

Contextualización de Conceptos Matemáticos en Fenómenos Físicos

Karla Liliana Puga Nathal¹, Alejandro Esparza Godínez², Juan Carlos Martínez Sandoval³, María Eugenia Puga Nathal^{4*}, Cesar Alexis Cervantes Torres⁵
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán^{1,3,4,5}
Departamento de Ciencias Básicas^{1,3}, Departamento de Sistemas y Computación⁴,
Estudiante de Ingeniería Mecánica⁵, Escuela Secundaria Técnica No. 100²

Resumen – La matematización es una habilidad que deben desarrollar los estudiantes universitarios en su formación académica. Se ha observado en el aula que esta práctica conlleva a una serie de dificultades que van desde la identificación de los conceptos matemáticos que se requieren para resolver problemas hasta la aplicación y análisis de estos dentro de un contexto. Se presentan una serie de planteamientos cuya finalidad es promover la modelación matemática mediante la recopilación de datos extraídos de sensores que detectan diversas variables físicas. La idea central de la propuesta es ponderar la importancia de incorporar prácticas de laboratorio en el aula de matemáticas como medio para contextualizar conceptos matemáticos.

Índice de Términos – Modelado Matemático, Práctica de Laboratorio, Experimentación en el aula.

Abstract - Mathematization is a skill that university students must develop in their academic training. It has been observed in the classroom that this practice leads to a series of difficulties ranging from the identification of the mathematical concepts required to solve problems to the application and analysis of these within a context. A series of approaches are presented whose purpose is to promote mathematical modeling through the collection of data extracted from sensors that detect various physical variables. The central idea of the proposal is to consider the importance of incorporating laboratory practices in the mathematics classroom as a means to contextualize mathematical concepts.

Keywords - Mathematical Modeling, Laboratory Practice, Experimentation in the classroom.

I. INTRODUCCIÓN

Las matemáticas en la universidad son herramientas que posibilitan a un sujeto a entender, explicar, discernir y encontrar respuestas o explicaciones en alguna parte de su realidad, así como tomar decisiones fundamentadas de su entorno sea escolar, familiar, profesional o social. En la cotidianidad, el sujeto se enfrenta frecuentemente con situaciones ante las cuales la aplicación de técnicas de razonamiento cuantitativo o espacial, así como de otras herramientas matemáticas, puede contribuir a clarificar, formular o resolver un problema.

Los elementos matemáticos tales como términos, conceptos y procedimientos, y la utilización de éstos, son tratados en el aula en la solución de problemas con estructuras matemáticas predeterminadas. Fuera del aula, la mayoría de los problemas con tintes matemáticos no presentan una estructura matemática evidente, le corresponde al sujeto poner en juego sus aptitudes y conocimientos en el planteamiento de tales estructuras, en principio saber qué concepto de las matemáticas está inmerso en tal situación y de esa forma estructurar, interpretar, solucionar y comunicar la solución del problema.

Las aplicaciones de las matemáticas en el aula generalmente se basan en las habilidades desarrolladas a partir de la resolución de los diferentes tipos de problemas que aparecen en los libros de texto escolares y los que se

¹Karla Liliana Puga Nathal, Docente del departamento de Ciencias Básicas. Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán. karla.pn@cdguzman.tecnm.mx

²Alejandro Esparza Godínez, Docente de la Escuela Secundaria Técnica No 100. esparza.g.alex@gmail.com

³Juan Carlos Martínez Sandoval, Docente del departamento de Ciencias Básicas. Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán. juan.ms@cdguzman.tecnm.mx

⁴María Eugenia Puga Nathal, Docente del departamento de Sistemas y Computación. Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán. maria.pn@cdguzman.tecnm.mx

⁵Cesar Alexis Cervantes Torres, Estudiante de Ingeniería Mecánica. Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán. l22290817@cdguzman.tecnm.mx

plantean en los salones de clase [1]. Sin embargo, en el nivel universitario los aprendizajes deberán trascender del aula y trasladarse a la vida del sujeto en diferentes situaciones y contextos.

