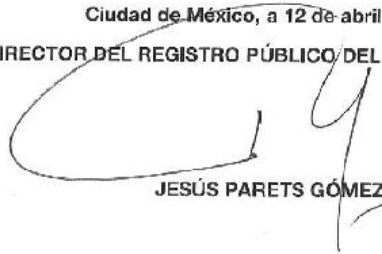
Registro Público del Derecho de Autor

Con fundamento en los artículos 2, 208, 209 fracción III y 211 de la Ley Federal del Derecho de Autor; artículos 61, 103 fracción IV y 104 del Reglamento de la Ley Federal del Derecho de Autor; y artículos 1, 3 fracción I, 4, 8 fracción I y 9 del Reglamento Interior del Instituto Nacional del Derecho de Autor, se expide el presente certificado.

Número de Registro: 03-2022-040714384000-01

Ciudad de México, a 12 de abril de 2022

EL DIRECTOR DEL REGISTRO PÚBLICO DEL DERECHO DE AUTOR



JESÚS PARETS GÓMEZ



SECRETARÍA DE CULTURA  
INSTITUTO NACIONAL DEL  
DERECHO DE AUTOR  
DIRECCIÓN DE REGISTRO  
PÚBLICO DEL DERECHO DE  
AUTOR

2/2



CULTURA  
SECRETARÍA DE CULTURA



INDAUTOR  
INSTITUTO NACIONAL DEL DERECHO DE AUTOR

# Registro de autor – Obra literaria - Realidad Aumentada como recurso para impulsar la investigación

## CERTIFICADO

### Registro Público del Derecho de Autor

Para los efectos de los artículos 13, 162, 163 fracción I, 164 fracción I, y demás relativos de la Ley Federal del Derecho de Autor, se hace constar que la **OBRA** cuyas especificaciones aparecen a continuación, ha quedado inscrita en el Registro Público del Derecho de Autor, con los siguientes datos:

**AUTORES:** FIGUEROA ROCHIN CLAUDIA ARACELI  
SEPULVEDA RODRIGUEZ JESUAN ADALBERTO  
SOLIS CORTES FERNANDO FELIX

**TÍTULO:** REALIDAD AUMENTADA COMO RECURSO PARA IMPULSAR LA INVESTIGACION

**RAMA:** LITERARIA

**TITULAR:** UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA (CON FUNDAMENTO EN EL ARTICULO 83 DE LA L.F.D.A.)

Con fundamento en lo establecido por el artículo 168 de la Ley Federal del Derecho de Autor, las inscripciones en el registro establecen la presunción de ser ciertos los hechos y actos que en ellas consten, salvo prueba en contrario. Toda inscripción deja a salvo los derechos de terceros. Si surge controversia, los efectos de la inscripción quedarán suspendidos en tanto se pronuncie resolución firme por autoridad competente.

Con fundamento en los artículos 2, 208, 209 fracción III y 211 de la Ley Federal del Derecho de Autor; artículos 64, 103 fracción IV y 104 del Reglamento de la Ley Federal del Derecho de Autor; y artículos 1, 3 fracción I, 4, 8 fracción I y 9 del Reglamento Interior de Instituto Nacional del Derecho de Autor, se expide el presente certificado.

Número de Registro: 03-2023-101210285200-01

Ciudad de México, a 22 de noviembre de 2023

EL DIRECTOR DEL REGISTRO PÚBLICO DEL DERECHO DE AUTOR

JESÚS PARETS GÓMEZ



SECRETARÍA DE CULTURA  
INSTITUTO NACIONAL DEL  
DERECHO DE AUTOR  
REGISTRO PÚBLICO DEL  
DERECHO DE AUTOR

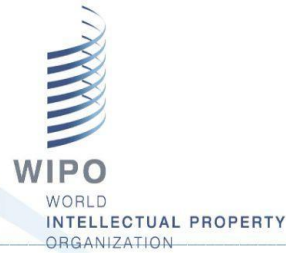


CULTURA  
SECRETARÍA DE CULTURA



INDAUTOR  
INSTITUTO NACIONAL DEL DERECHO DE AUTOR

Certificado emitido por la Organización Mundial de Propiedad Intelectual (OMPI) - Curso General sobre Propiedad Intelectual



