



INAOE

**Desarrollo de prototipos, como estrategia didáctica, a fin de
mejorar el aprendizaje de las leyes de Newton en
estudiantes de Ingeniería en Mantenimiento industrial**

Por

María Isabel Arias Prieto

Tesis sometida como requisito para obtener el grado de
MAESTRA EN ENSEÑANZA DE CIENCIAS EXACTAS

por el

Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

Agosto 2024

Tonantzintla, Puebla.

Dirigida por:

Dra. María Norma Palacios Ramírez

Dr. Martín Santiago Domínguez González

©INAOE 2024

Derechos Reservados

El autor otorga al INAOE el permiso de reproducir y distribuir copias
de esta tesis en su totalidad o en partes mencionando la fuente.



Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo de tesis a mis padres, quienes dieron todo por sus hijos. Su amor, fe y paciencia trascienden más allá de sus vidas. Espero que este trabajo realizado con mucho esfuerzo refleje sus enseñanzas de vida y se sientan orgullosos desde donde se encuentren...

Agradecimientos

Quiero agradecer primero a Dios, por permitirme llegar hasta aquí, con salud y fortaleza.

A mis padres Teresa y Gabriel, por darme la vida, por heredarme valores, y sus enseñanzas que siempre me guían.

A mi familia que tanto amo, gracias a mi esposo Carlos Gerardo Jiménez López, por ser mi pilar, mi amigo, y apoyarme siempre. Gracias a mis hijos Maximiliano e Isabella Tessie, por ser los motores que me impulsan cada mañana.

Gracias a mis hermanos Joel, Andrés, Arturo e Isabel, por su apoyo incondicional, también a compañeros, familiares, amigos y suegros porque siempre encontré una palabra de aliento.

Estoy muy agradecida con todos mis profesores del INAOE, cada uno contribuyo en mi aprendizaje para este logro... gracias al Dr. Roberto Romano, Dr. Adrián Tec, de forma muy especial quiero agradecer al Dr. Corona, quien sembró en mí el anhelo de escribir.

Gracias a mis asesores de Tesis, a la Dra. Norma Palacios, al Dr. Martín Domínguez, y al Dr. Alberto Jaramillo, quienes siempre tuvieron tiempo; y paciencia para enseñarme y guiarme.

Resumen

Las Leyes de Newton son fundamentales en la interpretación de muchos fenómenos físicos y son la base de la estática y la dinámica, la cual forma parte del contenido de la asignatura de física, materia del tronco común en carreras de Ingeniería. A pesar de la importancia del tema, un primer examen, posterior a la impartición de este tema, aplicado a los alumnos de segundo cuatrimestre de Ingeniería en Mantenimiento Industrial de la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz (UTCV), mostró un bajo aprovechamiento por parte de los estudiantes. Ante esa situación, este trabajo tiene como objetivo desarrollar una estrategia didáctica mediante la construcción de prototipos para mejorar el aprendizaje de las leyes de Newton en los estudiantes mencionados.

Para elegir el grupo de trabajo se optó por aquel cuyo promedio de calificaciones en ese primer examen fuera menor. Los estudiantes, organizados en equipo, diseñaron, elaboraron y presentaron, prototipos en los que se pudiera observar la aplicación de las Leyes de Newton. Posteriormente, se aplicó al grupo de trabajo un examen de conocimientos. Para mostrar si había una diferencia significativa en el aprendizaje de las leyes de Newton antes y después de llevar a cabo la construcción y presentación de prototipos, se hizo una prueba de hipótesis para la diferencia de las medias de calificaciones, los resultados muestran que sí hubo una diferencia significativa en las calificaciones de los estudiantes. También, se presentan los resultados de una encuesta administrada a los estudiantes para conocer su percepción acerca de esta actividad y la contribución a su motivación, aprendizaje y capacidad de trabajar en equipo.

Palabras Clave: *Didáctica, Aprendizaje basado en proyectos, Evaluación del estudiante, Educación superior.*

Keywords: *Didactics, Project-based learning, Student evaluation, University education.*

Tabla de Contenidos

1. Introducción	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Pregunta de investigación.....	3
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivo general	5
1.5. Objetivos específicos.....	5
1.6. Hipótesis de trabajo	5
2. Marco teórico	6
2.1. La Física y su enseñanza-aprendizaje.....	6
2.1.1. La enseñanza de la Física en México	6
2.1.2. Dificultades en el aprendizaje de la Física	9
2.1.3. El aprendizaje de las leyes de Newton	11
2.2. Estrategia y técnica didáctica	12
2.3. Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP).....	13
2.4. Prototipos.....	14
2.4.1. Concepto y tipos de prototipos.....	15
2.4.2. Diseño de prototipos.....	16
3. Marco metodológico	18
3.1. Planificación de la investigación	18
3.1.1. Enfoque de la investigación.....	18
3.1.2. Identificación de la variable de investigación	19
3.1.3. Selección del grupo para la intervención.....	20
3.2. Intervención educativa: Diseño, creación y presentación de prototipos.....	26

3.2.1. Planeación de la estrategia didáctica	27
3.2.2. Implementación de la estrategia didáctica.....	36
4. Resultados	53
4.1. Post-test	53
4.2. Guía de observación	54
4.3. Encuesta.....	55
4.4. Otros hallazgos	56
4.5. Análisis de Resultados.....	57
4.5.1. Análisis de los test	57
4.5.2. Análisis de resultados de la guía de observación	59
4.5.3. Análisis de resultados de la encuesta	59
5. Conclusiones	60
Referencias	62
Apéndice A. Lista de subtemas propuestos para la planeación de la estrategia.....	65
Apéndice B. Cuadro de transversalidad horizontal	66
Apéndice C. Cuadro de transversalidad vertical	69
Apéndice D. Formato para la Guía de observación.....	70
Apéndice E. Encuesta aplicada al final de la intervención.....	72

Lista de tablas

Tabla 1. Fases del proyecto y trabajo de campo.	18
Tabla 2. Operacionalización de la variable.	20
Tabla 3. Diferencias entre leyes de Newton y teorías de Aristóteles	21
Tabla 4. Instrumentos para la recolección de información y la forma de trabajo	31
Tabla 5. Número de reactivos y las Leyes de Newton que se evalúan.	32
Tabla 6. Calificaciones obtenidas del Pre-test y Post-test.....	53
Tabla 7. Estadísticos descriptivos	54
Tabla 8. Guía de observación calificada para el prototipo grúa torre.	55
Tabla 9. Datos obtenidos para la t crítica y la t calculada	58

Lista de figuras

Figura 1. Sección uno del examen de conocimientos.	23
Figura 2. Sección dos del examen de conocimientos.	25
Figura 3. Fotografía tomada a los alumnos durante la aplicación del examen diagnóstico	26
Figura 4. Fases del proceso de la intervención.....	27
Figura 5. Formato de planeación de la materia de Física.....	27
Figura 6. Etapa de desarrollo en el formato de "Guía instruccional".....	31
Figura 7. Encabezado de la guía de observación para la exposición del prototipo.....	33
Figura 8. Apartado de la guía de observación de la fase inicial.....	34
Figura 9. Segundo apartado de la guía de observación.....	34
Figura 10. Tercer apartado de la guía de observación.....	35
Figura 11. Encuesta aplicada a los alumnos de la intervención.....	36
Figura 12. Diagrama del proceso de diseño mecánico.....	38
Figura 13. Lista de elementos mecánicos para el prototipo de montacargas.....	41
Figura 14. Bosquejo de la Sierra eléctrica.....	42
Figura 15. Borrador del prototipo montacarga.....	43
Figura 16. Diagrama de cuerpo libre para el montacargas propuesto en clase.....	45
Figura 17. Diagrama de cuerpo libre del montacargas después de las correcciones.....	46
Figura 18. Proceso de diseño para el prototipo grúa viajera	47
Figura 19. Imagen que muestra la construcción de los prototipos.....	48
Figura 20. Imagen que muestra el avance de la construcción del montacarga.....	49
Figura 21. Imagen que muestra la construcción del prototipo de Sierra eléctrica.....	49
Figura 22. Imagen que muestra la construcción del prototipo grúa torre.....	50
Figura 23. Imagen que muestra la presentación de prototipos ante profesores.....	51

Figura 24. Imagen que muestra la presentación del prototipo grúa torre.....	51
Figura 25. Imagen que muestra la presentación del prototipo sierra circular.	52
Figura 26. Imagen que muestra la presentación del prototipo monta cargas.	52
Figura 27. Resultado de la encuesta	56
Figura 28. Gráfica de distribución t de student	58

1. Introducción

1.1. Planteamiento del problema

El proceso de aprendizaje de la física básica en estudiantes de ingeniería no siempre es sencillo, no llevar un buen curso introductorio de física genera inconvenientes tanto en materias posteriores como en proyectos que se desarrollan como parte de su aprendizaje, pues como ciencia básica es fundamental para integrar las materias del área mecánica que el alumno cursará en niveles siguientes, tal como menciona Giménez et al. (2018) la asignatura de física constituye una parte fundamental en los primeros cursos de ingeniería. Vinculado a esto, Collazos (2009) menciona que la física como ciencia básica es fundamental para la comprensión de la ingeniería y por tanto de la tecnología.

Aunque esta ciencia es muy importante para las materias de ingeniería en las universidades, las dificultades en el aprendizaje de ciencias desde niveles básicos son evidentes en México y en América latina, puesto que, en las pruebas mundiales como PISA *Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos*, en la cual se muestran datos sobre las deficiencias en el conocimiento de las ciencias en jóvenes de 15 años. En 2022 posterior a la pandemia se llevó a cabo la octava edición de PISA, que evalúa con parámetros internacionales el rendimiento promedio de los estudiantes en las áreas de matemáticas, ciencias y lectura. Este último estudio muestra que en matemáticas el 66% de los estudiantes mexicanos obtuvo un bajo rendimiento, y en ciencias fue del 51% (OCDE, 2023).

En el programa educativo de Ingeniería en Mantenimiento Industrial de la UTCV se han observado que los alumnos muestran poco interés y falta de motivación en la materia de física, dichas observaciones han sido realizadas a lo largo de diez años, derivados de la experiencia

docente en dicha institución, y se han constatado en las calificaciones de los exámenes aplicados, mostrando índices de reprobación mayor al 25% en los últimos periodos.

Uno de los temas de física que presentan mayor dificultad son las Leyes de Newton (Sebastiá, 2013), en el curso de física, se ha podido observar que los estudiantes no contextualizan dichas Leyes, es decir, no las identifican en ejemplos de la vida cotidiana, ni tampoco en los proyectos integradores que se les piden para evaluar ciertas competencias. Algunas de las dificultades antes mencionadas coinciden con el estudio de Elizondo (2013) en el cual clasifica varios problemas que manifiestan los alumnos para comprender los enunciados de la física, de los cuales destaca las dificultades para contextualizar algunos conceptos.

En la UTCV al finalizar el periodo y desde el 2010 los estudiantes presentan proyectos integradores. En las presentaciones los alumnos exponen el proceso de construcción de una máquina en tamaño real, el objetivo es, proponer una solución a un problema del entorno. Pero en la evaluación de dichos proyectos se ha observado que los estudiantes no explican los fundamentos básicos de mecánica para la construcción, lo que ocasiona inversiones costosas, y que al final no funcionan.

Las causas en la deficiencia del aprendizaje de la física son varias, una de ellas es la pandemia del 2020 causada por el SARS-CoV-2 enfermedad por coronavirus, que afectó de manera importante a los estudiantes universitarios, que coincide con lo mencionado por Melchor et al. (2021) que observó un decremento notorio de concentración, motivación y aprendizaje. Por lo cual, la pandemia es un factor que ha provocado algunas deficiencias en el aprendizaje, y se menciona en Banco Mundial, 2021 (citado en Posso et al., 2023) mencionando que la carencia en el aprendizaje durante la pandemia alcanzó 70% en los países latinoamericanos.

Otra causa es el método de enseñanza utilizado para el aprendizaje, ya que, algunos estudios realizados en torno al aprendizaje de la física exponen una metodología de enseñanza tradicional,

que consiste en el dictado de ejercicios, utilización de procedimientos como recetas de cocina, evidenciando la falta de experimentación en las aulas (Jara, 2005).

Una idea de proyecto es la construcción de un prototipo a escala, de bajo costo y realizado por los estudiantes en equipos para que asocien las Leyes de Newton con el análisis de las fuerzas presentes en los mecanismos de dichos proyectos. Esto podría mejorar el aprendizaje de dichas Leyes. Sinning y Sánchez (2019) afirman que la construcción e implementación de prototipos tecnológicos radica en utilizar estos instrumentos con el objetivo de facilitar y motivar el aprendizaje de la física, a través del uso de herramientas tecnológicas que contribuya en mejorar la calidad educativa de los educandos.

1.2. Pregunta de investigación

Tomando en cuenta todo lo anterior se hace la siguiente pregunta ¿La construcción de prototipos como estrategia didáctica mejorará el aprendizaje de las Leyes de Newton en estudiantes de Ingeniería en Mantenimiento Industrial?

1.3. Justificación

La asignatura de física es una materia fundamental que sirve de base para otros cursos (Collazos, 2009); tanto del mismo cuatrimestre -una de ellas Electricidad y magnetismo-, como en cuatrimestres posteriores, entre las que se encuentran: Termodinámica, Máquinas y mecanismos, Máquinas eléctricas, Sistemas neumáticos, Máquinas térmicas, Física para ingeniería, por mencionar algunas. Por ello, el aprendizaje y aplicación de la física, y en especial, el tema de las leyes de Newton es de suma importancia para el programa educativo.

La intención de este proyecto es mejorar el aprendizaje de la física, en específico el tema de las Leyes de Newton contribuyendo con una propuesta de estrategia didáctica que permita a los

estudiantes un buen desempeño en física y las materias posteriores relacionadas. Asimismo, les ayude a entender la aplicación de las leyes de Newton en sus proyectos integradores y con ello favorecer la asimilación de conocimientos para alcanzar una de las competencias profesionales del programa educativo en la UTCV: plantear y solucionar problemas con base en los principios y teorías de física, química y matemáticas, a través del método científico para sustentar la toma de decisiones en los ámbitos científico y tecnológico.

Es importante mencionar que los proyectos integradores muchas veces resultan costosos, ya que, para su construcción se utilizan perfiles estructurales de acero en su mayoría solo para el bastidor, también son empleados ejes, rodamientos, engranes para la transmisión de movimiento, sin mencionar los motores y demás componentes que pueden ser eléctricos y/o hidráulicos. Por esta razón, la propuesta puede ayudar a mejorar el proceso de diseño mediante la aplicación de las Leyes de la mecánica, iniciando con un diagrama de cuerpo libre que guíe el dibujo de planos para la construcción, es decir, mejorar la fundamentación de las leyes de la mecánica y con ello evitar que se realicen máquinas costosas que se abandonen porque no alcanzan a cumplir la función.

Es por lo anterior, la importancia que tiene la estrategia didáctica para valorar las acciones más adecuadas y el alumno proponga máquinas considerando optimizar materiales, y eliminar fallos funcionales para no generar desperdicio de tiempo y dinero. Como lo menciona Ramírez et al. (2017): “Los costos de materia prima se reducen al obtener geometrías optimizadas a las condiciones de trabajo predefinidas. El tiempo requerido para la obtención de los planos de fabricación es inferior...” con ello generar propuesta de máquinas con diseños validados.

1.4. Objetivo general

Desarrollar una estrategia didáctica mediante la construcción de prototipos con un proceso de diseño realizado por los propios estudiantes para mejorar el aprendizaje de las Leyes de Newton en estudiantes de Ingeniería en Mantenimiento Industrial.