Una habilidad crucial implícita que debe desarrollar cualquier estudiante universitario al transitar hacia su formación profesional es la matematización de una situación problema [2], esto es la capacidad de plantear, formular, resolver e interpretar problemas empleando las matemáticas dentro de una variedad de situaciones y contextos que van desde los puramente matemáticos a aquéllos que no presentan ninguna estructura matemática aparente.

El estudio que se presenta a continuación se centra en la implementación metodológica de un escenario didáctico en donde se promueve la contextualización de conceptos matemáticos a través de la realización de prácticas de laboratorio. Esta tarea se logra mediante la incorporación de una serie de experimentos con sensores con los que los estudiantes recolectan datos de diferentes variables físicas, los procesan, generan modelos matemáticos correspondientes y caracterizan al fenómeno estudiado incorporando los conceptos matemáticos que mejor se ajustan al contexto.

II. DESARROLLO

En la universidad, la importancia del trabajo de laboratorio no se puede asociar únicamente en comprender los fenómenos que se abordan en el aula en diferentes disciplinas. Un laboratorio resulta de suma importancia, pues en este se llevan a cabo experiencias vivenciales con los contenidos temáticos, se prueban o refutan principios teóricos de las ciencias y sobre todo es una oportunidad para que los estudiantes pongan en escena los conocimientos que adquieren en el aula de matemática como una herramienta para estudiar lo que en el laboratorio se plantea.

En la investigación se considera que los elementos que deben estar presentes cuando se implementan los laboratorios en el terreno escolar ya sea para desarrollar investigación o realizar actividad científica son los siguientes [3]:

1. Presentar situaciones problemáticas abiertas adecuadas para el nivel de los alumnos
2. Favorecer el interés y la reflexión en la problemática.
3. Potenciar análisis cualitativos que refuercen el papel de la matemática en la investigación.
4. Permitir que los estudiantes planteen hipótesis y destacar esto como parte medular de la actividad científica.

5. Promover que los estudiantes elaboren diseños experimentales.
6. Plantear un análisis detenido de los resultados.
7. Plantear la consideración de distintas perspectivas.
8. Promover la integración de lo realizado al conocimiento y a otras áreas.
9. Conceder importancia especial a la elaboración de memorias científicas o evidencia.
10. Potenciar la dimensión colectiva del trabajo científico.

El marco teórico que sustentó el diseño de la propuesta es el *aprendizaje por indagación*, que propone una intervención centrada en el estudiante. El término de indagación, en el contexto de un laboratorio escolar hace referencia a que los estudiantes sean quienes realicen observaciones, planteen cuestionamientos, examinen libros y otras fuentes de información, planifiquen investigaciones, compartan, recojan, analicen e interpreten datos e información, propongan predicciones, explicaciones y conclusiones y participen los resultados que se obtienen como producto de las actividades; todo esto fundamentado en modelos matemáticos [4].

El ciclo del aprendizaje por indagación está dividido en cuatro fases: focalización, Exploración, Reflexión y Aplicación/Evaluación Final, como se muestra en la Figura 1. Este ciclo promueve que los estudiantes logren crecer académicamente en dos dimensiones científicas, primero como una actualización del conocimiento teórico del tema que se trabaja y segundo en la experiencia con estrategias y procedimientos científicos que se utilizan para obtener conocimiento formal [5].



Fig. 1. Ciclo del aprendizaje por indagación [5].

El ciclo de aprendizaje por indagación se hace evidente en desarrollo de cada práctica [7]:

Focalización. Expresión de ideas previas y formulación de hipótesis.

Exploración. Desarrollo del experimento, recolección e interpretación de datos.

Reflexión. Discusión de las observaciones.

Aplicación. Desarrollo de conclusiones e implicaciones reales de la temática abordada en la práctica.