**WIPO ACADEMY**

**CERTIFICATE**

This is to certify that

**Fernando Solis**

has successfully completed  
the distance learning

**GENERAL COURSE ON INTELLECTUAL PROPERTY**

**from November 12 to December 16, 2020**

Hasan Kleib  
Deputy Director General  
Regional and National  
Development Sector  
WIPO



hdJz5iGaZ0

# Participación en eventos académicos

## Segundo Encuentro Estatal de Enseñanza de las Matemáticas



Universidad Autónoma de Baja California  
Facultad de Pedagogía e Innovación Educativa  
Cuerpo Académico Didáctica de la Matemática



ENCUENTRO  
ESTATAL DE  
ENSEÑANZA DE LAS  
MATEMÁTICAS

Otorga la presente

# Constancia

**A: FERNANDO FELIX SOLIS CORTÉS**

Por la participación en el Segundo Encuentro Estatal de Enseñanza de las Matemáticas celebrado el 20 y 21 de noviembre de 2020 de forma virtual y con duración de 40 horas.

**GRICELDA MENDIVIL ROSAS**  
Presidenta de la Delegación de Baja California  
Asociación Nacional de Profesores de Matemáticas

FOLIO : 303720

**ERNESTO ISRAEL SANTILLÁN**  
Director de la Facultad de Pedagogía e Innovación Educativa  
Universidad Autónoma de Baja California



# Tercer Encuentro Estatal de Enseñanza de las Matemáticas

The certificate is a rectangular document with a yellow top border and a purple bottom border. It features several logos: the University of Baja California logo on the left, the State Government of Baja California logo in the top right, and the ANPM logo in the bottom right. The main text is centered and includes the faculty name, the event title, the recipient's name, and the details of the event. It is signed by three individuals: Griselda Mendivil Rosas, Ernesto Israel Santillán, and Higinio Barrón Rodríguez. A large, faint watermark of the event logo is visible in the background.

**Universidad Autónoma de Baja California**

Facultad de Pedagogía e Innovación Educativa  
Cuerpo Académico Didáctica de la Matemática

**ENCUENTRO ESTATAL DE ENSEÑANZA DE LAS MATEMÁTICAS**

Otorga la presente

**Constancia**

A: FERNANDO FÉLIX SOLÍS CORTÉS

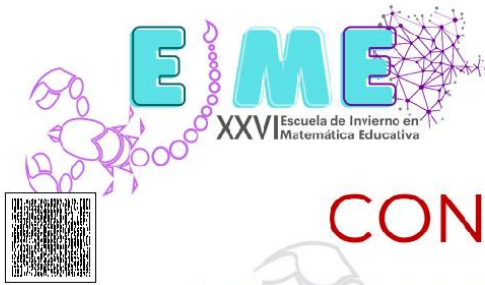
Por la participación en el Tercer Encuentro Estatal de Enseñanza de las Matemáticas celebrado el 16, 17, 18 y 19 de noviembre de 2021 de forma virtual y con duración de 40 horas.

**GRICELDA MENDIVIL ROSAS**  
Presidenta de la Delegación de Baja California  
Asociación Nacional de Profesores de Matemáticas

**ERNESTO ISRAEL SANTILLÁN**  
Director de la Facultad de Pedagogía e Innovación Educativa  
Universidad Autónoma de Baja California

**HIGINIO BARRÓN RODRÍGUEZ**  
Presidente de la Asociación Nacional de Profesores de Matemáticas

# XXVI Escuela de Invierno en Matemática Educativa (EIME)



## CONSTANCIA

La Red de Centros de Investigación en Matemática Educativa A.C.

Otorga la presente a:

**FERNANDO FÉLIX SOLÍS CORTÉS**

Por su asistencia a la **XXVI Escuela de Invierno en Matemática Educativa**, que se ha celebrado en la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Juárez de Estado de Durango del 5 al 8 de diciembre del 2023, con una duración total de 30 horas.