1.5. Objetivos específicos

- Medir el conocimiento previo de los alumnos sobre las Leyes de Newton, vía la aplicación de un examen diagnóstico.
- Implementar la estrategia didáctica construyendo los prototipos, con un proceso de diseño realizado por los propios estudiantes.
- Evaluar la estrategia didáctica aplicando una encuesta, y una guía de observación al término de la presentación de los prototipos construidos.

1.6. Hipótesis de trabajo

El aprendizaje de las Leyes de Newton mejorará en los estudiantes de Ingeniería en Mantenimiento Industrial mediante el desarrollo de una estrategia didáctica con la construcción de prototipos realizados por los propios alumnos.

2. Marco teórico

En este apartado se realiza una descripción de conceptos teóricos del problema relacionado con el aprendizaje de las Leyes de Newton. También se revisa el constructivismo, una teoría de aprendizaje que está relacionada con la metodología aprendizaje basado en proyectos (ABP). Este capítulo se ha organizado en varias secciones, la primera, se trata sobre la enseñanza-aprendizaje de la física, y las Leyes de Newton; la segunda trata de conceptos como estrategia, técnica, actividades, recursos y la metodología ABP; y por último los conceptos sobre el tema de prototipos.

2.1. La Física y su enseñanza-aprendizaje

La física es conocida actualmente en el mundo como ciencia experimental y hasta los físicos teóricos trabajan con experimentos mentales, los cuales son producto de la aplicación de las normas de la lógica, pero no siempre fue así (Gutiérrez, 2007).

2.1.1. *La enseñanza de la Física en México*

En México al igual que en Europa donde nace esta ciencia la enseñanza de la física ha atravesado periodos en la historia que posiblemente han influido en la forma de enseñar.

El aprendizaje de la física en México se remonta a la colonia, como lo menciona Moreno (2014), “La física, tal y como fue entendida en la Europa del siglo XVI, comenzó a ser enseñada en el México colonial a partir de 1540” (p.104). Los estudios comenzaron en los conventos de la Nueva España en donde se dictaron los primeros cursos de física. Las lecciones eran enseñadas por los Frailes, en particular Fray Alonso de la Veracruz quien inició la enseñanza de filosofía en la Casa de estudios Mayores, en Tiripetío, Michoacán. Las clases se centraban en el estudio de los fenómenos naturales, con ideas concebidas por los griegos, principalmente Aristóteles. La enseñanza fue emulada de la madre patria, tal como lo expresa Moreno (2014) “Siguiendo las

normas educativas españolas, los estudiantes de aquellos cursos fueron frailes y españoles seculares, aunque también incluyó a nobles indígenas.” (p.513).

En décadas posteriores, se efectuaron publicaciones sobre física -cuya finalidad era facilitar el estudio sobre textos aristotélicos a los estudiantes-, y otras ciencias afines. De esa manera se continuó impartiendo la materia hasta 1762, cuando se dio la transición para la impartición de física (no aristotélica en nuestro país). A partir de ahí, en periodos posteriores varios personajes realizaron publicaciones para explicar fenómenos naturales, algunos con la intención de desmitificarlos, las manifestaciones explicadas fueron terremotos, auroras boreales, asteroides, entre otros. De este modo, se continuó con la enseñanza de la física en forma teórica y con la publicación de textos para ayudar a los alumnos.

Después, a finales del siglo XVIII en el Colegio de la Congregación del Oratorio en San Miguel de Allende, Guanajuato, se dictaron clases de física con experimentos. Para ser precisos, en la década de 1770 el sacerdote Juan Benito Díaz Gamarra y Dávalos publicó varios textos, entre los que se destaca un volumen para el estudio de física general y particular, el cual se menciona en Moreno (2014), explícitamente enseñó la “idea principal del sistema newtoniano es la fuerza de atracción” (p.516); además se menciona que al escrito se agregaron varias páginas con algunas ilustraciones de instrumentos para comprobar lo que se discutía en el mismo: desde ese entonces, permaneció la enseñanza de la física en forma experimental en nuestro país.

Uno de los cambios que se destacan en la enseñanza de la física en México fue a partir de la fundación de dos instituciones; la primera, Real y Literaria Universidad de Guadalajara, -segunda establecida para fines de enseñanza en ciencias en la nación-, en ella se estableció que los alumnos debían asistir a actos de física experimental, y se utilizó para su enseñanza los textos de François Jacquier, con análisis de temas indispensables en física. La otra, la fundación del Real Seminario de Minería en ella se erigió un Seminario Metálico, cuya duración se extendía a cinco

años, en los primeros dos, se incluían clases de Aritmética, Geometría, Trigonometría y Álgebra, en los siguientes dos, Mecánica de maquinarias, Hidrostática e Hidráulica, Aerometría, y Pirotecnia. En el último año, los temas cursados eran de especialidad en Minería.

Es importante destacar que, en este Real Seminario, se formó un laboratorio de física con aparatos e instrumentos traídos de Europa. Fue en esta misma institución, en donde se originó el primer texto mexicano, escrito por Francisco Antonio Bataller, conformado por cinco tomos, titulado Principios de física Matemática y Experimental, publicado ante la falta de un texto adecuado para la enseñanza experimental en la mencionada institución. Hasta este punto se ha revisado que la enseñanza de la física en México ha estado ligada a los cambios que surgieron en Europa, y paralela a la Revolución científica nacida en ese continente, aunque limitada a circunstancias culturales y religiosas del país, sin soslayar los retrasos ocurridos durante la independencia, transitando de una visión aristotélica y teórica, a una ciencia experimental (Moreno, 2014).

En cuanto a los estudios formales de física, iniciaron a fines de los años 30 y los 40 del siglo XX. Manuel Sandoval Vallarta fue el pionero de los físicos en México, cuando en 1938 se creó la Facultad de Ciencias de la UNAM, aunque aún, no se publicaban artículos en revistas internacionales. Los primeros físicos fundaron la carrera, la Facultad de Ciencias y el Instituto de física. Marcos Moshinsky Borodiansky fue de los primeros investigadores mexicanos en física, que inició con publicación en revistas internacionales (Dirección General de Comunicación Social, 2021).

En las últimas décadas con el aumento de la investigación en nuestro país, se ha podido identificar, diferentes problemáticas en el aprendizaje de la física, así como sus causas. Por tratarse de una ciencia experimental, muchas veces la falta de laboratorios y métodos de enseñanza tradicionales, hacen que los alumnos se desmotiven. Es por ello que han surgido muchas

metodologías para mejorar su enseñanza. En los últimos años, las metodologías activas permiten que el estudiante sea el protagonista de su aprendizaje, ya que, construyen un entorno educativo real, donde los alumnos sean más autónomos, emprendedores, colaborativos y creativos (Sailema et al., 2023).

Como se ha mencionado, los estudios para mejorar la impartición de los cursos de esta ciencia, han sido varios, pero sus inicios fueron a finales de la década de los años sesenta del siglo pasado, cuando las evaluaciones iniciales mostraron la ineficacia de la enseñanza de la física en todos los niveles educativos, algunos de estos estudios exponen una metodología de enseñanza tradicional, el dictado de ejercicios, utilización de procedimientos como de recetas de cocina, evidenciando la falta de experimentación en las aulas (Jara, 2005). Esto se ha comprobado en la prueba internacional PISA, esta prueba da una idea de qué tan bien los sistemas educativos están preparando a los estudiantes para los desafíos de la vida real y el éxito futuro. Los resultados de México en el 2022 fueron inferiores en comparación con las evaluaciones anteriores de 2018 (OCDE, 2023).

2.1.2. Dificultades en el aprendizaje de la Física

El aprendizaje de la física siempre ha tenido ciertas dificultades, algunos ya se mencionaron en la problemática y en la revisión histórica, pero en general los inconvenientes son: falta de diferenciación de ideas aristotélicas, dificultad al identificar los datos relevantes en los problemas Físicos, comprender los significados de los datos, contextualizar conceptos y leyes, transcribir los datos al lenguaje matemático, deficiencias en sus habilidades matemáticas, deficiencia en transcribir al lenguaje de la física los datos de la solución de problemas, entre otros (Elizondo, 2013). Es por ello que también han surgido muchas investigaciones y metodologías para su enseñanza. La necesidad de articular los contenidos de la física con los intereses prácticos de los

alumnos y la búsqueda de lograr la enseñanza comprometida con las transformaciones técnico - científicas actuales, ha sido el centro de atención y preocupaciones de investigaciones en didáctica de la enseñanza de la física (Campelo, 2003).

Este proyecto está basado en el supuesto constructivista del aprendizaje, el cual menciona que, para el proceso de enseñanza, los profesores no deben enseñar de forma tradicional, es decir, dar instrucciones a los estudiantes, por el contrario, deben crear situaciones en las cuales los alumnos participen de forma activa en el proceso y el contenido, con la manipulación de materiales y la interacción social (Schunk, 2012).

El constructivismo es una perspectiva psicológica y es de carácter cognitivo, postula que el aprendizaje se basa en la idea de que los estudiantes son más propensos a recordar conceptos si los descubren por sí mismos, esto Según Piaget (Schunk, 2012), en este sentido, el estudio de la física y en especial los postulados de Newton, pueden ser mejor aprendidos utilizando estrategias constructivistas.

La teoría que establece Piaget es constructivista, ya que supone que los alumnos construyen sus propios conocimientos del mundo que les rodea para darle significado, de acuerdo Byrnes (1996) citado por Schunk (2012).

La teoría cognitiva tiene cuatro aspectos en el proceso de la enseñanza: primero comprender el desarrollo cognoscitivo de los estudiantes, segundo mantenerlos activos, tercero provocar incongruencia y por último fomentar la interacción social (Schunk, 2012).

Desarrollo cognoscitivo. Se debe comprender y diagnosticar el nivel de aprendizaje de los estudiantes para ajustar la estrategia didáctica en el proceso de enseñanza aprendizaje (Schunk, 2012).

Activación. Los alumnos necesitan experimentar en ambientes estimulantes, por lo que se deben incluir actividades prácticas en el proceso de aprendizaje, esto les facilita la construcción del conocimiento, pero de una forma activa (Schunk, 2012).

Provocar incongruencia. El proceso del aprendizaje sucede, solo si los estímulos externos se desajustan con sus estructuras cognoscitivas, por lo que el material didáctico no debe ser tan fácil de asimilar para el estudiante, pero tampoco muy difícil como para impedir la adaptación (Schunk, 2012).

Fomentar la interacción social. Aunque la teoría de Piaget sostiene que el desarrollo se puede dar sin la interacción social, el entorno social es siempre una fuente fundamental para el desarrollo cognoscitivo (Schunk, 2012).

2.1.3. *El aprendizaje de las leyes de Newton*

El tema de Las leyes de Newton es uno de los temas de física con más investigaciones realizadas, como lo expresa Sebastía (2013) pocas áreas de la física han suscitado mayor cantidad de investigaciones en el ámbito de la enseñanza que la relativa a las relaciones entre la fuerza y el movimiento. La causa de ello, como lo señalan Olave et al. (2019) es la dificultad de abordarlo, y evidencia que los estudiantes tienen problemas en el aprendizaje del concepto de dinámica asociado directamente a las tres leyes de Newton que rigen el movimiento de los cuerpos.

Las causas más importantes de las deficiencias en el aprendizaje de las Leyes de Newton según García y Dell'Oro (s.f.) son el método tradicional con falta de experimentación, falta de diferenciación con las ideas Aristotélicas arraigadas en física -la idea que cada cosa tiende a cierta posición por su propia naturaleza no por fuerzas externas- e incorrecta retroalimentación.

Aunado a esto García y Dell'Oro (s.f.) menciona que "...este problema se agrava ya que durante los abordajes tradicionales de enseñanza y aprendizaje de esta temática, las

representaciones que poseen los alumnos son tratadas descuidadamente” (p.1) es por tanto de suma importancia demostrar, que se puede mejorar el aprendizaje de las Leyes de Newton planeando y tratando de forma cuidadosa el tema aplicando experimentación, para que los alumnos puedan dar ejemplos claros de las Leyes por medio de proyectos realizados en equipos, por ejemplo construyendo prototipos; el aprendizaje basado en proyectos como metodología, reúne las características para la aplicación de actividades encaminadas al desarrollo de prototipos.

2.2. Estrategia y técnica didáctica

Para implementar una estrategia se debe tener muy claro su concepto, además de diferenciarlo de otras definiciones en el marco del aprendizaje, es prudente conocer el significado de estrategia didáctica, técnica y recurso, para fundamentar el aprendizaje de la física.

Una estrategia didáctica es un conjunto de procedimientos (métodos, técnicas, actividades) con los que el docente y los estudiantes organizan acciones para construir el proceso enseñanza y aprendizaje (Feo, 2010).

Otro concepto de estrategia didáctica: “son procedimientos organizados que tienen una clara formalización/definición de sus etapas y se orientan al logro de los aprendizajes esperados” (Subdirección de Currículum y Evaluación, 2017).

En cambio, el concepto de técnica didáctica es más específico: “son procedimientos de menor alcance que las estrategias didácticas, dado que se utilizan en períodos cortos (una asignatura, unidad de aprendizaje, etc.); cuyo foco es orientar específicamente una parte del aprendizaje, desde una lógica con base psicológica, aportando así al desarrollo de competencias” (SCE et al., 2017). Entonces, la diferencia principal entre estrategia y técnica didáctica es que la estrategia es un conjunto de procedimientos para lograr aprendizajes esperados en una materia y

su aplicación es por etapas; una técnica didáctica son procedimientos para alcanzar aprendizajes en unidades temáticas.

Otro concepto importante es el de actividades de aprendizaje: “son acciones necesarias para lograr la articulación entre lo que pretende lograr la estrategia y/o técnica didáctica, las necesidades y características del grupo de estudiantes. Su diseño e implementación son flexibles y su duración es breve, desde una clase a unos minutos” (SCE et al., 2017).

Recursos de enseñanza-aprendizaje o recursos didácticos: “son todos aquellos materiales, medios, soportes físicos o digitales que refuerzan tanto la acción docente como la de los estudiantes, optimizando el proceso de enseñanza-aprendizaje” (SCE et al., 2017).

2.3. Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP)

Una metodología que se aplica en el aprendizaje de la física es el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), como apuntan Toledo y Sánchez (2018) “El ABP es considerada una innovación en Educación Superior, que puede ser utilizada para trabajar las competencias profesionales determinantes en el perfil del estudiante universitario” (p. 472), dicha metodología permite poner en práctica los conocimientos aprendidos en las materias cursadas y aplicarlos en la resolución de los ejercicios de los libros (Toledo y Sánchez, 2018). Tobón (2008) menciona que este enfoque ayuda al aumento de la pertinencia de los programas educativos, ya que busca dirigir el aprendizaje y alinearlos a los problemas y desafíos sociales, comunitarios, profesionales, organizacionales y disciplinar-investigativo a través de estudios sistemáticos, como ejemplos tenemos: el análisis funcional, el de desafíos y de procesos.

De acuerdo a lo anterior, el aprendizaje basado en proyectos es apropiado para trabajar con competencias universitarias, permite poner en práctica los conocimientos teóricos, y dirige el aprendizaje para alinearlos a problemas del entorno, lo cual es lo que se busca con la construcción

de prototipos, que resuelvan problemas derivados de alguna necesidad, que apliquen conocimientos vistos en el aula, y que experimenten a través de ellos. Esto permitirá valorar las acciones más adecuadas para que el alumno pueda construir máquinas seleccionando materiales y analizar su funcionamiento.