En la propuesta el trabajo de laboratorio consistió en estudiar comprobar y generar modelos matemáticos de diferentes fenómenos físicos en el campo de la Cinemática de Partículas, Cinética, Energía, Fricción seca, Impulso y cantidad de movimiento, Las Leyes del Movimiento de Newton, Movimiento curvilíneo y lanzamiento de proyectiles, Movimiento rectilíneo uniforme, Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado y Trabajo [8]. El medio para vincular a los estudiantes con los contenidos temáticos fue mediante prácticas de laboratorio.

El trabajo de laboratorio consistió en que los estudiantes registraran los datos muestreados por los sensores de cada estación de trabajo, este registro se realizó mediante una tabla de dos entradas, como se muestra en la tabla 1 y registros geométricos, como los que se muestran en la Figura 2. El objetivo es analizar y caracterizar el movimiento de un objeto, construir su modelo matemático y analizar su grado de confiabilidad al contrastarlo con los datos registrados.

TABLA 1
Estación Movimiento

Tiempo (s)	Posición del carro (m)	Velocidad del carro (m/s)
0		
0.5		
1		
1.5		
2		
2.5		
3		
3.5		
4		
4.5		
5		

La Tabla 1 y la Figura 1 son un ejemplo de las actividades que realizan los estudiantes y consiste, en este caso que mediante el sensor de proximidad, identifiquen y registren la posición de un objeto en diferentes instantes de tiempo.



Fig. 2. Registro geométrico de los datos muestreados. Posteriormente ajustaron los datos y construyeron el modelo matemático que mejor se ajusta a la información

registrada. Con base en el modelo, se generó una serie de actividades y cuestionamientos que promovieron en el estudiante un análisis y reflexión respecto a la confiabilidad de su modelo matemático. Para fortalecer la construcción de los modelos matemáticos de los datos registrados se utilizó el software GeoGebra.

III. METODOLOGÍA

Un primer momento en la investigación fue la caracterización del equipo experimental. Esto consistió en comprender su funcionamiento, alcances y los conceptos tanto de la física como de las matemáticas que podían ser estudiados, se clasificaron de acuerdo con las temáticas que se abordarían con cada uno. Se diseñan además actividades e instrumentos de evaluación con la final de promover el tránsito del estudiante en cada una de las etapas del ciclo del aprendizaje por indagación.

Posteriormente se diseñaron y desarrollaron las prácticas de laboratorio, se estableció un formato que se ajustara a los objetivos de la investigación dividido en tres etapas: preparación, ejecución y análisis. La preparación involucra todo lo que el profesor debe hacer previo a la llegada de los estudiantes. La ejecución describe lo que el profesor debe realizar en presencia de los estudiantes. Por último, el análisis presenta los pasos para el estudio de los datos arrojados por los sensores durante la etapa de ejecución, todas las prácticas incluyen una etapa de reflexión particular dentro de cada equipo de trabajo y una de reflexión grupal a modo de discusión, para que los estudiantes expongan y defiendan sus observaciones y conclusiones.

El trabajo de campo consistió en que los estudiantes, en grupos colaborativos desarrollaran cada experimento, el tiempo aproximado para realizar cada práctica fue de dos horas, El papel del docente en el experimento fue crucial [9], ya que sus funciones permitieron el cumplimiento de las metas:

1. Promover que los estudiantes que hagan explícitos sus conocimientos previos.
2. Asegurar que las actividades reflejen un plan de estudios en progresivo.
3. Determinar si la experiencia debe ser principalmente una actividad exploratoria o de aplicación.
4. Involucrar a los estudiantes en el planteamiento de la pregunta de laboratorio que se investigará.
5. Cuando sea apropiado, solicitar a los estudiantes que implementen procedimientos de laboratorio (consideren

cuestiones de seguridad, equipo y cognitivas).

6. Cuando los estudiantes no puedan crear procedimientos de laboratorio, estructurar la experiencia para que los estudiantes participen activamente en el laboratorio.