  
Dr. Luis Manuel Cabrera Chim  
Secretario

  
  
Dra. María Guadalupe Simón Ramos  
Presidenta

  
Dra. Claudia Leticia Méndez Bello  
Tesorera

Durango, Diciembre de 2023

**CASIO**



Laboratorio diseños basados en modelación escolar para fomentar el desarrollo del pensamiento algebraico y variacional



# CONSTANCIA

La Red de Centros de Investigación en Matemática Educativa A.C.

Otorga la presente a:

## FERNANDO FÉLIX SOLÍS CORTÉS

por su participación en el Laboratorio

"DISEÑOS BASADOS EN MODELACIÓN ESCOLAR PARA FOMENTAR EL DESARROLLO DEL PENSAMIENTO ALGEBRAICO Y VARIACIONAL"

con duración de 4 horas, como parte de las actividades de la **XXVI Escuela de Invierno en Matemática Educativa**, realizada en la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Juárez de Estado de Durango del 5 al 8 de diciembre del 2023.



**Dr. Luis Manuel Cabrera Chim**  
Secretario



**Dra. María Guadalupe Simón Ramos**  
Presidenta



**Dra. Claudia Leticia Méndez Bello**  
Tesorera



Durango, Diciembre de 2023



# CONSTANCIA

La Red de Centros de Investigación en Matemática Educativa A.C.

Otorga la presente a:

**FERNANDO FÉLIX SOLÍS CORTÉS**

por su participación en el Seminario de Investigación  
"SEMINARIO DE DOCTORADO"

con duración de 4 horas, como parte de las actividades de la **XXVI Escuela de Invierno en Matemática Educativa**, realizada en la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Juárez de Estado de Durango del 5 al 8 de diciembre del 2023.



Dr. Luis Manuel Cabrera Chim  
Secretario



Dra. María Guadalupe Simón Ramos  
Presidenta



Dra. Claudia Leticia Méndez Bello  
Tesorera

Durango, Diciembre de 2023

CASIO



# Taller diseño de progresiones de aprendizaje para el desarrollo del pensamiento variacional



## CONSTANCIA

La Red de Centros de Investigación en Matemática Educativa A.C.

Otorga la presente a:

**FERNANDO FÉLIX SOLÍS CORTÉS**

por su participación en el Taller

"DISEÑO DE PROGRESIONES DE APRENDIZAJE PARA EL DESARROLLO DEL PENSAMIENTO VARIACIONAL"  
con duración de 4 horas, como parte de las actividades de la **XXVI Escuela de Invierno en Matemática Educativa**, realizada en la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Juárez de Estado de Durango del 5 al 8 de diciembre del 2023.

  
Dr. Luis Manuel Cabrera Chim  
Secretario

  
  
Dra. María Guadalupe Simón Ramos  
Presidenta

  
Dra. Claudia Leticia Méndez Bello  
Tesorera

Durango, Diciembre de 2023

**CASIO**



## Presentación de ponencias, conferencias y talleres

Introducción a la gamificación con Quizizz



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
FACULTAD DE DEPORTES

Otorga la presente

# CONSTANCIA

**A: Mtro. Fernando Félix Solís Cortés**

Por su valiosa participación con la conferencia “Introducción a la Gamificación con Quizizz”, presentada en el I Coloquio Internacional en Ciencias de la Actividad Física y Deporte, dentro de la Expo Deportes 2021-2, realizada del 22 al 26 de noviembre del año en curso.