Por otro lado, cuando más adelante inicien con su proyecto integrador en cuatrimestres posteriores, esta estrategia puede favorecer a la construcción de sus máquinas, puedan analizar fallos funcionales, seleccionando los componentes y sus materiales, para no generar desperdicio de tiempo y dinero, y con ello se pueden generar prototipos validados, como lo menciona Ramírez et al. (2017) “Los costos de materia prima se reducen al obtener geometrías optimizadas a las condiciones de trabajo predefinidas. El tiempo requerido para la obtención de los planos de fabricación es inferior...” (p.89).

En cuanto a las técnicas que se pueden emplear, vale la pena mencionar el estudio de casos, las prácticas demostrativas, y resolución de situaciones.

El estudio de casos tiene varias ventajas, se hacen análisis profundos, permite recuperación de la información, reproduce el mundo fenomenológico, y sirven como base de estudios posteriores, por lo que se puede emplear como una técnica para recuperar información sobre las Leyes de Newton y formar parte de la estrategia al aplicar la metodología ABP (Monroy, 2009).

Algo similar ocurre con las prácticas demostrativas realizadas por los estudiantes, también pueden aplicarse como técnica didáctica cuando presenten sus avances, para ayudar a exponer los análisis realizados en sus proyectos (Monroy, 2009).

2.4. Prototipos

A continuación, se compilan conceptos importantes para la definición de prototipos, y posteriormente se señala la importancia del proceso de diseño.

2.4.1. Concepto y tipos de prototipos

Un prototipo es un primer modelo, que puede ser utilizado para representar la funcionalidad de un producto o diseño para una idea, se elaboran a tamaño real o a escala, también tienen múltiples objetivos, los prototipos sirven tanto desde el punto de vista empresarial en el desarrollo de nuevos productos y servicios, como para la ingeniería en el desarrollo de tecnología. Los prototipos son útiles en la enseñanza para representar una función, o bien para utilizarlos en la experimentación en materias que necesiten prácticas o aplicaciones (Sarraipa y Jiménez, 2019).

Existen varios tipos de prototipos: virtuales, físicos, de servicio, de entornos, entre otros; los prototipos físicos, se pueden fabricar con diferentes materiales, desde papel o cartón, hasta materiales previamente seleccionados para cumplir con una función objetivo, como madera, metal, plástico, cristal entre otros. En algunas universidades tecnológicas del país, los alumnos construyen prototipos físicos, por ejemplo, para aplicar sus conocimientos de distintas materias, alcanzar tanto atributos como objetivos educacionales, y forma parte de las estrategias educativas que se administran en distintos programas educativos para el mismo fin. Las carreras con perfil de ingeniería realizan prototipos que muestran funcionalidades para aplicar materias de corte mecánico (Guevara, 2017).

También, existen diversos tipos de prototipos de acuerdo con Sepúlveda, 2018 (citado en Sarraipa y Jiménez, 2019) cuyos ejemplos son: por su estado de desarrollo, por inspiración, evolución, o validación. Los prototipos de inspiración son un primer bosquejo para el desarrollo de una idea, los cuales no son muy elaborados, es decir no son muy sofisticados, su finalidad es modelar una primera idea que permitan desarrollar nuevas innovaciones. Entre los ejemplos de prototipos de inspiración son: maquetas, juego de roles, *storytelling* entre otros.

Los prototipos de evolución provienen de los mejores prototipos de inspiración, estos requieren una mayor cantidad de esfuerzo, tiempo y también, recursos para su elaboración, ya que, se requiere demostrar sus principales funcionalidades para las necesidades, por ejemplo, de un cliente o usuario. Este tipo de prototipos sirve para detectar fallas en condiciones reales de operación, y así mejorarlo o rediseñarlo, algunos ejemplos de estos prototipos son: mockup (bosquejo), impresión 3D, Business Model Canvas, entre otros, esto de acuerdo a Sepúlveda, 2018 (citado en Sarraipa y Jiménez, 2019).

Por último, existe el prototipo de validación, su objetivo es poner a prueba la “utilidad” de la tecnología para comercializar, de acuerdo con las necesidades del cliente o usuario, dado que sirve como última etapa para dar paso al desarrollo final. Este tipo de prototipos son costosos por lo que se manufacturan unas cuantas unidades para ponerlas a prueba en el mercado, indicado por Sepúlveda, 2018 (citado en Sarraipa y Jiménez, 2019).

2.4.2. Diseño de prototipos

El diseño de prototipos es un tema amplio, puesto que, puede involucrar temas de ingeniería mecánica, identificación de necesidades, análisis, entre otros, pero en cuanto al aprendizaje de la física, se busca que esté ligado a materias de perfil mecánico, que es en donde los alumnos se pueden apropiar del aprendizaje, ya que pueden relacionar los elementos y leyes de la mecánica.

El concepto de diseño es muy extenso, pero nos centraremos de forma específica en el diseño mecánico, ya que de ahí parte el desarrollo de prototipos físicos que pueden ser útiles para el aprendizaje de las leyes de la mecánica, pero ¿Qué es diseñar? Budynas y Nisbett (2012) mencionan que: “Diseñar es formular un plan para satisfacer una necesidad específica o resolver un problema particular” (p.4) “El diseño es un proceso iterativo con muchas fases interactivas” (p.4) estos conceptos nos acercan al aprendizaje por competencias, debido a que el alumno debe

lograr capacidades que resuelvan problemas del entorno, por lo que en carreras de ingeniería se vuelve necesario que el alumno experimente el proceso de diseño.

Ahora bien, el concepto de diseño en ingeniería mecánica involucra todas las áreas que componen dicha disciplina, entre las cuales se encuentran la mecánica de sólidos, de fluidos, la transferencia de masa y momento, los procesos de manufactura, las teorías de la electricidad y de la información, dado que el diseño mecánico es un proceso que se realiza antes de la construcción de cualquier dispositivo mecánico, el ingeniero mecánico cuenta con capacidad y conocimientos extensos (Budynas y Nisbett, 2012).

Resumiendo, el aprendizaje de la física en la carrera de ingeniería en Mantenimiento está relacionado con materias posteriores: Termodinámica, Sistemas eléctricos, Máquinas y mecanismos, entre otras, por lo cual, el diseño de prototipos cumple una función muy especial en el desarrollo de competencias del alumno universitario.

3. Marco metodológico

En este capítulo se describen los pasos para el desarrollo de la estrategia didáctica como parte del trabajo de campo, también se planea la metodología de investigación. El diseño de investigación de este proyecto está definido por el conjunto de métodos, técnicas e instrumentos que guían la investigación para dar respuesta a la pregunta planteada en el primer capítulo, derivada de la problemática que se aborda. De esta forma, en los siguientes apartados se presenta un plan estructurado que se utilizará para obtener respuesta a esa pregunta.

La Tabla 1 muestra las tres fases para la realización del proyecto, dicha planeación abarca un año de trabajo.

Tabla 1. *Fases del proyecto y trabajo de campo.*

Fase	Descripción	Periodos
1	Planeación de la intervención	Agosto -diciembre 2022
2	Diseño y construcción de prototipos	Enero 2022-marzo2023
3	Evaluación de la estrategia	Abril 2023-junio 2023

3.1. Planificación de la investigación

En la planificación del proyecto se determinó el enfoque de investigación, se identificó la variable y se seleccionó el grupo de trabajo para la intervención educativa.

3.1.1. *Enfoque de la investigación*

Se pretende que esta investigación tenga un enfoque mixto de acuerdo con Hernández et al. (2014) el enfoque mixto de la investigación implica un conjunto de procesos de recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio. La decisión de emplear los métodos mixtos sólo es apropiada cuando se agrega valor al estudio en comparación con utilizar un único enfoque.

Por un lado, se planeó la recolección y análisis de las calificaciones para explicar en qué medida se puede mejorar el aprendizaje con la estrategia didáctica utilizando el enfoque cuantitativo, y por otro; recolectar opiniones e imágenes para comprender la experiencia de los estudiantes en el proceso que tuvieron con la estrategia didáctica construyendo los prototipos utilizando el enfoque cualitativo.

3.1.2. *Identificación de la variable de investigación*

El siguiente paso de la planeación fue definir la variable de investigación, siendo esta la *Mejora del aprendizaje de las Leyes de Newton*, según Arias (2020) “la variable es aquella frase o palabra que se encuentra en el título o el tema de investigación, también se encuentra en el objetivo general, problema general y la hipótesis general” (p. 33).

La operacionalización de la variable es un medio para construir el instrumento de recolección de información, consta de una definición conceptual, dimensiones, indicadores, entre otros (Espinoza, 2019). Para la operacionalización de la variable: *Mejora del aprendizaje de las leyes de Newton*, primero se definió conceptualmente.

De acuerdo con Schunk (2012) la definición de aprendizaje es “...cambio perdurable en la conducta o en la capacidad de comportarse de cierta manera, el cual es resultado de la práctica o de otras formas de experiencia” (p.3), por lo que, tiene tres dimensiones: la primera, el aprendizaje implica un cambio, es decir, mayor adquisición de conocimientos, deben aplicar las Leyes en sus prototipos; la segunda, perdura a lo largo del tiempo, esto indica que después de un periodo razonable, no se olvida lo aprendido; y la tercera, ocurre por medio de la experiencia a través de prácticas en donde se cometan errores, pero también aciertos. De estas tres dimensiones, en la Tabla 2 se tiene la propuesta de operacionalización.

Tabla 2. *Operacionalización de la variable.*

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Mejora del aprendizaje de las Leyes de Newton	Mayor adquisición de conocimientos, y un cambio perdurable, en la forma en que los estudiantes ejemplifican y utilizan las tres Leyes de Newton.	-Adquisición de conocimientos	-Entender las 3 leyes de Newton	Test
		-Cambio perdurable	-Aplicar las 3 Leyes en los prototipos	Guía de observación
		-Experiencia	-Entender las 3 leyes después de un tiempo	Test
			-Construir algo utilizando elementos adecuados	Encuesta

La Tabla 2 fue útil para determinar los instrumentos y para orientar la construcción de cada uno de ellos. En el Test, se deben considerar preguntas de conocimiento sobre las 3 Leyes y problemas de aplicación. En la Guía de observación, verificar la aplicación de las 3 Leyes en la exposición de los prototipos. En la encuesta preguntar sobre su experiencia construyendo los prototipos.

3.1.3. Selección del grupo para la intervención

En la UTCV, en la carrera de Ingeniería en Mantenimiento del sistema escolarizado, la materia de física se lleva en segundo cuatrimestre. Al momento de la investigación existían 5 grupos en la sede Cuitláhuac y uno en la sede Maltrata.

Para seleccionar al grupo de trabajo en el cual se llevó a cabo la intervención, se consideró a los grupos de física que tuvieran el mismo profesor, es decir a mi cargo, esto con el fin de eliminar al profesor como una variable. Con los tres grupos resultantes el profesor llevo a cabo las actividades de enseñanza aprendizaje que se mencionan a continuación.

Discusión y lluvia de ideas en la diferenciación de ideas Aristotélicas con las ideas de Newton.

Esta actividad consistió en hacer una diferencia entre las ideas Aristotélicas y las enunciadas por Isaac Newton sobre el movimiento de los cuerpos y la física, en donde Aristóteles por su parte se apoya de métodos filosóficos para enunciar teorías ampliamente aceptadas en su época, pero que eran erradas y no comprobadas.

Por otra parte, las leyes promulgadas por Isaac Newton que, a diferencia de Aristóteles, realizó experimentos y cálculos precisos para poder comprobar dichos preceptos.

Una actividad propuesta para que los alumnos pudieran diferenciar las ideas aristotélicas y de Newton antes de la intervención, fue primero realizar de tarea una lectura del artículo “El mundo físico de Aristóteles”, posteriormente, ya en clase se realizó un cuadro comparativo mediante lluvia de ideas con la participación de todo el grupo en el pintarrón, la cual se presenta como sigue. La Tabla 3 muestra un ejemplo de lo que se pudo desarrollar durante la clase.

Tabla 3. *Diferencias entre leyes de Newton y teorías de Aristóteles*

Aspectos	Aristóteles	Newton
Método	Filosófico: Lógica y razonamiento.	Observación y experimentación.
Origen del movimiento	Decía que cada cosa tiende a cierta posición preferida por su propia naturaleza. -Estudia el movimiento de los cuerpos.	La causa es una fuerza externa neta. -Analiza las fuerzas que actúan sobre los cuerpos.
Características de los postulados	-Clasifica los movimientos en natural (caída libre) y el forzado (acción de un cuerpo sobre otro). -Explica que los cuerpos más pesados caen más rápidos que los livianos. -Afirman que los objetos se mueven solo cuando se les empuja.	-Dan respuesta a todos los tipos de movimiento. -Establece tres leyes: la de inercia, la relación entre fuerza y aceleración y la ley de acción y reacción. -El movimiento depende de la fuerza resultante que actúa sobre el cuerpo.

Revisión de las Leyes de Newton

Otra actividad realizada fue revisar los postulados de Newton, las tres leyes fueron mencionadas, cada una mediante lectura en clase por medio de diapositivas, se dio ejemplos de la vida cotidiana, y posterior a ello los alumnos expusieron sus propios ejemplos de forma escrita y de forma verbal. Las tres Leyes de Newton, se expusieron de acuerdo con lo expresado en el libro de Mecánica Vectorial para Ingenieros, Estática.

Primera Ley de Newton

“Si la fuerza resultante que actúa sobre una partícula es cero, la partícula permanecerá en reposo (si originalmente estaba en reposo) o se moverá con velocidad constante en línea recta (si originalmente estaba en movimiento)” (Beer et al., 2007).

Segunda Ley de Newton

“Si la fuerza resultante que actúa sobre una partícula no es cero, la partícula tendrá una aceleración proporcional a la magnitud de la resultante y en la dirección de ésta” (Beer et al., 2007).

Tercera Ley de Newton

“Las fuerzas de acción y reacción de los cuerpos en contacto tienen la misma magnitud, la misma línea de acción y sentidos opuestos” (Beer et al., 2007).

Aplicación de examen de conocimientos acerca de lo aprendido

Para el examen de conocimientos que fue administrado a los tres grupos algunas preguntas fueron tomadas de un banco de reactivos del programa educativo de mantenimiento industrial en la UTCV, así como también los reactivos de un examen de física aplicado en concursos regionales. Cada reactivo fue seleccionado para evaluar cada postulado de tal forma que las preguntas abarcan la exploración del aprendizaje de las tres Leyes de Newton. En la Figura 1 se muestra la primera

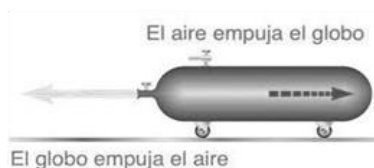
sección del examen diagnóstico con preguntas de opción múltiple. La prueba tiene un total de diez reactivos, divididos en dos secciones. La sección uno contiene cinco preguntas de opción múltiple con cuatro opciones de respuesta.

Figura 1. Sección uno del examen de conocimientos.

Sección I. Lee con atención y subraya la opción correcta.

1. La _____ de Newton dice que, si se aplica una fuerza sobre una masa, le producirá una aceleración.
 - a) Segunda ley
 - b) Primera ley
 - c) Ley de la gravitación universal
 - d) Ley de la acción – reacción
2. Un cuerpo en reposo permanecerá así y otro permanecerá en movimiento rectilíneo uniforme hasta que exista una fuerza que modifique esos estados.
Esta descripción pertenece a Newton en su...
 - a) ley de la gravitación universal
 - b) ley de la acción y la reacción
 - c) segunda ley
 - d) primera ley

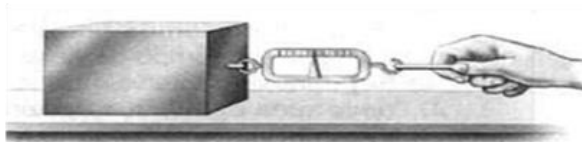
3. Observe con atención:



La figura anterior es un ejemplo de la aplicación de una de las leyes de Newton ¿Qué ley representa?