7. Utilizar materiales y equipos que no sean más complejos de lo necesario.

8. Exhortar a los estudiantes a considerar y defender qué datos son relevantes e irrelevantes.

9. Solicitar a los alumnos que decidan qué significan sus datos.

10. Asegurarse de que los estudiantes apliquen el razonamiento matemático a los problemas.

11. Promover que a los estudiantes le sea posible comunicar su trabajo de laboratorio de una manera clara.

12. Solicitar a los alumnos tomen decisiones y evalúen el progreso.

13. Hacer preguntas que despierten ideas y reduzcan la frustración de los estudiantes.

14. Enfocar la evaluación de la práctica en aspectos que fortalezcan la teoría tratada, los argumentos e interpretaciones de los estudiantes del fenómeno mediante su modelo matemático.

La propuesta se desarrolló desde un enfoque mixto, ya que uno de los intereses principales en la investigación fue observar cómo los estudiantes realizan sus experimentos y la manera en la que analizan los datos, formulan sus predicciones, así como observar cómo interpretan, describen y significan al fenómeno tratado [10]. Como instrumentos de recolección de datos se utilizaron entrevistas en profundidad, observación, y encuestas.

Por otro lado, se realizó un estudio para evaluar el impacto de la propuesta en estudiantes de ingeniería, para esto se diseñó un estudio cuantitativo en donde se aplicó la prueba t-student para muestras pequeñas [10], se diseñó un pretest y postest que fue aplicado a todos los participantes del experimento. También se realizó una evaluación de los materiales que fueron utilizados por los estudiantes. En la Figura 3 se muestra el procedimiento de diseño y evaluación de los materiales de la propuesta.



Fig. 3. Ciclo de diseño y evaluación de las prácticas.

IV. RESULTADOS

La implementación de las prácticas de laboratorio y su diseño metodológico han demostrado ser un escenario didáctico eficiente para la contextualización de conceptos matemáticos aplicados a las ciencias, siendo estos pilares para la fundamentación y caracterización del comportamiento de diversos fenómenos físicos. Se realizó un estudio para evaluar el diseño metodológico y las actividades que se implementaron en las prácticas obteniendo resultados favorables. Como resultado de ese estudio se propone que los elementos que deben ser considerados son los que aparecen en la Tabla 2.

TABLA 2
Formato final de las prácticas.

Práctica	Reporte
- Número de práctica. - Nombre de la práctica. - Objetivo. - Competencias específicas y genéricas para desarrollar. - Introducción. - Correlación de la práctica con los temas y subtemas de los programas de estudio. - Marco teórico. - Material y equipo. - Metodología. - Diagrama de la actividad. - Sugerencias didácticas. - Fuentes de información.	- Nombre de la práctica. - Carrera. - Asignatura. - Práctica No. - Grupo. - Fecha. - Objetivo. - Marco teórico. - Diagrama de la actividad. - Planteamiento generador. - Hipótesis. - Observaciones. - Modelo Matemático - Conclusiones particulares. - Conclusiones generales. - Nombre y firma de quienes presentan. - Revisó. - Calificación. - Comentarios del profesor. - Fuentes de información.

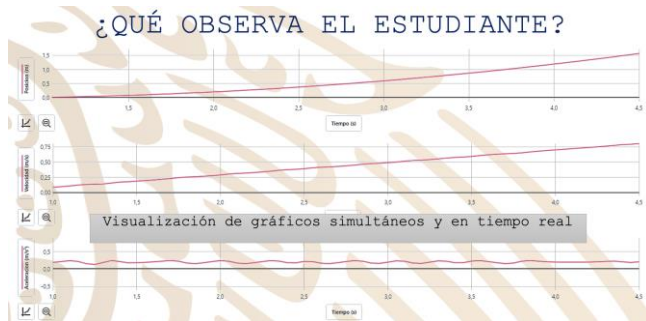
Las actividades que realizaron los estudiantes favorecieron a la contextualización de modelos matemáticos. Primeramente, debían realizar la lectura del marco teórico para entender la parte el fenómeno físico tratado. Posteriormente, entender el funcionamiento de la estación de trabajo e identificar las variables que debían ser muestreadas (Figura 4).