Tijuana, B.C., noviembre de 2021  
“POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL HOMBRE”

*F. Solís*  
Mtro. Juan José Calleja Núñez  
SUBDIRECTOR

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE BAJA CALIFORNIA



FACULTAD DE DEPORTES  
CAMPUS TIJUANA



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**VICERRECTORÍA - CAMPUS MEXICALI**  
Departamento de Informática y Bibliotecas

# CONSTANCIA

**A: FERNANDO FÉLIX SOLÍS CORTÉS**

Por impartir la Conferencia:

**“Oportunidades digitales para el Estudiante  
Universitario”**

**“POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL SER”**

Mexicali, B. Cfa., a 19 de septiembre de 2022

Ing. Adolfo Zaragoza Bautista  
Jefe del Departamento

L.A.E. Jessica Báez González  
Jefa de Biblioteca Central Mexicali



# Tallerista Experiencia Inmersiva STEAM UABC - SEBC



**BAJA CALIFORNIA**  
GOBIERNO DEL ESTADO

**EDUCACIÓN**  
Secretaría de Educación



El Gobierno del Estado de Baja California a través de la Secretaría de Educación en coordinación con la Universidad Autónoma de Baja California

otorgan la presente

## CONSTANCIA

A: **Mtro. Fernando Félix Solís Cortés**

Por su valiosa participación como instructor del curso-taller “**Experiencia Inmersiva STEAM UABC para Educación Básica**”, con el objetivo de dar a conocer la metodología STEAM y sus beneficios a través de conferencias y talleres interactivos, celebrada el día 10 de octubre de 2022, en el Departamento de Informática y Bibliotecas del campus Mexicali.



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN

**Dulce María Jáuregui Santillán**  
Subsecretaria de Educación Básica

Tallerista 1era. Edición del Festival Aeroespacial Mexicali en las alturas



COMITÉ DE TURISMO Y CONVENCIONES  
**MEXICALI**

Otorga el presente

# RECONOCIMIENTO

A: Mtro. Fernando Félix Solís Cortés

Por haber participado en la 1 era. edición del  
*Festival Aeroespacial "Mexicali en las alturas"* el día 30 de  
Abril del 2022 en la ciudad de Mexicali, Baja California.



**NANCY RAOLA MINOR IBARRA**  
Directora general del Comité de  
Turismo y Convenciones de Mexicali







UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA A TRAVÉS DE LA  
COORDINACIÓN GENERAL DE EXTENSIÓN DE LA CULTURA Y DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA



otorga la presente

# CONSTANCIA

a

**Mtro. Fernando Félix Solís Cortes**

Por su participación en la organización del "Pabellón de la Ciencia STEAM-UABC" y la impartición de los talleres de difusión y divulgación en el marco del Festival Aeroespacial "Mexicali en las Alturas" el 30 de abril de 2022.

"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL HOMBRE"  
Mexicali, Baja California, a 06 de junio de 2022

Dra. Luz María Ortega Villa  
Coordinadora General

Concurso en categoría de Material didáctico EIME XXVI – tercer lugar.



# CONSTANCIA

La Red de Centros de Investigación en Matemática Educativa A.C.

Otorga la presente a:

**Fernando Félix Solís Cortés,  
Marcos Coronado Ortega y  
María Amparo Oliveros Ruíz**

por haber obtenido el  
**Tercer lugar**

En el *Concurso de Material Didáctico* de la **XXVI Escuela de Invierno en Matemática Educativa**, realizada en la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Juárez de Estado de Durango del 5 al 8 de diciembre del 2023.



Dra. María Guadalupe Simón Ramos  
Presidenta de la Red



Dr. Armando Mata Romero  
Director FCE UJED

Durango, Durango a 8 de diciembre de 2023



Presentación de ponencia *Graffun*: un material didáctico digital para la comprensión de fenómenos variacionales en el contexto de las funciones matemáticas



## CONSTANCIA

La Red de Centros de Investigación en Matemática Educativa A.C.

Otorga la presente a:

**FERNANDO FÉLIX SOLÍS CORTÉS**

por haber presentado la ponencia titulada

"Graffun: un material didáctico digital para la comprensión de fenómenos variacionales en el contexto de las funciones matemáticas"

en la actividad *Divulgación de material didáctico* de la **XXVI Escuela de Invierno en Matemática Educativa**, realizada en la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Juárez de Estado de Durango del 5 al 8 de diciembre del 2023.