- a) ley de la gravitación universal
 - b) ley de la acción y la reacción
 - c) segunda ley
 - d) primera ley
4. Complete correctamente la siguiente frase relativa a la primera ley de Newton. “Si la resultante de las fuerzas que actúan en una partícula es nula, entonces...
 - a) ...estará en reposo”.
 - b) ...tendrá una aceleración de 9.8 m/s^2 , porque esta es la aceleración de la gravedad”.
 - c) ...estará con seguridad en movimiento rectilíneo uniforme”.
 - d) ...podrá estar en movimiento circular uniforme”.

5. Observe con atención:



En la figura se muestra a una persona que tira de un dinamómetro sujeto a un objeto y lo desplaza sobre una superficie a lo largo de la cual el coeficiente de fricción varía. El desplazamiento del objeto es rectilíneo y la lectura del dinamómetro se mantiene invariable. Esto indica que:

- a) La fuerza de fricción entre el objeto y la superficie es constante.
- b) La fuerza resultante que actúa en el objeto es constante.
- c) La fuerza de fricción entre el objeto y la superficie es variable.
- d) El valor de la fuerza de fricción entre el objeto y la superficie está dado por la lectura del dinamómetro.

En el primer reactivo de la sección uno se enuncia la segunda ley, y el alumno debe completar la frase para identificar cual es dicha ley; el segundo reactivo es también de completar el enunciado para identificar la primera Ley de Newton. De este modo cada reactivo cumple una función, que el alumno elija el postulado correcto.

En el tercer reactivo el estudiante debe observar una imagen y de acuerdo con la situación seleccionar el postulado correcto. En la cuarta pregunta se debe completar la primera Ley de Newton, por lo que se debe seleccionar la oración correcta. Y por último en el cuestionamiento número cinco, se presenta una imagen que se debe de observar con atención, debajo hay una pequeña descripción, y con ello se debe analizar el comportamiento de la fuerza.

Por otra parte, en la segunda sección se definieron reactivos con problemas relacionados a la representación de vectores basados en la aplicación de fuerzas en diferentes situaciones para que los alumnos utilicen las Leyes de Newton en la representación de sistemas físicos de situaciones cotidianas.

La sección número dos contiene cinco preguntas, cuatro son de opción múltiple y una en la que el alumno debe realizar un dibujo para representar por medio de vectores las fuerzas involucradas en el sistema físico.

En la pregunta seis, se observa una imagen que representa un sistema y el alumno tiene que seleccionar el diagrama de cuerpo libre que mejor represente la situación, de acuerdo a la dirección de las fuerzas; en el reactivo siete se presentan el concepto de la resultante de fuerzas, se debe seleccionar el correcto; en el ocho, el alumno debe encontrar la resultante y concluir hacia donde se moverá el objeto; en el nueve, se debe escoger la situación que muestre mayor aceleración, después de un cálculo del postulado de la segunda Ley.

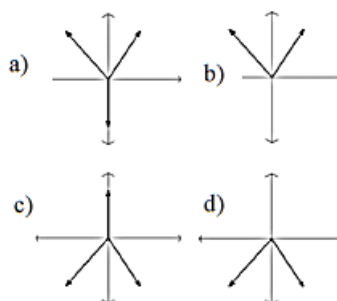
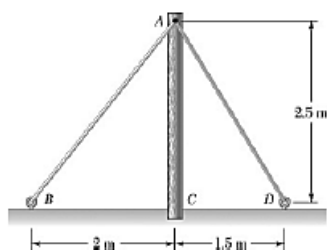
Y por último en el reactivo diez se debe trazar un diagrama de cuerpo libre, tomando en cuenta todas las fuerzas que intervienen. Como se muestra en la Figura 2, la sección contiene

problemas a resolver para seleccionar la opción correcta, así como una pregunta abierta para representar diagramas.

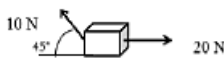
Figura 2. Sección dos del examen de conocimientos.

Sección II. Lee con atención y responde lo que se te pide.

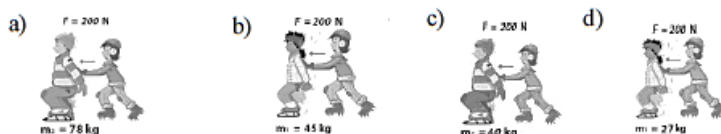
6. Un diagrama de cuerpo libre se define como aquel esquema libre de objetos que rodean al cuerpo analizado, mostrando solo las fuerzas en forma de vectores que actúan sobre él. A continuación, se muestra un poste tirado de cables anclados al suelo, que lo mantienen en equilibrio. Dibuja un diagrama de cuerpo libre, representando en un plano cartesiano, solo las tensiones de los cables.



7. Es el vector que produce el mismo efecto que los demás vectores del sistema y es capaz de sustituir un sistema de vectores ¿A qué concepto se refiere la anterior descripción?
- A la fuerza de reacción.
 - A la suma de magnitudes.
 - La resultante de fuerzas.
 - A la fuerza de equilibrio.
8. Resuelve el siguiente sistema de fuerzas y determina ¿Con qué fuerza se moverá la caja y cuál será la dirección del movimiento?



9. Observe con atención:



Las figuras representan patinadores que son empujados con la misma fuerza. ¿Cuál patinador tiene mayor aceleración?

-
-
-
-

10. Observa con atención:



Dibuja un diagrama de cuerpo libre, que represente todas las fuerzas involucradas en el auto sobre el plano inclinado.

Para la aplicación del examen no se avisó a los estudiantes por anticipado. Se prepararon las pruebas de evaluación con fotocopias. Se les otorgó un tiempo total de 60 minutos para su

realización de forma individual a todos los estudiantes, aunque no todos los alumnos requirieron el total del tiempo. Algunos terminaron antes de lo previsto, ya que manifestaron no recordar algunos cuestionamientos.

Como se ve en la Figura 3, los alumnos fueron separados, dejando una fila sin ocupar en medio para que no pudieran copiar al compañero de al lado.

Figura 3. *Fotografía tomada a los alumnos durante la aplicación del examen diagnóstico*



De los tres grupos asignados para impartir la materia de física, se observó que el grupo 2°A de Mantenimiento área industrial escolarizado de Maltrata (2°A MAI ESC MT) presentó el menor promedio de calificación en el examen diagnóstico que contenían preguntas sobre el tema de las Leyes de Newton, por esta razón dicho grupo fue seleccionado para trabajar con la intervención educativa y mejorar su conocimiento acerca de las leyes de Newton.

3.2. Intervención educativa: Diseño, creación y presentación de prototipos

Una vez definido el grupo de trabajo se procedió a planificar la intervención educativa para su posterior implementación y evaluación, como se aprecia en la Figura 4.

Figura 4. Fases del proceso de la intervención

Se planeó la estrategia didáctica, de tal manera que quedara enmarcada dentro de los lineamientos y programa de física del programa educativo. Posteriormente se diseñaron los instrumentos de recolección de la información.

3.2.1. Planeación de la estrategia didáctica

En la planeación del curso para la estrategia se propone que los alumnos diseñen y construyan un prototipo que cumpla una función, y se realizaron varias actividades las cuales se describen a continuación.

Llenado del formato de planeación

El formato que se ocupó para la planeación se llama *Guía instruccional* que se observa en Figura 5, este es de uso obligatorio en la UTCV.

Figura 5. Formato de planeación de la materia de física.

FODAC07-I



GUÍA INSTRUCCIONAL

PERIODO CUATRIMESTRAL ENERO-ABRIL 2023

PROGRAMA EDUCATIVO DE:	TSU EN MANTENIMIENTO AREA INDUSTRIAL	NOMBRE DEL PROFESOR:	Ing. María Isabel Arias Prieto				
ASIGNATURA:	FÍSICA	HORAS A LA SEMANA:	6	GRADO Y GRUPO:	2A	MATERIA EN B-LEARNING:	S/A
COMPETENCIA(S) A LA(S) QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA:	Plantear y solucionar problemas con base en los principios y teorías de física, química y matemáticas, a través del método científico para sustentar la toma de decisiones en los ámbitos científico y tecnológico.						
OBJETIVO DE APRENDIZAJE:	El alumno interpretará fenómenos físicos que representan un proceso, con base en la metodología científica y las leyes y teorías de la física, para determinar su comportamiento.						

No	UNIDADES	HORAS		
		TEÓRICAS	PRÁCTICAS	TOTALES
I.	Introducción a la Física	4	8	12
II.	Estática	6	14	20
III.	Dinámica y Cinemática	8	20	28
TOTAL		18	42	60

El formato *Guía instruccional* es usado para organizar el tiempo y actividades de clase cada cuatrimestre, en él se desglosan las actividades de planeación del curso en tres fases: introducción, desarrollo y cierre.

Revisión del temario

Una actividad para dar seguimiento a la planeación es una propuesta del temario de física. Para ello se adaptaron 7 subtemas del curso original con el método tradicional de física. Aunque, el temario está definido desde la Dirección General de Universidades Tecnológicas y Politécnicas (DGUTyP), la propuesta consiste en definir subtemas relacionados con la construcción de prototipos y llegar a los objetivos de aprendizaje trazados. En el formato *Guía instruccional* se abordan los objetivos o intenciones formativas con la lista de temas principales, mas no los subtemas, es por ello que se realizó una lista de dichos subtemas (ver Apéndice A) en dos unidades del curso se propusieron subtemas adicionales a los propios del curso.

El primer subtema propuesto es el *1.2.1 Prototipos y representación de fuerzas*, en la unidad uno llamada *Introducción a la Física*. En clase, la primera acción es definir el concepto de prototipo, después se explican los conceptos básicos para el diseño de prototipos, y a continuación presentar ejemplos de diagramas de fuerzas que se ocupan en el diseño de estos.

Todos los subtemas que se proponen se desarrollarán en el curso como parte de la estrategia didáctica. Los subtemas se propusieron con base en una revisión Bibliográfica, a través del análisis de un cuadro de transversalidad. La revisión bibliográfica, se efectuó definiendo las palabras clave del proyecto: aprendizaje, prototipos, leyes de Newton y nivel universitario. Para ello se analizaron diferentes artículos, que se descargaron de revistas indexadas y del buscador Google Académico, pero también se consultaron algunos libros.

La transversalidad de aprendizajes

En la etapa de planeación de actividades para la asignatura de física del presente proyecto, es de suma importancia tomar en cuenta las competencias que debe alcanzar el alumno, para ello, un concepto utilizado para definir la articulación de todas las materias que cursa el estudiante y así poder enlazarlas es la transversalidad, la cual “...favorece la realización de una planificación sistémica y una estructuración curricular que permitirá la integración de problemáticas emergentes que atraviesan horizontal y verticalmente todas las áreas y disciplinas” (SEP, 2022).

La transversalidad de los aprendizajes es la organización y la interdependencia de las diferentes asignaturas, tanto a nivel de competencias como de aprendizajes esperados y su materialización a través de productos, esto para disminuir la fragmentación de aprendizajes provocado por la separación de cada asignatura, mientras que el alumno cursa cada periodo, es por ello que a continuación se realiza el Cuadro de Transversalidad; para su elaboración se decidió tomar como referencia un tema central, el cual hace referencia al proyecto de investigación de esta Tesis.

Posteriormente se enlistaron las asignaturas correspondientes al segundo cuatrimestre de estas se indagó la competencia que aporta; el contenido temático, es decir, las unidades que conforman cada curso; se trató de identificar un tema relacionado o que pudiera tomarse en cuenta como ejemplo o analogía, para el diseño de actividades, ejercicios o producto en clase; también se enlistó el objetivo de cada materia y por último el resultado de aprendizaje. El tema propuesto para el cuadro de transversalidad es: Leyes de Newton para el diseño de máquinas eléctricas, neumáticas e hidráulicas. Al terminar la elaboración del cuadro de transversalidad horizontal (ver Apéndice B), se obtuvo un panorama general de los aprendizajes que el alumno debe asimilar al término del cuatrimestre, cabe mencionar, que son variados y extensos, de acuerdo a cada área del

conocimiento. La importancia que tiene su elaboración para el proyecto es planear las clases de la materia de física, siempre tomando en cuenta los resultados de aprendizaje de cada asignatura que cursa el alumno de forma paralela, es decir horizontalmente; también para proponer ejemplos dentro de la dinámica de las clases, y que de esa forma el estudiante tenga un panorama general de la integración de las materias para ayudar al logro de sus competencias.

Por otro lado, la transversalidad también debe ser vertical, en este sentido, se deben tomar en cuenta las materias relacionadas al curso de física pero que se cursaran longitudinalmente, cursos que tienen como base los conocimientos de las Leyes de la mecánica, entonces se decidió elaborar un cuadro transversal respecto a las leyes de Newton (ver Apéndice C).

Tema de investigación para los alumnos

Otra actividad desarrollada para la planeación de la estrategia didáctica fue la búsqueda de un tema de investigación para que los estudiantes investiguen la construcción de prototipos. Para definir el tema primero se realizó una revisión de los tópicos que se abordarán a lo largo del curso de física, pero también se profundizó en la revisión de cursos que el alumno tomará en materias posteriores, así como temas base en la materia de física y las leyes fundamentales de la mecánica. Se tomó como referencia el cuadro de transversalidad elaborado anteriormente. El tema propuesto es *Leyes de Newton como base para el diseño de máquinas eléctricas, neumáticas e hidráulicas*.

El tema elegido tiene la intención de que el alumno relacione las Leyes de Newton con el diseño para ello tiene que investigar el proceso de diseño, pero también las necesidades para poder lograrlo, se le indicará al alumno que dichas necesidades tienen que ver con definir las variables físicas como, fuerza, peso, presión, caudal, flujo, entre otras. Por otro lado, cabe destacar que los tres tipos de máquinas que se hacen referencia dentro del tema propuesto son, en suma, los que el alumno tiene como objetivo conocer dentro del programa educativo o carrera, que en este caso es

a nivel Técnico Superior Universitario (TSU). Y no solo eso, sino también conocer las principales fallas, es allí donde las nociones de diseño, análisis cinemático y dinámico toman relevancia importante dentro del marco curricular y aprendizajes del estudiante.

Guía instruccional

Una actividad realizada durante el desarrollo de la planeación es la descripción de actividades de introducción, desarrollo y cierre. En la etapa de desarrollo, se deben describir las acciones de enseñanza-aprendizaje de cada tema, su duración, la técnica didáctica, materiales y equipos; y los resultados del aprendizaje, es decir hay que anotar las evidencias que hay que recabar de los estudiantes. También se anotan las semanas que abarcan cada tema, de acuerdo al mes correspondiente como se muestra en la Figura 6.

Figura 6. *Etapa de desarrollo en el formato de "Guía instruccional".*

Sistemas Vectoriales	4	8hr	Soluciones de problemas Equipos colaborativos	1. Explicar los conceptos de cantidad escalar y cantidad vectorial. Trazar los vectores de sistemas simples. Describir la estructura de un vector en componentes cartesianas y polares. Identificar los sistemas de vectores y sus características: colineales, concurrentes, coplanares. 2. Explicar los métodos de suma de vectores gráfico y analítico: paralelogramo, polígono, triángulo. Obtener gráficamente la solución de sistemas vectoriales. Calcular la suma y resta de vectores por componentes cartesianas y polares. 3. Se explicarán conceptos básicos para el diseño de prototipos, ¿Qué es un prototipo?, los pasos a seguir para la elaboración de un diseño, elaboración de diagramas de fuerzas y la representación de fuerzas en los mismos.	Fizarrón Cañón Equipo de cómputo Software didáctico de Física Calculadora científica Impresos (ejercicios)	Ejercicios prácticos
----------------------	---	-----	--	--	---	----------------------

Instrumentos de recolección de la información

En la Tabla 4 se muestra la forma de trabajo, los instrumentos de recolección de la información y sus respectivos indicadores.