Fig. 4. Etapa inicial del experimento.

Una vez tratada la teoría el estudiante deberá obtener los datos de cada sensor. Estos fueron organizados en una tabla y en gráficas (Figura 5). Con estos datos el

estudiante tuvo suficiente información para ajustarlos a un modelo matemático y analizar su confiabilidad.

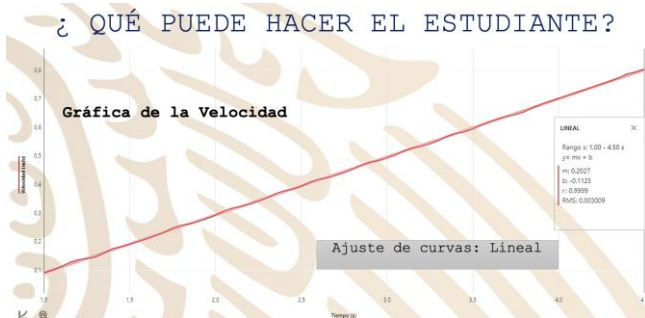


(a)

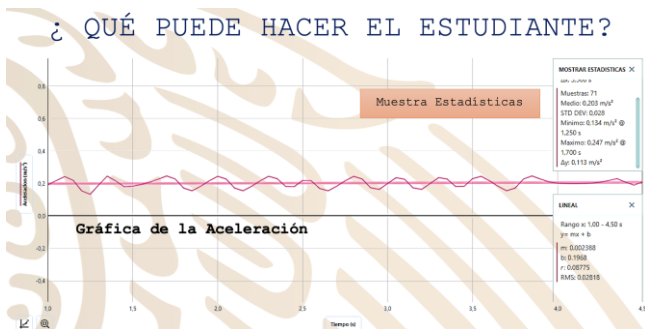
Los datos fueron tratados y ajustados, el modelo se construye y se evalúa (Figura 5). Al lograrse un modelo aceptable el estudiante puede hacer predicciones, describir y caracterizar el comportamiento de las variables que se están analizando [11].



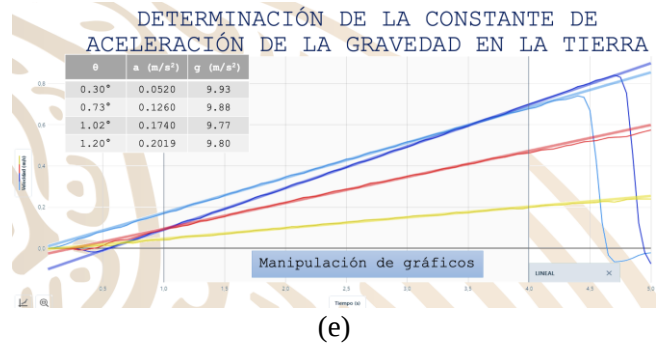
(b)



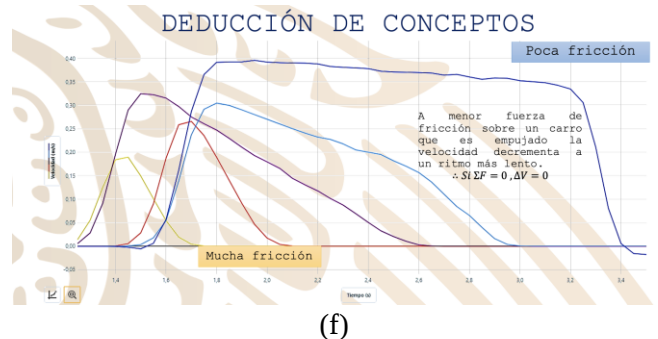
(c)



(d)



(e)



(f)

Fig. 5. Análisis de las variables.