  
Dr. Luis Manuel Cabrera Chim  
Secretario

  
Dra. María Guadalupe Simón Ramos  
Presidenta

  
Dra. Claudia Leticia Méndez Bello  
Tesorera

Durango, Diciembre de 2023

**CASIO**



## Tallerista 3era. Edición del Festival Aeroespacial Mexicali en las alturas

The certificate is on a blue background with a star pattern. It features logos for 'Visit Mexicali Cotuco', 'Gobierno de Mexicali', and 'Uniendo Esfuerzos 24 Ayuntamiento'. The recipient's name is written in a cursive font. The text describes the workshop participation at the 'Ciencia de la Tercera edición del Festival Aeroespacial "Mexicali en las alturas"'. The official signature and name of Nancy Paola Minor Ibarra are at the bottom.

**Visit MEXICALI COTUCO**

**GOBIERNO DE MEXICALI** **UNIENDO ESFUERZOS**  
24 Ayuntamiento

EL COMITÉ DE TURISMO Y CONVENCIONES DEL MUNICIPIO DE MEXICALI , BAJA CALIFORNIA  
HACE ENTREGA DE LA SIGUIENTE CONSTANCIA

**A: *Fernando Félix Solís Cortés***

Por haber participado como tallerista en el pabellón de la Ciencia de la Tercera edición del Festival Aeroespacial "Mexicali en las alturas", dirigido al público en general para fomentar el acercamiento a la ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas, llevado a cabo el día 25 de noviembre del 2023 en la ciudad de Mexicali, Baja California.

**FESTIVAL AERO ESPACIAL MEXICALI**

**Nancy Paola Minor Ibarra**  
DIRECTORA DEL COMITÉ DE TURISMO Y CONVENCIONES  
DEL MUNICIPIO DE MEXICALI



El Patronato de las Fiestas del Sol de Mexicali

otorga la presente

# Constancia

a

**FERNANDO FÉLIX SOLÍS CORTÉS**

*Por haber participado como tallerista en el espacio STEAM UABC dentro de la **Zona Geek de las Fiestas del Sol 2023** dirigido al público en general para fomentar el acercamiento a la ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas, llevado a cabo del 29 de septiembre al 15 de octubre del 2023 en la ciudad de Mexicali, Baja California.*



**Ismael Castro García**  
**DIRECTOR**  
Patronato de las Fiestas del Sol de Mexicali

Mexicali, Baja California a 20 de octubre de 2023.

## Proyectos de investigación y vinculación

Participación en el Foro de Consulta Pública para integrar el Programa Sectorial de Educación del Estado de Baja California (STEAM)



The certificate features a decorative background with geometric patterns and logos at the top. The logos include the coat of arms of Baja California, the text 'BAJA CALIFORNIA GOBIERNO DEL ESTADO', 'COPLADE Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado', 'EDUCACIÓN Secretaría de Educación', and 'Con el corazón por delante.' Below the logos, the text reads: 'El Gobierno del Estado de Baja California a través de la Secretaría de Educación y del Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado otorga la presente'. The word 'CONSTANCIA' is written in large, bold, maroon letters. Below it, 'a:' is written in small letters, followed by the name 'Fernando Félix Solís Cortes' in large black letters. The text continues: 'Por su participación en el **Foro de Consulta Pública para integrar el Programa Sectorial de Educación del Estado de Baja California 2022-2027.** Octubre, 2022.' A handwritten signature is placed over a horizontal line. Below the signature, the text reads: 'Mtro. Gerardo Arturo Solís Benavides, Secretario de Educación y Director General del Instituto de Servicios Educativos y Pedagógicos de Baja California'.

BAJA CALIFORNIA GOBIERNO DEL ESTADO

COPLADE Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado

EDUCACIÓN Secretaría de Educación

Con el corazón por delante.

El Gobierno del Estado de Baja California a través de la Secretaría de Educación y del Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado otorga la presente

# CONSTANCIA

a:

## Fernando Félix Solís Cortes

Por su participación en el **Foro de Consulta Pública para integrar el Programa Sectorial de Educación del Estado de Baja California 2022-2027.**  
Octubre, 2022.