Tabla 4. *Instrumentos para la recolección de información y la forma de trabajo*

Forma de trabajo	Instrumentos de recolección de la información
Conocimiento	Post-test
Los estudiantes trabajan en equipo	Guía de observación
Experiencia individual	Encuesta a los estudiantes

A continuación, se mencionan en detalle los instrumentos de recolección de información utilizados en este trabajo de investigación.

Examen post-test

Para recolectar los datos cuantitativos se utilizó el mismo examen que sirvió para elegir al grupo que se intervino (ver la sección aplicación de examen de conocimientos), ya que hubo un lapso significativo en ambas aplicaciones, la primera aplicación fue en la tercera semana de enero, y la segunda; la primera semana de abril. La Tabla 5 relaciona el número de reactivo con la Ley de Newton que evalúa.

Tabla 5. *Número de reactivos y las Leyes de Newton que se evalúan.*

Indicadores	No. de reactivo
Segunda Ley	1
Primera Ley	2
Tercera Ley	3
Primera Ley	4
Las 3 Leyes	5
Representación de fuerzas	6
Primera Ley	7
Primera Ley y Segunda Ley	8
Segunda Ley y Tercera ley	9
Representación de fuerzas	10

Guía de observación

En cuanto a la realización de la guía de observación, se tomaron criterios para el formato, que de acuerdo con Campos y Lule (2012) señalan que el encuadre de una guía de observación debe cumplir con cuatro aspectos: datos y perfiles de los individuos a evaluar; objetivo de la observación; fecha y fases de los momentos observables en apego a los indicadores. Con estos aspectos, se estructuro el formato Guía de observación (ver Anexo C), primero el encabezado,

después se listaron los indicadores a evaluar partiendo de la variable. Cabe destacar que el formato que se utilizó como base proviene de una guía de observación para profesores, como parte de la evaluación interna del proceso de enseñanza-aprendizaje de la UTCV.

En la Figura 7 se muestra el encabezado de la guía de observación en el cual se colocó: el nombre de la institución, el nombre del instrumento, la competencia de la que es parte la materia física en el programa educativo, así como el objetivo del instrumento. Después, el nombre de la asignatura, y los datos de nuestro objeto de estudio, en este caso los estudiantes, se debe anotar el nombre de cada integrante, número de equipo, así como la fecha de observación. También, es importante colocar el nombre del observador y el perfil o área de especialidad.

Figura 7. Encabezado de la guía de observación para la exposición del prototipo

	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CENTRO DE VERACRUZ		
GUÍA DE OBSERVACIÓN			

Competencia:	Plantear y solucionar problemas con base en los principios y teorías de física, química y matemáticas, a través del método científico para sustentar la toma de decisiones en los ámbitos científico y tecnológico.		
Objetivo:	El alumno explicará el desarrollo de un prototipo, mediante un proceso de diseño, para mostrar la mejora del aprendizaje en las leyes de Newton.		

Asignatura:	Física	Integrantes:	
No. Equipo:			
Fecha:			
Nombre del observador:			
Perfil del observador:			

La guía de observación está conformada por una escala binaria: cumple o no cumple, que corresponde a 1 y 0, respectivamente. El observador anotará un cero o un uno, teniendo en cuenta el cumplimiento de los indicadores de la guía.

La guía se estructuró en tres apartados; el primero para antes de la presentación, en el cual el alumno debe asegurarse del funcionamiento del prototipo, y que todos los integrantes estén presentes; el segundo durante la presentación del prototipo, para evaluar la función del modelo; y el tercero la explicación de las Leyes de Newton, en donde se observará los ejemplos que expondrán y la explicación de las Leyes. En la Figura 8 se muestra el apartado antes de la presentación.

Figura 8. *Apartado de la guía de observación de la fase inicial.*

ANTES DE LA PRESENTACIÓN			
INDICADOR	EVALUACIÓN		
	CUMPLE	NO CUMPLE	OBSERVACIONES
1. Inician la presentación puntual.			
2. Revisan la funcionalidad del prototipo.			
3. Se encuentran todos los integrantes del equipo.			
PUNTAJE			

En este primer apartado, los alumnos organizados por equipos se deben presentar puntuales a la exposición, deben revisar el prototipo para asegurarse que funcione correctamente y deben estar todos los integrantes. Hay un espacio en el formato para anotar las observaciones, que se consideren necesarias al momento de la presentación. La Figura 9 muestra el apartado durante la exposición.

Figura 9. *Segundo apartado de la guía de observación.*

DURANTE LA EXPOSICIÓN: PRESENTACIÓN DEL PROTOTIPO			
INDICADOR	EVALUACIÓN		
	CUMPLE	NO CUMPLE	OBSERVACIONES
1. Realizan la presentación de los integrantes del equipo.			
2. Muestran la función del prototipo.			
3. Mencionan los requisitos de diseño del prototipo.			

En el segundo apartado, como se muestra en la Figura 9, ya durante la exposición del prototipo, los alumnos se deben presentar y destacar el objetivo de la exposición, el cual es la

importancia de las Leyes de Newton para el diseño del prototipo. También, mencionar los requisitos que tomaron en cuenta para su diseño y cumplir con su objetivo funcional, en la Figura 10 se muestra el apartado dedicado a la explicación de las Leyes de Newton.

Figura 10. Tercer apartado de la guía de observación.

DURANTE LA EXPOSICIÓN: EXPLICACIÓN DE LAS LEYES DE NEWTON			
INDICADOR	EVALUACIÓN		
	CUMPLE	NO CUMPLE	OBSERVACIONES
4. Mencionan los nombres de los componentes del prototipo.			
5. Los alumnos mencionan como aplican las Ley de Newton en el prototipo.			
6. Los alumnos presentan un diagrama de cuerpo libre, en donde representan las fuerzas involucradas en el sistema.			
7. Los estudiantes muestran su diseño en AutoCAD.			
8. Las ideas expresadas son claras y precisas.			
PUNTAJE			

En el tercer apartado, los alumnos deberán de dar un ejemplo de cada una de la Leyes en la vida cotidiana, ya que, uno de los problemas principales es que no contextualizan dichas Leyes. También, deberán indicar los componentes del prototipo, esto con la finalidad de que demuestren el conocimiento de los elementos indispensables de su máquina. Posteriormente, se listaron indicadores para que los estudiantes mencionen como aplicaron las Leyes de Newton para diseñar su prototipo. Después, tendrán que mostrar su diagrama de cuerpo libre, previamente dibujado y explicar las fuerzas involucradas en el sistema físico. Para finalizar la exposición deberán mostrar su diseño en un software de dibujo.

Encuesta administrada a los estudiantes

Se adaptó una encuesta tomada de Palacios et al. (2020) que consta de diez preguntas (ver Anexo E), la cual busca la opinión del estudiante respecto a la estrategia didáctica para conocer su punto de vista sobre su experiencia en la estrategia, como se observa en la Figura 11, los aspectos

considerados en la encuesta son: si los prototipos mejoran el aprendizaje de las Leyes, si se aplicaron los conceptos vistos en clase en el prototipo, si la forma de trabajar fue adecuada, la satisfacción de sus expectativas, la motivación, que, si fomenta el trabajo en equipo, participación en clase, creatividad, y la dificultad de encontrar un proyecto adecuado.

Figura 11. Encuesta aplicada a los alumnos de la intervención.

Encuesta a alumnos participantes en la construcción de prototipos para la materia de Física.		
Nombre (opcional):		
Instrucciones: Por favor marque la respuesta que considere más adecuada.		
1. ¿Considera que construir prototipos de física, mejora su aprendizaje de las leyes de Newton?	Si ☐	No ☐
2. ¿Se aplicaron los conceptos y leyes vistas en clase para la construcción de su prototipo?	Si ☐	No ☐
3. ¿Considera que, con esta metodología de aprendizaje, se le facilitó dar ejemplos claros de las Leyes de Newton?	Si ☐	No ☐
4. ¿Considera que la forma de realizar el proyecto durante el cuatrimestre fue la adecuada?	Si ☐	No ☐
5. ¿Este tipo de metodología de aprendizaje, satisface sus expectativas como estudiante comparándola con otros métodos tradicionales?	Si ☐	No ☐
6. ¿Considera que trabajar de esta forma le motivó en su proceso de aprendizaje?	Si ☐	No ☐
7. ¿Considera que trabajar de esta forma contribuye a fomentar un clima de participación y trabajo en equipo con sus compañeros?	Si ☐	No ☐
8. ¿Considera que trabajar de esta forma contribuyó a fomentar su participación en el curso de Física?	Si ☐	No ☐
9. ¿Considera que trabajar de esta forma contribuyó a fomentar su creatividad al construir el prototipo?	Si ☐	No ☐
10. ¿Fue difícil encontrar un proyecto adecuado para desarrollar en el curso?	Si ☐	No ☐
Comentarios adicionales:		

3.2.2. Implementación de la estrategia didáctica

Ya teniendo la planeación y los instrumentos de recolección de la información, se continuo con el diseño, construcción y presentación de los prototipos por parte de los alumnos del grupo seleccionado.

Diseño y construcción de los prototipos

La siguiente fase del proyecto de investigación es la ejecución de la estrategia didáctica, planeada con anterioridad, la cual consiste en el diseño y construcción de prototipos realizados por

los propios estudiantes, pero propuestos por el profesor. Para el desarrollo de la estrategia se llevaron a cabo las actividades que se describen a continuación.

Elección de prototipos

Los estudiantes eligieron un prototipo de la lista propuesta por la profesora. A continuación, se enlistan los equipos y nombres de los proyectos:

- Equipo#1: Prensa Vertical
- Equipo#2: Grúa Viajera
- Equipo#3: Grúa Torre
- Equipo#4: Sierra Circular
- Equipo#5: Montacargas

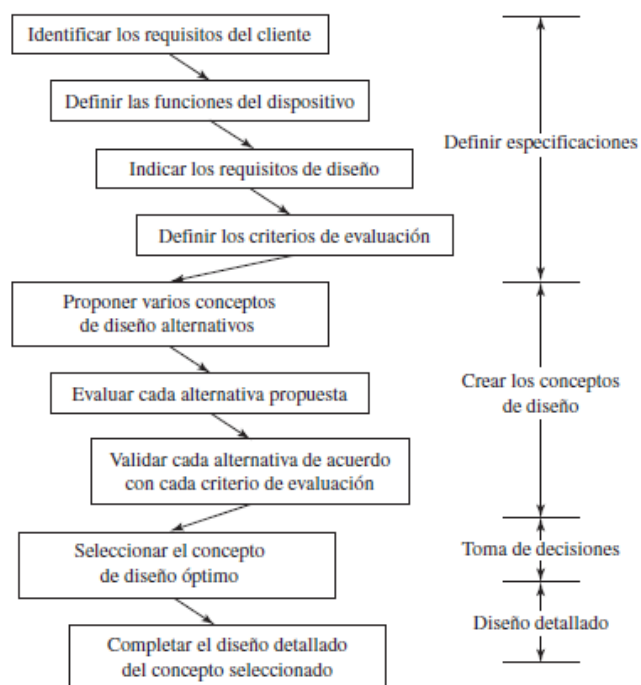
Los prototipos antes listados tienen en común ciertas características, principalmente permiten la aplicación de las Leyes; poseen una estructura o armazón estable (bastidores y/o soportes); constan de elementos de unión (tornillos, pasadores, chavetas) y de transmisión (ejes, palancas, poleas, ruedas...); todos disponen de un dispositivo que genera el movimiento, es decir, constan de uno o dos pequeños motores de corriente continua.

Los materiales que se les dio a elegir a los estudiantes para la construcción de los prototipos son: madera contrachapada, fibras de densidad media (MDF), palitos de madera, perfiles laminados de plástico o aluminio, elementos reciclados, entre otros. La mayoría de los alumnos optaron por madera, pero otros eligieron perfiles metálicos.

Asignación de requisitos de diseño para los prototipos

Para la asignación de los requisitos del prototipo se buscó como referencia los pasos para el diseño mecánico, en la Figura 12 se muestra un diagrama que contiene dicho proceso con el cual se guiarán los estudiantes en el diseño del prototipo.

Figura 12. Diagrama del proceso de diseño mecánico



Nota: Tomado de *Pasos para el proceso de Diseño*, (p.12), por Mott R., 2006, Pearson Educación.

De acuerdo con el proceso antes mencionado, el primer paso para el diseño es identificar los requisitos del cliente, por lo que, para cada prototipo se propusieron ciertas necesidades a cumplir. Después, se les pidió a los escolares investigar la función del prototipo asignado, aun que, previamente el profesor investigó de igual forma para comparar y definir. A continuación, se enlistan los requisitos de los prototipos, que se les dio a los estudiantes:

Equipo#1: Prensa eléctrica vertical

Función: Deformar piezas a presión.

Requisitos de diseño:

1. Presión de 50 N
2. Aplastar masas con un volumen de 10 cm³.
3. Velocidad hasta 50 rpm
4. Motor 12v, torque necesario.

Equipo#2: Grúa Viajera

Función: Desplazar una carga en eje x, y, z.

Requisitos de diseño:

1. Cargar un peso de 10 N
2. Desplazar una carga en el eje z, mínimo 20 cm
3. Desplazar una carga en el eje x, mínimo 20 cm
4. Desplazar una carga en el eje y, mínimo 20 cm
5. Velocidad hasta 100 rpm
6. Motor 12v, torque necesario.

Equipo#3: Grúa Torre

Función: Desplazar una carga de forma vertical y horizontal, a una altura, radio y eje especificado.

Requisitos de diseño:

1. Cargar un peso de 10 N
2. Elevar una carga a una altura mínima de 20 cm
3. Desplazar una carga en movimiento horizontal, a un radio de 15 cm, a 360° sobre su eje
4. Velocidad hasta 100 rpm
5. Motor 12v, torque necesario.

Equipo#4: Sierra Circular

Función: Realizar determinados cortes en distintos materiales

Requisitos de diseño:

1. Cortar con disco de 10 cm de diámetro
2. Guardas de protección para disco
3. Altura de corte mínimo 3 cm
4. Velocidad de corte
5. Motor 12v, torque necesario.

Equipo#5: Montacargas

Función: Levantar, bajar, y desplazar cargas a una altura especificada.

Requisitos de diseño:

1. Cargar un peso de 10 N
2. Elevar una carga a una altura mínima de 10 cm
3. Mover una carga a una distancia de 1 m
4. Velocidad hasta 200 rpm
5. Motor 12v, torque necesario.

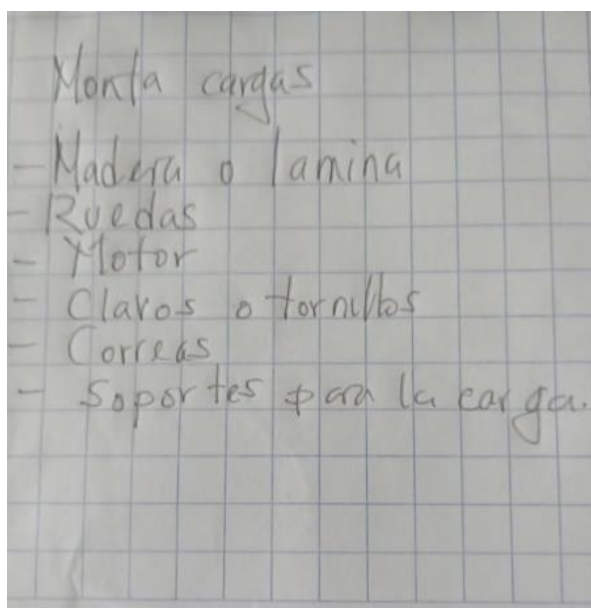
Selección de los elementos del prototipo

Para seleccionar los elementos técnicos del prototipo, primero se les pidió a los alumnos como tarea, investigar los principales componentes mecánicos de la siguiente manera: constitutivos, aquellos dispositivos que pudieran utilizar para la carcasa, bastidor o soportes. Se sugirió utilizar materiales que ellos pudieran conseguir o reutilizar; transmisión, para que el prototipo pudiera cumplir su función y transmitir el movimiento a través de ejes, palancas poleas,

ruedas, motores pequeños, cadenas, entre otras; y por ultimo los elementos de unión, para que la máquina diseñada se mantenga integrada con tornillos, clavos, pasadores, chavetas o soldadura en el caso de necesitar utilizarla.