Básicamente se pudieron identificar cuatro momentos importantes en el desarrollo de las prácticas:

1. Planteamiento de hipótesis. En este punto los estudiantes leen el planteamiento generador, y se establecen y discuten sus ideas previas a la realización del experimento.
2. Aplicación de la metodología de la práctica y observaciones. Se siguen los pasos diseñados y se realiza la práctica. Los participantes observan, toman datos y generan su modelo matemático. Durante todo el desarrollo de la práctica van registrando sus hallazgos en un documento impreso.
3. Conclusiones particulares. Los participantes reflexionan y discuten con sus compañeros de equipo de trabajo los hallazgos personales y de acuerdo con sus observaciones, obtener conclusiones.
4. Conclusiones generales. Los equipos exponen sus hallazgos en sesión plenaria, se cierra la actividad con las conclusiones generales donde el maestro se asegura del logro de los objetivos de la práctica.

Se realizó una evaluación sobre el impacto de la propuesta en uno de los escenarios (tiro parabólico) para la modelación matemática. Participaron siete voluntarios entre los 19 y 23 años, universitarios de diferentes planes de estudio. En esta intervención fue necesario conocer si los estudiantes tenían conocimientos previos sobre el tema abordado. El 42.9% manifestaron que sí. Los resultados de esta encuesta aparecen en la Figura 6

En alguna ocasión, ¿abordaste formalmente una clase sobre Tiro Parabólico?

7 respuestas

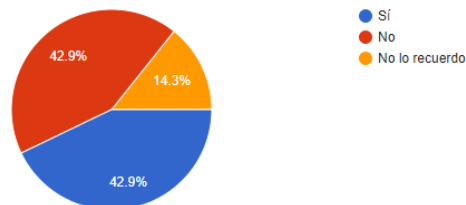


Fig. 6. Pregunta uno de la encuesta.

Otro aspecto importante que se consideró necesario conocer fue si los participantes habían cursado alguna asignatura relacionada con la temática. Las respuestas se muestran en la Figura 7, se puede observar que la mayoría de los participantes sí habían tratado previamente temas relacionados con la física clásica.

En tu centro de estudio, ¿cursaste alguna asignatura sobre Física Clásica (Física, Mecánica vectorial, Dinámica, etc.)?

7 respuestas

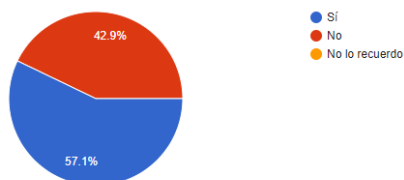


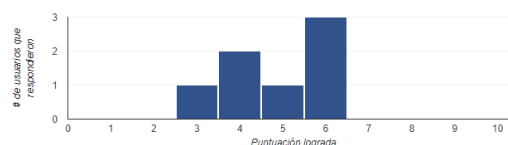
Fig. 7. Pregunta dos de la encuesta.

Se aplicó un cuestionario a los participantes con preguntas relacionadas a los contenidos que se aprenderían. Posterior a este se realizó la práctica correspondiente, la participación de los estudiantes fue satisfactoria. Lo que al inicio se percibía como incertidumbre e inseguridad se fue progresando hacia motivación, participación y compromiso. Posterior al experimento se aplica nuevamente un cuestionario similar al primero para valorar los logros de los estudiantes.

En la Figura 8 se muestran los puntajes obtenidos por los participantes en el cuestionario previo y en el cuestionario posterior. Se muestra que es evidente la mejoría en sus resultados, pues el promedio de sus respuestas pasó de 4.86/10 a 9.14/10, lo que confirma el éxito de la propuesta en esta estación. El instrumento de evaluación consistió en un cuestionario con diez preguntas relacionadas con aspectos teóricos fundamentales del tiro parabólico y que fueron considerados en el experimento.