Mtro. Gerardo Arturo Solís Benavides  
Secretario de Educación y Director General del Instituto de  
Servicios Educativos y Pedagógicos de Baja California

Participación en la Red de Colaboración y Aprendizaje REATIC (Red de Educación apoyada en TICC)

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

CENTRO DE INVESTIGACIÓN PARA EL APRENDIZAJE DIGITAL

# CONSTANCIA

A: SOLIS CORTES FERNANDO FELIX

Por haber participado en la red de colaboración y aprendizaje de la REATIC (Red de Educación apoyada en TICC) utilizando tecnologías de información, comunicación y colaboración. Durante 2022, en la red participan 35 académicos e investigadores de diversas Unidades Académicas de la institución, pertenecientes a los cuerpos académicos de: Educación continua a distancia, Tecnología de información y visualización, Cómputo científico, Innovación educativa, Transformación digital de las organizaciones, Sistemas de Información y gestión empresarial, Ciencias Básicas de la Ingeniería, Procesos Industriales, Tecnologías de Diseño y Manufacturas, Infraestructura de transporte, desarrollo regional e impacto social, Incorporación de Tecnologías en Ciencias de la Salud y la Conducta, y Educación apoyada en TICC, así como de profesores investigadores que colaboran en la REATIC.

El objetivo de esta red fue trabajar en la definición de una agenda institucional de investigación, en materia de aprovechamiento de las tecnologías digitales para incidir en la calidad de las experiencias de enseñanza aprendizaje de los estudiantes universitarios y en el desarrollo de la cultura digital de la comunidad universitaria. Se obtuvieron como resultados la relación de Proyectos y LGAC prioritarias a cultivar para desarrollo de innovaciones para la UABC. Así como la identificación de la estructura y recursos institucionales que se requieren para dar soporte a la iniciativa de esta agenda institucional.

Se extiende la presente a petición del interesado, para los fines que estime convenientes, en la ciudad de Mexicali, Baja California, a 24 de enero de 2023.



Universidad Autónoma  
de Baja California  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN  
PARA EL APRENDIZAJE DIGITAL

ATENTAMENTE  
"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL SER"  
COORDINADORA

DRA. PATRICIA AVITIA CARLOS



Para validar el siguiente documento puede ingresar a la siguiente página web:  
<http://siii.uabc.mx/consulta?id=130203&token=f819a90f4>

Participación en proyecto de investigación Comunidades de Aprendizaje basados en el modelo STEAM en un ámbito binacional



**Universidad Autónoma de Baja California**  
**DEPARTAMENTO DE APOYO A LA DOCENCIA Y LA INVESTIGACIÓN**  
**CAMPUS MEXICALI**

# Constancia

## A QUIEN CORRESPONDA:

Por medio de la presente se hace constar que FERNANDO FELIX SOLIS CORTES, se encuentra como ASOCIADO del proyecto de investigación: COMUNIDADES DE APRENDIZAJE BASADOS EN EL MODELO STEAM EN UN ÁMBITO BINACIONAL.

Este proyecto, es apoyado por la FACULTAD DE PEDAGOGIA E INNOVACION EDUCATIVA de esta Universidad, durante el periodo de 2023-2 a 2025-1, y se encuentra debidamente registrado en el Departamento de Apoyo a la Docencia y la Investigación como proyecto VIGENTE .

Se extiende la presente constancia, a los quince días del mes de diciembre de dos mil veintitres, en la ciudad de Mexicali, Baja California.

**ATENTAMENTE**  
**"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL SER"**  
**JEFA DEL DEPARTAMENTO**

**DRA. YARALÍN ACEVES VILLANUEVA**



Colaboración en proyecto Tecnologías emergentes en la Educación con la Secretaría de Educación de Baja California



**BAJA CALIFORNIA**  
GOBIERNO DEL ESTADO



**EDUCACIÓN**  
Secretaría de Educación



**Google**  
for education

El **Gobierno del Estado** a través de la **Secretaría de Educación**

Otorgan la presente

# CONSTANCIA

a:

## Fernando Felix Solis Cortes

Por su colaboración en el proyecto: **Tecnologías Emergentes en la Educación**, con el diseño e implementación de programas educativos dirigidos a alumnos de educación básica en condición de desventaja académica, en los grados 3ro y 4to de primaria en el municipio de Mexicali. Una vinculación con la Facultad de Pedagogía e Innovación Educativa de la Universidad Autónoma de Baja California.