Posterior a la investigación, ya en clase revisamos la lista de los aditamentos propuestos. Cada equipo realizó una lista de materiales, como se observa en la Figura 13.

Figura 13. Lista de elementos mecánicos para el prototipo de montacargas.



En la imagen anterior se puede apreciar el título del prototipo, y debajo la lista de algunos materiales. Los estudiantes despejaron sus dudas en clase y se les pidió de tarea, una lista con las medidas de algunos materiales para continuar con el dibujo en borrador. Las dudas que más surgieron fueron respecto al tipo de motor y características para poder cumplir la función, por lo que se le dio asesoría y opciones para poder elegirlo.

Realización del bosquejo para el prototipo

Esta actividad consistió en que los alumnos realizaran dibujos a mano alzada, de por lo menos dos tipos de vistas de los prototipos, esto para tener una idea del diseño general de la estructura, y dimensiones de los elementos.

Primero se realizó un borrador, en el cual se les pidió a los estudiantes que hicieran la vista lateral de proyecto, que incluyera la base, y los aditamentos para realizar la función principal y movimientos correspondientes. Esta actividad fue importante para que ellos iniciaran el proceso de diseño, pudiendo plasmar algunas propuestas que ellos consideraran convenientes. En la Figura 14 se observa un ejemplo de los bosquejos.

Figura 14. *Bosquejo de la Sierra eléctrica.*

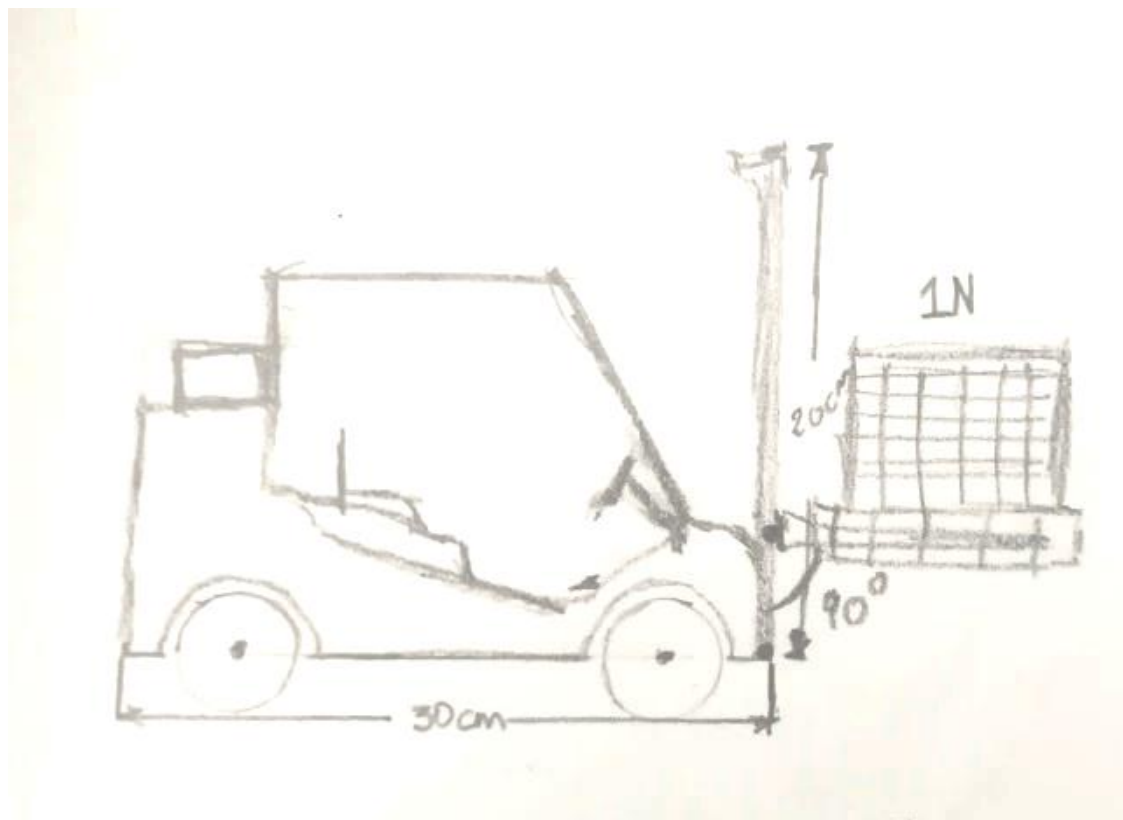


Después, en un segundo borrador, se revisó en clase las dimensiones y los requisitos de diseño que se les había proporcionado, por ejemplo, el ancho y la altura no debían ser mayor a 50 cm, que llevara un motor, y la localización del mismo.

En clase surgieron algunas dudas respecto al tipo de motor a utilizar, se cuestionaron sobre el tipo de material que debían de utilizar, sobre todo por la resistencia de este, al estar conscientes de la fuerza a la cual se iban a someter, todo lo anterior hizo que se vieran forzados a investigar, y a consultar con otros profesores.

En la Figura 15 se observa otro borrador que contiene cotas de medidas longitudinales y ángulos.

Figura 15. Borrador del prototipo montacarga



En la imagen anterior se observa el borrador para el prototipo del montacargas, en donde se le agregaron cotas con las medidas de largo y ancho, aunque falta medidas de los materiales, dimensiones de las ruedas, de la cabina, altura de la carga; se tiene una idea general de lo que tienen que realizar.

Diagramas de cuerpo libre (DCL)

En esta etapa del desarrollo de la metodología se les pidió realizar un diagrama de cuerpo libre, dado que es importante analizar las fuerzas que actúan sobre la máquina, los alumnos deben relacionar las Leyes de Newton para que el prototipo pueda cumplir su función, deben verificar las fuerzas que provocan un movimiento, un desequilibrio o equilibrio, por lo que una representación gráfica es un requisito importante para el diseño.

Para realizar el diagrama, primero en clase se explicó su proceso de elaboración del DCL, se mostraron algunos ejemplos de los pasos listados a continuación:

1. Trace un bosquejo
2. Marcar un punto de aplicación de fuerzas
3. Representar los ejes x , y
4. Dibujar los vectores y sus componentes
5. Dibujar los ángulos respecto a X .

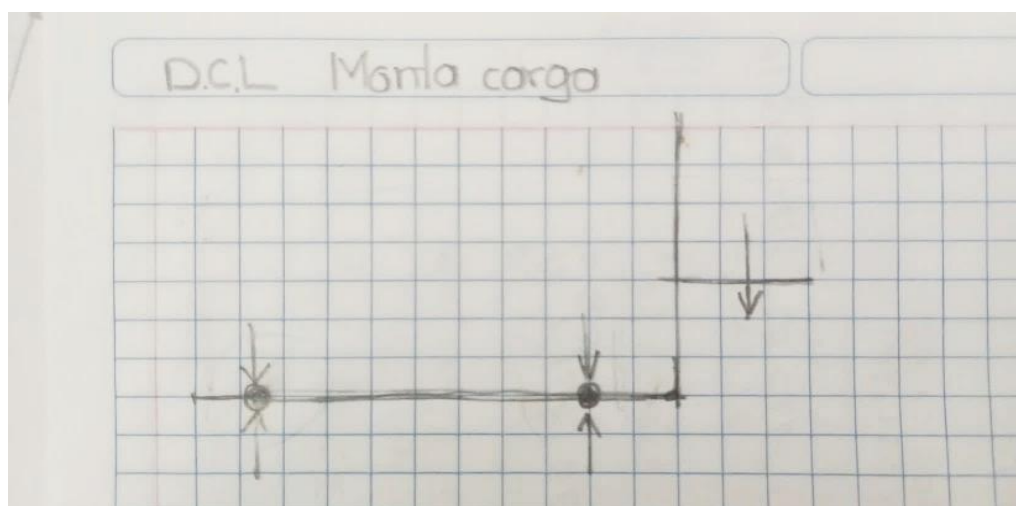
Se les pidió expresar solo las fuerzas principales que actúan en el prototipo, tomando como guía las Leyes de Newton. Primero se les pidió señalar mediante un vector cada fuerza que interviene, para no caer en confusión, antes se revisó los tipos de fuerzas:

- Fuerza normal
- Fuerza de acción o motriz
- Fuerza de fricción
- El peso

En el salón de clase se realizó la actividad de la representación del DCL tomando como ejemplo el prototipo montacargas se presenta el resultado de la actividad que realizaron los alumnos en equipos.

En la Figura 16 se muestra una hoja de libreta donde se observa la representación del DCL, el cual es un primer borrador. Los alumnos en equipo escribieron el nombre del prototipo, y trazaron flechas sobre los ejes principales que representan los pesos que debe soportar la máquina que están diseñando, tomando en cuenta los requisitos de diseño que se revisaron al inicio de la implementación de la estrategia. Terminada la actividad se les retroalimentó comentándoles en que pueden mejorar, por ejemplo, los elementos que les hizo falta, las fuerzas que no consideraron, y los nombres de las mismas.

Figura 16. Diagrama de cuerpo libre para el montacargas propuesto en clase.



En la Figura 16 se muestra un diagrama de cuerpo libre realizado por los estudiantes, durante la actividad se pudo apreciar lo siguiente:

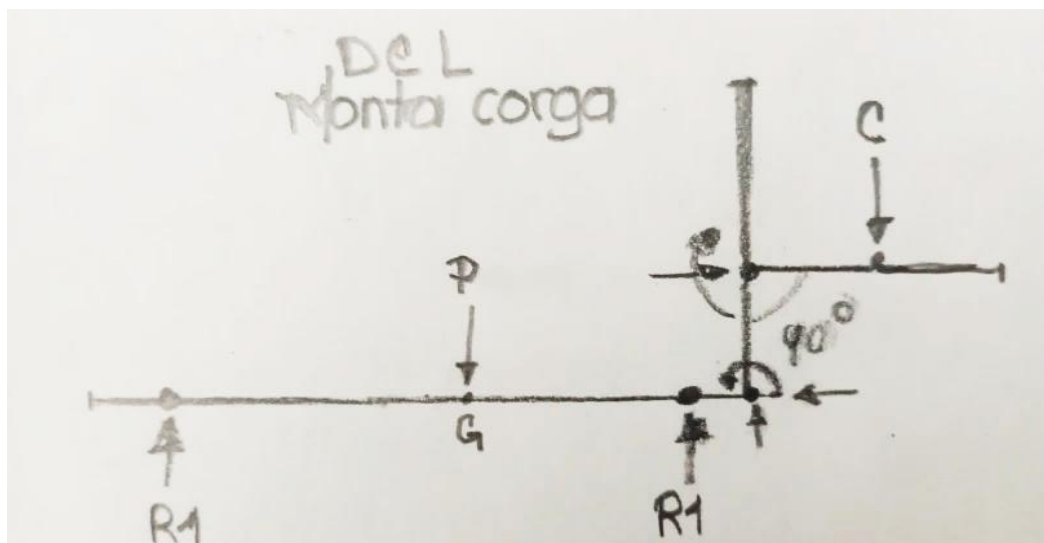
- Identifican las fuerzas de reacción (Fuerza normal) de forma clara.
- No señalan el centro de gravedad, si representan los pesos en las llantas, aunque de forma incorrecta.

- Identifican la carga con dirección correcta.
- Las fuerzas no tienen un nombre o letra que indique lo que representan.

Posterior a la actividad, de tarea se les pidió corregir el diagrama con las observaciones correspondientes.

En la Figura 17 se puede apreciar que la actividad entregada se realizó sobre una hoja en blanco. El DCL muestra dos flechas verticales hacia abajo, una indica la carga que va a elevar y otra que representa el peso total del montacargas sobre el centro de gravedad; otras dos flechas verticales hacia arriba indican las reacciones. Señalaron con letras mayúsculas las fuerzas que están representando, por ejemplo, P para el peso, C para la carga, G para el centro de gravedad y R a las reacciones sobre los dos pares de llantas. A continuación, se muestra el diagrama con las correcciones que realizaron.

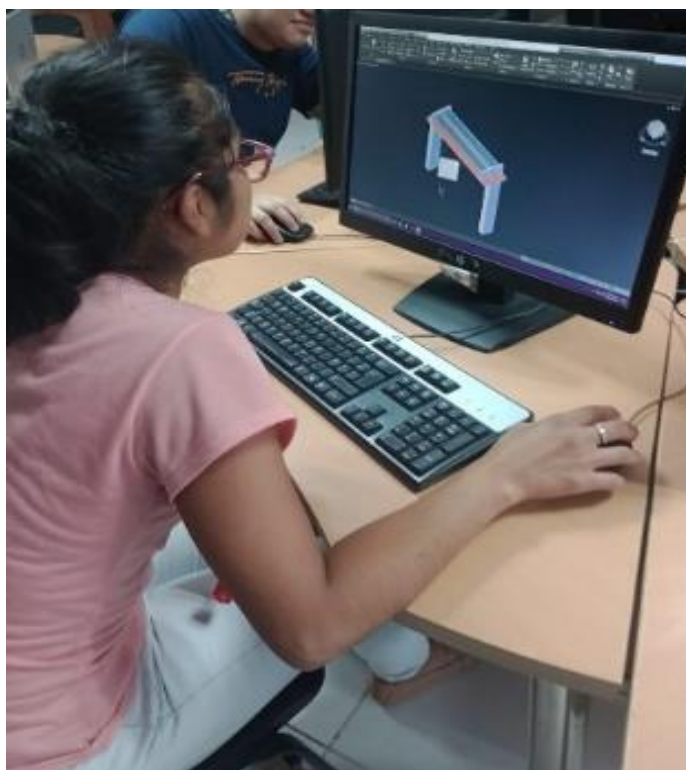
Figura 17. Diagrama de cuerpo libre del montacargas después de las correcciones.



Diseño de prototipos con Software de Dibujo

El diseño del prototipo consistió en realizar el dibujo en el Software con todas las medidas del prototipo y los materiales utilizados. Se utilizó un modelado 3D con los conocimientos previos y con el borrador realizado a mano alzada, como se puede apreciar en la Figura 18 tomada en el laboratorio de cómputo del campus Maltrata.

Figura 18. *Proceso de diseño para el prototipo grúa viajera*



Construcción de los prototipos

En esta fase, se realizaron varios trabajos, el primero fue la construcción de la base o bastidor como se muestra en la Figura 19, se presentaron los estudiantes por equipos en el salón de clase, el avance consistió en mostrar los materiales utilizados y despejar dudas.

Figura 19. Imagen que muestra la construcción de los prototipos.



Durante la clase se recopilaban imágenes de los avances. Por ejemplo, en la Figura 20 (lado izquierdo) el equipo que construyó el montacargas inició con la base del artefacto, colocó un pequeño motor, pero como la estructura era muy pesada hecha con metal, no lograba avanzar o moverse.