Promedio 4.86 / 10 puntos	Mediana 5 / 10 puntos	Rango 3 - 6 puntos
------------------------------	--------------------------	-----------------------

Distribución de puntos totales



Promedio 9.14 / 10 puntos	Mediana 10 / 10 puntos	Rango 8 - 10 puntos
------------------------------	---------------------------	------------------------

Distribución de puntos totales

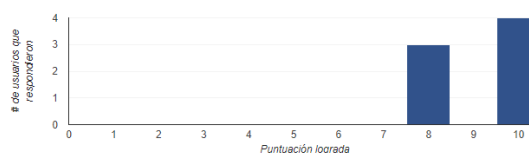
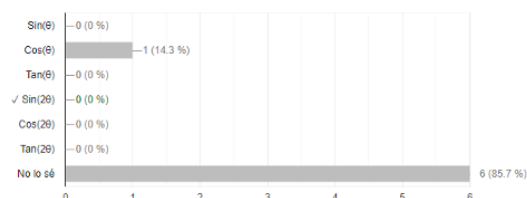


Fig. 8. Resultados de los cuestionarios.

Una prueba contundente de esta mejora es la comparación mostrada en la Figura 9, donde pasaron de no tener una sola respuesta correcta en el cuestionario previo a contestar correctamente en el cuestionario posterior.

¿Cuál de las siguientes funciones permite describir mejor el alcance de un proyectil, en función del ángulo de disparo (θ)?

0/7 respuestas correctas



/// respuestas correctas

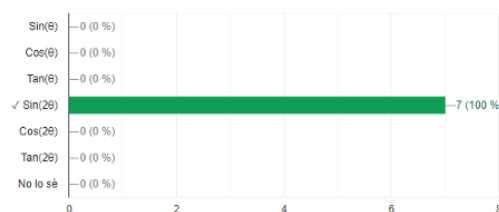


Fig. 9. Una pregunta del cuestionario.

Para responder a esta pregunta, durante la práctica los estudiantes compararon gráficos que ellos mismos trazaron con los gráficos de las opciones. Concluyeron que, así como los gráficos que dibujaron, la gráfica de la función que contenía la opción correcta debía tener un máximo en 45° , de manera que eran similares. Utilizaron herramientas digitales, como aplicaciones de calculadoras graficadoras (GeoGebra, DesMOS) para comparar. La demostración matemática de la conclusión empírica de los participantes reforzó su idea y les proporcionó seguridad respecto a sus resultados.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados del estudio y el análisis de los datos obtenidos, se puede afirmar que las prácticas de laboratorio, diseñadas y ejecutadas bajo el enfoque del aprendizaje por indagación, producen notables beneficios en los estudiantes. Estos beneficios no solo se reflejan en los resultados cuantitativos, sino también a las actitudes de los estudiantes, a su disposición al trabajo, el entusiasmo e interés, iniciativa propia, trabajo en equipo, intercambio de ideas y discusión.

Por esta razón es posible validar el supuesto planteado al inicio de este trabajo y afirmar que los estudiantes logran matematizar conceptos en fenómenos físicos como el tiro parabólico mediante la realización de prácticas de laboratorio que promueven la interacción con sensores, basadas en el aprendizaje por indagación [12].

Los planteamientos teóricos, metodológicos y conceptuales de esta investigación aportan resultados que impactan en diferentes direcciones, ya que los resultados obtenidos abonan al estado del arte de esta línea de generación de conocimiento, pueden ser referentes para futuras investigaciones.

Otro impacto importante sobre el que incide la investigación es al campo metodológico, ya que el planteamiento sistemático y fundamentado tanto en el diseño de los materiales, la implementación y el trabajo de campo, permitieron que la hipótesis se cumpliera. Este trabajo de investigación propuso una metodología clara y estrictamente delimitada a partir de la cual diseñar y desarrollar prácticas de laboratorio que tengan impacto positivo en la comprensión de conceptos en estudiantes.