**Mtro. Gerardo Arturo Solís Benavides**  
Secretario de Educación y Director General del Instituto de Servicios Educativos y Pedagógicos de Baja California

20 de Diciembre de 2023.

# Participación en proyecto de investigación titulado Tecnologías emergentes en la Educación



**Universidad Autónoma de Baja California**

**DEPARTAMENTO DE APOYO A LA DOCENCIA Y LA INVESTIGACIÓN  
CAMPUS MEXICALI**

## **Constancia**

### **A QUIEN CORRESPONDA:**

Por medio de la presente se hace constar que FERNANDO FELIX SOLIS CORTES, se encuentra como ASOCIADO del proyecto de investigación: TECNOLOGÍAS EMERGENTES EN LA EDUCACIÓN

Este proyecto, es apoyado por la FACULTAD DE PEDAGOGIA E INNOVACION EDUCATIVA de esta Universidad, durante el periodo de 2023-2 a 2025-1, y se encuentra debidamente registrado en el Departamento de Apoyo a la Docencia y la Investigación como proyecto VIGENTE .

Se extiende la presente constancia, a los quince días del mes de diciembre de dos mil veintitres, en la ciudad de Mexicali, Baja California.

**ATENTAMENTE  
"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL SER"  
JEFA DEL DEPARTAMENTO**

**DRA. YARALÍN ACEVES VILLANUEVA**



# Actividades en Ecosistema STEAM UABC

## Participación en el diseño de Diplomado STEAM UABC



**CAMPUS MEXICALI  
DEPARTAMENTO DE APOYO A LA EXTENSIÓN DE LA  
CULTURA Y LA VINCULACIÓN**

A QUIEN CORRESPONDA:

Por este conducto, se hace constar que según expediente que obra en este Departamento de Apoyo a la Extensión de la Cultura y Vinculación, que el **MTRO. FERNANDO FÉLIX SOLÍS CORTÉS**, adscrito a la Facultad de Pedagogía e Innovación Educativa, diseñó el **Diplomado Modelo Steam**. Aprobado por la Comisión Especial el día 07 de septiembre del 2021, con Dictamen Número 216.

Se extiende la presente constancia para los usos que juzgue convenientes en la Ciudad de Mexicali, Baja California, a los 17 días del mes de diciembre del año 2021.

A T E N T A M E N T E  
"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL HOMBRE"

DR. JOSÉ ÁNGEL LEÓN VALDÉZ  
Jefe del departamento



# Participación en Ecosistema STEAM

**Asunto: Constancia**

A QUIEN CORRESPONDA:

El suscrito Director de la Facultad de Pedagogía e Innovación Educativa, dependiente de la Universidad Autónoma de Baja California, hace constar que el

**MTRO. FERNANDO FÉLIX SOLÍS CORTÉS**

Ha participado activamente en el **ECOSISTEMA STEAM UABC** con el desarrollo de **actividades relacionadas a la promoción de la Ciencia y la Tecnología orientadas a la atención de grupos sociales desfavorecidos** durante los ciclos 2021-1 y 2021-2.

Se extiende la presente a petición de la parte interesada para los fines que estime convenientes en la ciudad de Mexicali Baja California, a los quince días del mes de noviembre del dos mil veintiuno.

**ATENTAMENTE**  
**"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL HOMBRE"**  
**DIRECTOR**

**DR. ERNESTO ISRAEL SANTILLÁN ANGUIANO**



C.c.p. Archivo

## Instructor en Diplomado STEAM UABC



"2022, año de la erradicación de la violencia contra las mujeres en Baja California"

Facultad de Pedagogía e Innovación Educativa

Oficio No. 106/2022-2

### A QUIEN CORRESPONDA:

La que suscribe, Dra. Gricelda Mendivil Rosas, directora de la Facultad de Pedagogía e Innovación Educativa de la Universidad Autónoma de Baja California, Unidad Mexicali, hace constar que la C. **Fernando Félix Solís Cortés**, adscrita a la Facultad de Pedagogía e Innovación Educativa, formó parte del equipo de instructores que impartieron el **Diplomado STEAM** con una duración de 171 horas en el periodo del 05 de abril al 09 de junio 2022.