Ya durante la presentación del prototipo terminado al final del curso, ver Figura 20 (lado derecho) se le agregó en la parte posterior del prototipo un motor más grande dentro de la cajuela para equilibrar el peso, y los materiales se cambiaron por madera, no de metal como lo habían realizado en el primer avance que presentaron, con ello el montacargas pudo moverse fácilmente y cumplir su función, por tanto, los alumnos aplicaron la segunda y tercera Ley de Newton en la construcción de su proyecto.

Figura 20. Imagen que muestra el avance de la construcción del montacarga.



En la construcción del prototipo Sierra eléctrica, como se observa en la Figura 21 (lado izquierdo), se muestra la base hecha con madera de pino que consiguieron de una prensa para tortillas. Una dificultad que tuvieron fue que el punto de aplicación de la fuerza no era el adecuado, estaba débil y se movía mucho a los lados. Dada las medidas de seguridad que deben tener con el aparato, ya que debe girar a altas revoluciones, se realizaron las modificaciones.

Figura 21. Imagen que muestra la construcción del prototipo de Sierra eléctrica.



En la presentación del proyecto, se pudo observar (ver Figura 21) que el brazo de palanca lo colocaron en el centro de la base para equilibrar fuerzas, en consecuencia, se aplicó la Primera Ley de Newton para el equilibrio de las fuerzas. Sustituyeron el eje de la palanca y quitaron el

resorte, también colocaron una protección a la sierra demostrando análisis y trabajo en equipo para terminar el proyecto con los requisitos de funcionamiento.

En el caso del prototipo grúa torre se observó lo siguiente: el primer avance que tuvieron, como se muestra en la Figura 22 (lado izquierdo), solo construyeron la columna vertical, y la horizontal, se les recomendó reforzar la base, ya que se les cuestionó la estabilidad al momento de sostener la carga. Por lo que, en el diseño final, colocaron una base larga de madera para mantener el equilibrio, la pluma y los tensores.

Figura 22. Imagen que muestra la construcción del prototipo grúa torre.



Presentación de prototipos

Los estudiantes expusieron sus prototipos de forma oral, previamente entregaron su reporte de la construcción de estos. El día de la exposición, presentaron ante sus compañeros y 3 profesores de la Universidad sus prototipos completamente terminados. Se les indicó que tenían 10 minutos para realizar su exposición, se les asignó un orden para pasar al frente a los 5 equipos, y siguiendo los criterios enmarcados en la guía de observación, iniciaron de manera puntual el total de los alumnos, los cinco equipos revisaron su funcionalidad y asistieron todos los integrantes de los equipos. En la Figura 23 se muestra uno de los equipos y los profesores observando la exposición.

Figura 23. *Imagen que muestra la presentación de prototipos ante profesores.*



En el desarrollo de la presentación, cada uno de los integrantes participó explicando la forma en que lo construyeron, los materiales que utilizaron y presentaron la función de cada uno, como se aprecia en la Figura 24.

Figura 24. *Imagen que muestra la presentación del prototipo grúa torre.*



Como parte de la presentación los estudiantes mencionan los requisitos de diseño, que desde el inicio se le asignó a cada equipo, también mencionaron los componentes del prototipo, es decir mencionaron las partes principales de los prototipos. En la Figura 25 se observa la imagen del equipo explicando el diagrama en el pintarrón, correspondiente a la sierra circular.

Figura 25. Imagen que muestra la presentación del prototipo sierra circular.



En el desarrollo de la presentación de los cinco equipos los alumnos mencionaron como aplican las Leyes de Newton en el prototipo, también presentaron un diagrama de cuerpo libre en donde representan las fuerzas involucradas en el sistema, un punto a observar y como parte de la guía de observación, es que las ideas expresadas de los alumnos fueran claras y precisas, y todos los alumnos cumplieron. En la Figura 26 se observa la imagen en donde se expone el prototipo del montacargas y el diagrama de cuerpo libre en el pintarrón.

Figura 26. Imagen que muestra la presentación del prototipo monta cargas.



Al finalizar la presentación hubo una sesión de preguntas por parte de los profesores, los cinco equipos respondieron y aclararon las dudas.

4. Resultados

4.1. Post-test

En la Tabla 6 se aprecian los resultados obtenidos por los estudiantes antes y después de la intervención con la estrategia didáctica, en la segunda columna se listaron las calificaciones obtenidas en el examen diagnóstico que ahora llamaremos Pre-test.

Tabla 6. *Calificaciones obtenidas del Pre-test y Post-test.*

Estudiante	Pre-test	Post-test
1	7.0	6.8
2	5.0	8.0
3	5.0	6.5
4	5.0	7.5
5	4.0	7.0
6	5.0	9.5
7	4.0	5.0
8	3.0	8.0
9	6.0	6.0
10	3.0	6.8
11	2.0	2.0
12	6.0	9.0
13	4.0	6.5
14	5.0	6.0
15	3.0	7.0
16	4.0	8.0
17	4.0	6.8
18	3.0	6.8
Promedio	4.3	6.8

En la Tabla 7 se aprecian los estadísticos descriptivos para el grupo de experimentación, en primera instancia las medias son diferentes, en el pre-test se obtuvo una calificación promedio de 4.3, con una desviación estándar de 1.28, mejorándose en el post-test después de aplicar la estrategia didáctica, con una media de 6.8, aunque la dispersión de los datos es mayor, dada una desviación estándar de 1.58.

Tabla 7. *Estadísticos descriptivos*

	N (tamaño del grupo)	Media	Desv. Estándar
Pre-test	18	4.33	1.28
Post-test	18	6.80	1.57

El promedio general del grupo en el post-test fue 6.8, por lo que comparado con el pre-test que fue de 4.3 después de la intervención, se observa que hubo un avance en el conocimiento respecto a las Leyes de Newton, aunque sigue siendo calificación reprobatoria.

4.2. Guía de observación

Se aplicó una guía de observación en la cual los tres profesores que se encargaron de observar la exposición de proyectos pudieron calificar la presentación de los prototipos. De acuerdo con lo observado, el profesor asignó un número uno, si el equipo de alumnos que presenta el prototipo cumplió con el indicador o cero en caso contrario.

En la Tabla 8 se presentan los datos recolectados de uno de los observadores, en el cual el equipo de la grúa torre cumplió con nueve de los once indicadores observados, de acuerdo a ello el equipo conformado por cinco alumnos se presentó de manera puntual, con todos sus integrantes, revisaron la funcionalidad del prototipo, se presentaron ante la audiencia, mostraron la función del prototipo, mencionaron los requisitos de diseño, listaron los componentes del artefacto, enunciaron las Leyes de Newton, dieron ejemplos de ellas, aunque los evaluadores observaron cierta confusión al explicar cómo las aplican en el prototipo.

Por otro lado, la mayoría de los equipos no presentaron el diagrama de cuerpo libre en forma impresa en su reporte, aunque algunos equipos lo trazaron sobre el pintarrón al momento de la exposición. Tampoco mostraron el diseño en el Software, aunque las ideas que presentaron en general fueron claras y entendibles.

Tabla 8. *Guía de observación calificada para el prototipo grúa torre.*

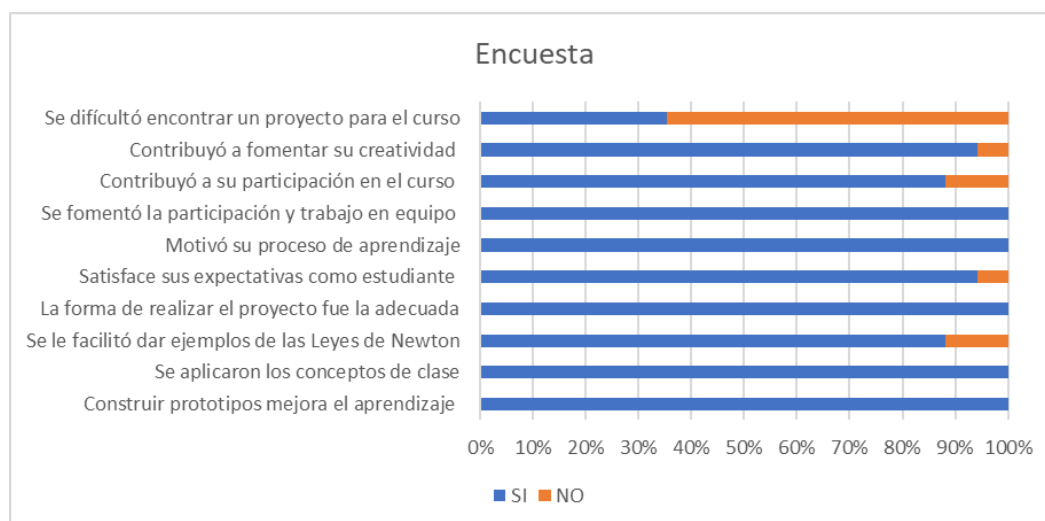
Equipo: Grúa Torre Indicador	Observador: 1	
	Cumple	No cumple
Inician la presentación puntual.	1	
Revisan la funcionalidad del prototipo.	1	
Se encuentran todos los integrantes del equipo.	1	
Realizan la presentación de los integrantes del equipo.	1	
Muestran la función del prototipo.	1	
Mencionan los requisitos de diseño del prototipo.	1	
Mencionan los nombres de los componentes del prototipo.	1	
Los alumnos mencionan como aplican las Ley de Newton en el prototipo.	1	
Los alumnos presentan un diagrama de cuerpo libre, en donde representan las fuerzas involucradas en el sistema.	0	1
Los estudiantes muestran su diseño en el Software.	0	1
Las ideas expresadas son claras y precisas.	1	
Totales	9	2

4.3. Encuesta

Se aplicó una encuesta a los alumnos quienes participaron en la construcción de los prototipos.

La Figura 27 muestra la opinión de los alumnos para diferentes cuestiones como, por ejemplo, a la mayoría se le facilitó encontrar un proyecto, esto nos dice que los alumnos no tuvieron dificultad al elegir su proyecto para trabajar. Mas del 80% opina que la metodología fomento su creatividad, contribuyó a participar en el curso, y que satisface sus expectativas como estudiante. La totalidad de los alumnos establecen que se fomentó el trabajo en equipo, motivó su proceso de aprendizaje, también que se aplicaron los conceptos vistos en clase.

Una de las preguntas con mayor importancia es respecto a si se les facilitó dar ejemplos de las Leyes de Newton, ya que, en la descripción de la problemática, se menciona que a los estudiantes se les dificultaba dar ejemplos claros de la Leyes en su vida cotidiana. En la encuesta se puede ver que el 90% de los estudiantes se le facilitó dicha actividad.

Figura 27. Resultado de la encuesta

El 100% de los estudiantes opina que el hecho de construir los prototipos mejoró su aprendizaje de las Leyes de Newton.

4.4. Otros hallazgos

Uno de los hallazgos encontrados fue la calificación final de un estudiante en el post-test con 9.5, este resultado es sobresaliente, con respecto a los demás. Debido a ello, se realizó una entrevista para poder clarificar si su resultado fue debido a la estrategia didáctica utilizada. Al aplicar dicha entrevista, se pudo constatar que, para este caso, la construcción de prototipos fue beneficiosa para su aprendizaje, de acuerdo con los comentarios que realizó, comparando las clases convencionales de la preparatoria, mencionando que estas eran más teóricas y que con las clases donde tuvo que buscar, cotizar, comparar materiales, y construir para lograr el funcionamiento del proyecto, mejoró significativamente su aprovechamiento.

4.5. Análisis de Resultados

Después de la intervención el promedio general del grupo fue 6.8 como se mostró en la sección de resultados generales, comparado con el pre-test que fue de 4.3, mejoró el aprendizaje de las Leyes de Newton. Aunque se ve una mejoría en las calificaciones, se necesita comprobar si los resultados confirman la hipótesis, o si existen diferencias significativas en los resultados.

4.5.1. Análisis de los test

Aplicando estadística inferencial, se realizó una prueba de hipótesis para deferencia de medias (μ), con muestras dependientes, es decir pareadas, ya que los alumnos del grupo seleccionado es el mismo antes y después del tratamiento.

Se aplicó la prueba paramétrica t de student, considerando que se tiene una muestra pequeña de 18 alumnos. También se tomó en cuenta que se conoce la desviación estándar de la muestra, pero no de la población. El máximo error aceptado es del 5%, para dar como válida la H_a , por lo que el nivel de significancia es de 0.05 para α (alfa). Primero se definieron la hipótesis nula (H_0) y alternativa (H_a):

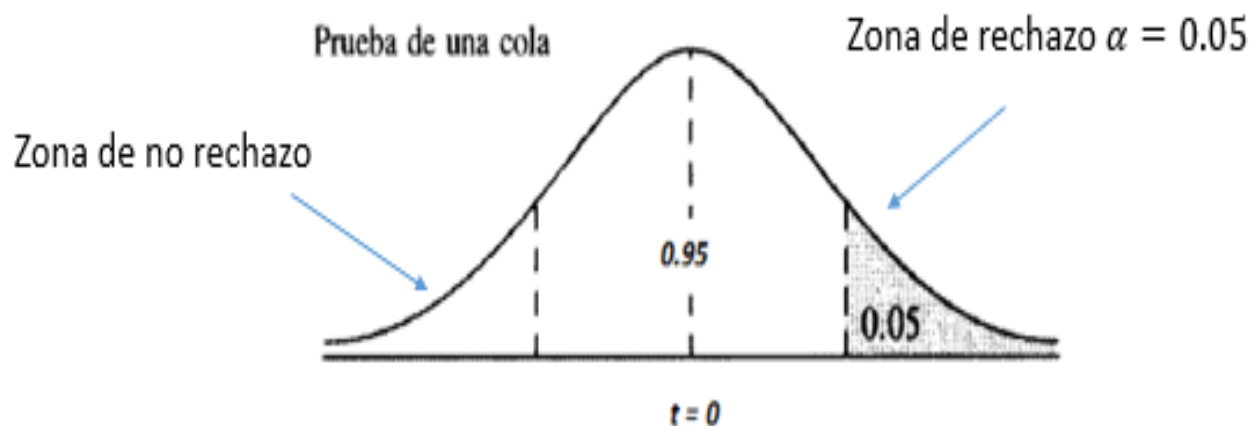
H_0 : La media de las calificaciones del post-test será igual que las calificaciones del pre-test

$$\mu_d = 0$$

H_a : La media de las calificaciones del post-test será mayor que las calificaciones del pre-test

$$\mu_d > 0$$

La hipótesis alternativa se representa mediante $\mu_d > 0$, y dado que la prueba es de extremo derecho, se utiliza el tipo de prueba unilateral, es decir, se utiliza Tabla de una cola, en donde el centro de la distribución equivale a cero, y la zona de rechazo será la zona de la derecha, con un nivel de significancia $\alpha=0.05$.

Figura 28. Gráfica de distribución *t* de student

Nota: Adaptado de *Prueba de una cola*, (p. 629), por Webster, A., 2000, Estadística aplicada a los negocios y la economía, McGraw Hill.

En la Tabla 9, se encuentran los valores obtenidos del estadístico *t* y la *t* crítica, que se tomaron para la decisión; se utilizó la siguiente regla: $t_{calculada} > t_{critica}(t_c)$; se rechaza H_0

Es decir, si *t* calculada es mayor al valor a *t* crítica 1.74, la hipótesis nula se rechaza.

Tabla 9. Datos obtenidos para la *t* crítica y la *t* calculada

	Post-test	Pre-test
Media	6.81	4.33
Observaciones (n)	18	18
Media de las diferencias $\bar{d}$	2.47	
Grados de libertad (g.l.)	17	
Desviación estándar de las diferencias (S_d)	1.58	
Estadístico <i>t</i>	6.63	
Valor crítico de <i>t</i> (una cola)	1.74	

Como el valor de *t* calculada 6.67 y es mayor al valor a *t* crítica con 1.74 la hipótesis nula se rechaza. Por lo tanto, existe una diferencia significativa en las medias del pre-test y post-test, mostrando mejora en el aprendizaje de las Leyes de Newton utilizando como estrategia didáctica los prototipos.