Los resultados de la investigación contribuyen al propio campo disciplinar en el que se encuentra inserto el concepto de tiro parabólico y al de las matemáticas, ya que La metodología de cada práctica propuesta, diseñada a partir del aprendizaje por indagación, demostró aportar a conocimiento a los estudiantes al permitirles confrontar sus ideas previas con la realidad, analizar los fenómenos de primera mano y enriquecer este análisis al comparar sus reflexiones con las de sus pares, todo ello fundamentado en conceptos matemáticos.

REFERENCIAS

- [1] J. Godino, "Didáctica de las matemáticas para maestros", España: Universidad de Granada. [En Línea]. Disponible en: <http://www.ugr.es/local/jgodino/edumat-maestros/>, 2004.
- [2] L. Rico, "La competencia matemática en PISA. PNA", 1(2), 47-66. [En Línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/28144053_La_Competencia_Matematica_en_PISA. 2006
- [3] J. Carrascosa, J., D. G. Pérez, & A. Vilches, "Papel de la actividad experimental en la educación científica". *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23(2), 157-181. [En Línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5166022>, 2006.
- [4] M. Romero, "El aprendizaje por indagación: ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias?" *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 286-299. [En Línea]. Disponible en: www.redalyc.org/pdf/920/92050579001.pdf, 2017.
- [5] ECBI Chile. (2015). Método indagatorio. [En Línea]. Disponible en : <http://www.ecbichile.cl/home/metodo-indagatorio/>
- [6] R. Hernández, C. Fernández, & L.M. Baptista, "Metodología de la investigación", México: McGraw-Hill, 2014.
- [7] A. Esparza, "Manual de prácticas de física. (no publicado)". México: Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán, 2020.
- [8] F. P. Beer, E. R. Johnston, & D. F. Mazurek, "Mecánica Vectorial para Ingenieros: Estática", México: McGraw-Hill, 2017.
- [9] M. P. Clough, "Using the laboratory to enhance student learning. *Learning Science and the Science of Learning*", 85-94, 2002.
- [10] R. C. García, "Metodología de la investigación", México: Trillas, 2014.
- [11] IU Digital, "Segunda sesión - Interactúa, Descubre y Aprende Ciencias con Laboratorios Virtuales PhET", [Archivo de video]. Youtube. [En Línea]. Disponible en:

<https://www.youtube.com/watch?v=MfVk3r1hktw&feature=youtu.be>, 2020.

[12] M. Romero, M. “El aprendizaje por indagación: ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias?” Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 14(2), 286-299. [En Línea]. Disponible en: www.redalyc.org/pdf/920/92050579001.pdf, 2017.

Biografía Autores

Puga, N.K.L. Profesora, del Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán, Jalisco, C.P 49090 email: karla.pn@cdguzman.tecnm.mx, Doctora en Educación egresada del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente. Docente del Departamento de Ciencias Básicas.

Esparza, G.A. Profesor, de la Escuela Secundaria Técnica No. 100, Ciudad Guzmán, Jalisco, C.P 49064 email: esparzagalex@gmail.com, Ingeniero Mecánico egresado del Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán. Docente-entrenador del equipo olímpico de matemáticas.

Martínez, S.J.C. Profesor, del Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán, Jalisco, C.P 49064 email: juan.ms@cdguzman.tecnm.mx, Maestría en Enseñanza de las Matemáticas egresado del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías de la Universidad de Guadalajara. Docente del Departamento de Ciencias Básicas.

Puga, N.M.E. Profesora, del Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán, Jalisco, C.P 49000 email: maria.pn@cdguzman.tecnm.mx, Maestra en Ciencias en la Especialidad en Ingeniería Eléctrica egresada del CINVESTAV campus Guadalajara. Docente del Departamento de Ingeniería Industrial.

Cervantes, T.C.A. Estudiante, del Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán, Jalisco, C.P 49064 email: l22290817@cdguzman.tecnm.mx, Estudiante de Ingeniería Mecánica.