Sin otro particular, agradezco la atención prestada y me despido enviándole un cordial saludo.



ATENTAMENTE  
Mexicali, Baja California; a 31 de agosto de 2022  
"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL SER"  
DIRECTORA

DRA. GRICELDA MENDIVIL ROSAS



C.p. Archivo/minutario  
MILG/Radic@

# Participación en Red de Colaboración y Aprendizaje Ecosistema STEAM UABC 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

CENTRO DE INVESTIGACIÓN PARA EL APRENDIZAJE DIGITAL

## CONSTANCIA

A: SOLIS CORTES FERNANDO FELIX

Por haber **participado** en la **red de colaboración y aprendizaje "Ecosistema STEAM UABC"** utilizando tecnologías de información, comunicación y colaboración. El trabajo realizado por esta red busca fomentar las vocaciones científicas y tecnológicas entre niños y jóvenes de niveles educativos previos, grupos vulnerables, poblaciones rurales y migrantes, basado en el modelo educativo STEAM (modelo que integra la ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas para responder a las necesidades de la industria 4.0). Como parte de los resultados de esta red, se participó en el pabellón de la ciencia del Festival Aeroespacial "Mexicali en las Alturas" organizado por el Comité de Turismo y Convenciones de Mexicali el 30 de abril de 2022. Otras actividades de la red pueden ser consultadas en el sitio de Facebook <https://www.facebook.com/red.steam.mx>

Se extiende la presente a petición del interesado, para los fines que estime convenientes, en la ciudad de Mexicali, Baja California, a 3 de febrero de 2023.



Universidad Autónoma  
de Baja California  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN  
PARA EL APRENDIZAJE DIGITAL

ATENTAMENTE  
"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL SER"  
COORDINADORA

DRA. PATRICIA AVITIA CARLOS



Para validar el siguiente documento puede ingresar a la siguiente página web:  
<http://siiii.uabc.mx/consulta?id=134693&token=2325a19d4>

# Participación en Red de Colaboración y Aprendizaje Ecosistema STEAM UABC 2023

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN PARA EL APRENDIZAJE DIGITAL**

## **CONSTANCIA**

**A: SOLIS CORTES FERNANDO FELIX**

Por haber participado en la red de colaboración y aprendizaje "Ecosistema STEAM UABC" utilizando tecnologías de información, comunicación y colaboración. Esta red tuvo como objetivo fomentar las vocaciones científicas y tecnológicas entre niños y jóvenes de niveles educativos previos, grupos vulnerables, poblaciones rurales y migrantes, basado en el modelo educativo STEAM (modelo que integra la ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas) para responder a las necesidades de la industria 4.0, en el 2023-2. Como resultado, se logró la participación en el pabellón de las ciencias en las instalaciones de las fiestas del Sol 2023. Y por tercera ocasión, el ecosistema STEAM UABC, participó en el pabellón de la ciencia del Festival Aeroespacial Mexicali en las Alturas organizado por el Comité de Turismo y Convenciones de Mexicali el 25 de noviembre del 2023 en las instalaciones de agro baja.

Se extiende la presente a petición del interesado, para los fines que estime convenientes, en la ciudad de Mexicali, Baja California, a 22 de enero de 2024.



**Universidad Autónoma  
de Baja California**  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN  
PARA EL APRENDIZAJE DIGITAL

**ATENTAMENTE  
"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL SER"  
COORDINADORA**

**DRA. PATRICIA AVITIA CARLOS**



Para validar el siguiente documento puede ingresar a la siguiente página web:  
<http://siii.uabc.mx/consulta?id=192952&token=e023c3379>