4.5.2. Análisis de resultados de la guía de observación

En cuanto a la guía de observación, la cual fue utilizada por tres docentes para evaluar el desempeño de los estudiantes, se observó que en general la presentación de los prototipos se inició a tiempo, con todos los integrantes del equipo presentes y lo más importante, los estudiantes mencionaron la aplicación de las leyes de Newton en sus prototipos. En general todos los equipos cumplieron con 9 de los 11 indicadores, esto representa en promedio 82% de cumplimiento en los indicadores observados durante la exposición de los prototipos

4.5.3. Análisis de resultados de la encuesta

En cuanto a la encuesta administrada a los alumnos, el 100% de estos manifestó que la construcción de prototipos mejoró su aprendizaje respecto a las Leyes de Newton. La mayoría opinó que su participación en el curso fomentó su creatividad; contribuyó a su participación y trabajo en equipo; motivó el proceso de aprendizaje y la metodología satisface sus expectativas.

5. Conclusiones

Después de analizar los resultados del presente proyecto de investigación, se identifica una diferencia significativa en las calificaciones después de que se llevó a cabo la construcción de prototipos, este hecho, junto con los resultados de la guía de observación nos permiten inferir una mejora en el aprendizaje de las Leyes de Newton en estudiantes de la carrera de Mantenimiento industrial de la UTCV.

La estrategia fomentó la creatividad de los estudiantes, mejoró el trabajo en equipo, contribuyó a participar en el curso, motivó su proceso de aprendizaje; también se aplicaron los conceptos vistos en clase y satisface sus expectativas como estudiante. Los alumnos creen que construir los prototipos mejoró su aprendizaje de las Leyes de Newton y en general de la física; y que con ello pudieron dar ejemplos claros de ellas, por lo tanto, se logró que las pudieran contextualizar.

Este trabajo muestra la construcción de prototipos como estrategia didáctica, la cual puede ser utilizada en cursos de Ingeniería, como base de materias posteriores y proyectos integradores, cuyo objetivo sea el diseño y construcción de máquinas.

Recomendaciones y trabajos futuros

Existen varios aspectos que se pueden mejorar en la implementación de la estrategia para que los resultados tengan mayor impacto. Por lo que se recomienda lo siguiente:

Primero, que los alumnos tengan claras las diferencias entre las fuerzas externas, internas y naturales. Se debe poner especial atención al explicar las fuerzas externas causantes del movimiento de los cuerpos y que son las que deben analizarse en los DCL con ayuda de las Leyes de Newton (el peso, las cargas externas, la fuerza motriz, fricción). Las fuerzas internas al representar interacciones de las partículas dentro del prototipo, no se analizan durante el curso de

física que se abordó en este proyecto, por lo que se debe aclarar al alumno que se estudiarán en materias posteriores, específicamente en Resistencia de materiales. En cuanto a las fuerzas naturales, solo una de ellas se aborda en el curso, la gravedad; por lo que también se precisa aclarar que otras fuerzas naturales como el electromagnetismo y la fuerza nuclear tampoco se estudian en el contenido. Todo lo anterior para que los estudiantes tengan mayor claridad al momento de explicar los diferentes tipos de fuerzas en los prototipos e identificar cuales afectan el movimiento y equilibrio mecánico.

Segundo, es importante que al abordar las Leyes de Newton se expliquen tanto las características de los sistemas de referencia inerciales, en los cuales son válidas dichas Leyes; y los no inerciales, así como las fuerzas reales y ficticias que intervienen en cada uno para que el alumno pueda comprender la importancia de la posición del observador al estudiar los movimientos.

Tercero, se recomienda combinar diferentes metodologías debido a los diversos estilos de aprendizaje de los alumnos. En este trabajo se identificó a tres estudiantes que obtuvieron las mismas calificaciones en el pre-test y en el post-test, dos de ellos formaron parte del mismo equipo y en la encuesta administrada a los alumnos, manifestaron que la estrategia didáctica utilizada no fomentó su participación en el grupo y que no les fue fácil encontrar ejemplos claros de la aplicación de las Leyes de Newton. De hecho, uno de estos estudiantes tuvo la calificación más baja del grupo.

Referencias

- Arias, J. (2020). *Proyecto de Tesis: Guía para la elaboración*. Arequipa: Biblioteca Nacional de Perú.
- Beer, F., Johnston, E. y Eisenberg, E. (2007). *Mecánica vectorial para ingenieros, Estática*. México: McGraw Hill.
- Budynas, R. y Nisbett, J. (2012). *Diseño en ingeniería mecánica*. México: McGraw Hill.
- Campelo, R. (2003). Un modelo didáctico para enseñanza aprendizaje de la Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25(1), 86–104. <https://doi.org/10.1590/s1806-11172003000100011>
- Campos, G. y Lule, N. (2012). La observación, un método para el estudio de la realidad. *Xihmai*, 7(13), 45–60. <https://doi.org/10.37646/xihmai.v7i13.202>
- Collazos, C. (2009). Enseñanza de la conservación del momento angular por medio de la construcción de prototipos y el aprendizaje basado en proyectos. *Latin American journal of physics education*, 3(2), 427–432. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3693197>
- Dirección General de Comunicación Social. (2021). *Física, ciencia joven en el México actual*. Recuperado el 22 de febrero 2023 de <https://www.gaceta.unam.mx/fisica-ciencia-joven-en-el-mexico-actual/#:~:text=Los%20estudios%20formales%20de%20Física,11%20de%20febrero%20de%201899.>
- Elizondo, M. (2013). Dificultades en el proceso enseñanza aprendizaje de la Física. *Presencia universitaria*, 3(5), 70–77. <https://core.ac.uk/download/pdf/76588071.pdf>
- Espinoza, F. (2019). Las variables y su operacionalización en la investigación educativa. Segunda parte. *Revista Conrado*, 15(69), 171–180. <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/1052>
- Feo, R. (2010). Orientaciones básicas para el diseño de estrategias didácticas. *Tendencias pedagógicas*, 16(2), 221–236. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3342741>
- García, M. y Dell’Oro, G. (s.f.). *Algunas dificultades en torno a las leyes de Newton: una experiencia con maestros*. Recuperado el 15 de mayo del 2021 de <https://rieoei.org/historico/deloslectores/210DellOro.PDF>
- Guevara, E. (2017). Prototipos tecnológicos exitosos e innovadores de bajo presupuesto realizados por los alumnos en universidades públicas. *Revista electrónica ANFEI digital*, 3(6), 1–9. <http://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/323/964>
- Giménez, M., Salinas, I., Cuenca, V. y Monsoriu, J. (2018). *Prerrequisitos de física de la ingeniería*. Valencia: Universitat Politècnica de Valencia.

- Gutiérrez, J. (2007). La Física, ciencia teórica y experimental. *Revista de Comunicación Vivat Academia*, 1(89), 24–41. <https://doi.org/10.15178/va.2007.89.24-41>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- Jara, S. (2005). Investigación en la enseñanza de la Física. *Revista Electrónica Sinéctica*, 27(2), 3–12. <https://sinectica.iteso.mx/index.php/SINECTICA/article/view/229/222>
- Melchor, A., Hernández, A., y Sánchez, J. (2021). Universitarios mexicanos: lo mejor y lo peor de la pandemia COVID-19. *Revista Digital Universitaria*, 22(3), 106–123. <http://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2021.22.3.12>
- Monroy, S. (2009). El Estudio De Caso: ¿Método o Técnica de Investigación? *Revista de la Asociación Mexicana de Metodología de la Ciencia y de la Investigación*, 1(1), 38–64. <https://docplayer.es/20873567-El-estudio-de-caso-metodo-o-tecnica-de-investigacion-1.html>
- Moreno, M. (2014). Génesis y evolución de la enseñanza de la Física en el México colonial. *Latin American Journal of Physics Education*, 8(3), 512–520. http://www.lajpe.org/sep14/15_LAJPE_923_Estela_de_Lara.pdf
- Mott, R. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. México: Pearson Educación.
- Olave, V., Hoyos, O., Medina, S., Vivas, S. y Volverás, A. (2019). Aprendizaje de las Leyes de Newton en la Educación Superior a través de la gamificación. *Revista Ingeniería e Innovación*, 7(1), 19–22. <https://doi.org/10.21897/23460466.1710>
- OCDE (2023). *Resultados PISA 2022. Fichas informativas México*. OECD. Recuperado el 8 de abril del 2024 de https://www.oecd.org/pisa/publications/Countrynote_MEX_Spanish.pdf
- Palacios, M., Barroso, F., Yam, J. y Ceballos F. (2020). Competencias de comunicación y trabajo en equipo mediante aprendizaje basado en proyectos en física moderna. *Educación y Ciencia*, 9(53), 91–104. <http://educacionyciencia.org/index.php/educacionyciencia/article/view/541/456537>
- Posso, R., Córdor, M., Herrera, M., Yáñez, N. y Jácome, P. (2023). La nivelación de conocimientos: retos de la educación post pandemia. *Revista EDUCARE*, 27(1), 94–110. <https://doi.org/10.46498/reduipb.v27i1.1861>
- Ramírez, D., Ramírez, M., González, R., Romo, J., Sánchez, A. y Lemus, M. (2017). Simulación computacional como herramienta para disminuir los costos asociados al diseño mecánico. *Retos de la Dirección*, 11(1), 82–93. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2306-91552017000100006
- Sailema, T., Lucero, M., Aguirre M. y Escobar, M. (2023). Metodologías activas para la enseñanza aprendizaje de física en el bachillerato. *Ciencia latina revista científica multidisciplinar*, 7(1), 9445–9477. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.5069S

- Sarraipa, J. y Jiménez, H. (2019). *Metodología de evaluación de prototipo innovador*. Recuperado el 27 de junio del 2021 de <https://acacia.red/wp-content/uploads/2019/07/Guía-Metodología-de-evaluación-de-prototipo-innovador.pdf>
- Sebastiá, J. (2013). Las Leyes de Newton de la mecánica: Una revisión histórica y sus implicaciones en los textos de enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 1(27), 199–217. <https://doi.org/10.7203/dces.27.2241>
- Secretaría de Educación Pública (SEP). (2022). *Guía de proyectos transversales*. Recuperado el 4 de noviembre del 2022 de https://dgb.sep.gob.mx/storage/recursos/PDF/39GguGFxwN-TRANSVERSALIDAD_FINAL-1.pdf
- Sinning, G. y Sánchez, D. (2019). Desarrollo de habilidades experimentales en estudiantes de educación media vocacional mediante el uso de prototipos para el aprendizaje del concepto de la constante de gravedad. *Latin-American Journal of Physics Education*, 13(1), 1–6. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7023972>
- Schunk, D. (2012). *Teorías del aprendizaje, una perspectiva educativa*. México: Pearson Educación.
- Subdirección de Currículum y Evaluación (SCE), Dirección de Desarrollo Académico, Vicerrectoría Académica de Pregrado y Universidad Tecnológica de Chile INACAP. (2017). *Manual de Estrategias Didácticas: Orientaciones para su selección*. Santiago, Chile: Ediciones INACAP.
- Tobón, S. (2008). *La formación basada en competencias en la educación superior: el enfoque complejo*. Recuperado el 22 de febrero del 2023 de [http://cmapspublic3.ihmc.us/rid=1LVT9TXFX-1VKC0TM-16YT/Formaci%C3%B3n%20basada%20en%20competencias%20\(Sergio%20Tob%C3%B3n\).pdf](http://cmapspublic3.ihmc.us/rid=1LVT9TXFX-1VKC0TM-16YT/Formaci%C3%B3n%20basada%20en%20competencias%20(Sergio%20Tob%C3%B3n).pdf)
- Toledo, P. y Sánchez, J. (2018). Aprendizaje basado en proyectos: una experiencia universitaria. *Profesorado: Revista de curriculum y formación del profesorado*, 22(2), 471–491. <https://idus.us.es/handle/11441/86870>
- Webster, A. (2000). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*. Bogotá: McGraw Hill.

Apéndice A. Lista de subtemas propuestos para la planeación de la estrategia.

Subtemas propuestos
I. Introducción a la Física
1.2.1 Prototipos y representación de fuerzas
II. Estática
2.1 Leyes de Newton
2.1.1 Diferencia de las ideas Aristotélicas en el movimiento
2.1.3 Ejemplos de las Leyes de Newton
2.2.1 Conceptos de mecanismos
2.2.2 Tipos de componentes mecánicos
2.2.3 Bosquejos y representación de fuerzas en mecanismos
2.4.1 Análisis de fuerzas en prototipos
Evaluación parcial

Apéndice B. Cuadro de transversalidad horizontal

Área del conocimiento	Ciencias básicas aplicadas	Formación tecnológica	Lenguas y métodos
Asignaturas:	Física Funciones Matemáticas Electricidad y magnetismo	Gestión del mantenimiento Dibujo Industrial Calidad en el mantenimiento Costos y presupuestos Métodos y sistemas de trabajo	Ingles II
Competencia:	Ciencias básicas aplicadas: Plantear y solucionar problemas con base en los principios y teorías de física, química y matemáticas, a través del método científico para sustentar la toma de decisiones en los ámbitos científico y tecnológico. Formación tecnológica: Gestionar las actividades de mantenimiento mediante la integración del plan maestro, para garantizar la operación y contribuir a la productividad de la organización. Lenguas y métodos: Comunicar sentimientos, pensamientos, conocimientos, experiencias, ideas, reflexiones, opiniones, a través de expresiones sencillas y de uso común, en forma productiva y receptiva en el idioma inglés de acuerdo al nivel A2, usuario básico.		
Contenido temático	- Física - Introducción a la Física; - Estática; - Dinámica y Cinemática - Funciones Matemáticas - Geometría y Trigonometría; - Geometría Analítica; - Funciones; - Álgebra Vectorial - Electricidad y magnetismo - Principios de Electricidad y Magnetismo; - Electrostática; - Electrocinética; - Fuentes de campo magnético - Gestión del mantenimiento - Plan maestro de mantenimiento; - TPM y RCM; - Control del mantenimiento - Dibujo industrial - Metrología y dimensionamiento geométrico; - Software para dibujo asistido por computadora; - Dibujo de ensamble y detalle		

	6. Calidad en el mantenimiento • Gestión de la Calidad, • Herramientas estadísticas para la calidad • Herramientas de confiabilidad 7. Costos y presupuestos • Costos de mantenimiento y estados financieros; • Métodos de evaluación económica; • Presupuestos 8. Métodos y sistemas de trabajo • Productividad en el mantenimiento industrial; • Estudio del trabajo; • Técnicas de planeación y control de actividades; • Distribución de planta 9. Ingles II • El presente continuo, • La cantidad, • El pasado
Tema relacionado a las Leyes de Newton	1. Física: • 1era Ley de Newton • 2da y 3ra Ley de Newton 2. Funciones Matemáticas: • Aplicaciones de funciones 3. Electricidad y magnetismo: • Fuerza eléctrica y ley de Coulomb 4. Gestión del mantenimiento: • Elaborar el plan maestro de mantenimiento 5. Dibujo industrial: • Utilización de instrumentos físicos y virtuales de medición • Trazados manuales y con instrumentos 6. Calidad en el mantenimiento: • Las 7 herramientas básicas de la calidad 7. Costos y presupuesto: • Valor del dinero en el tiempo 8. Métodos y sistemas de trabajo: • Medición del trabajo (tiempos y movimientos) 9. Ingles II • Actividades en progreso
Objetivo de aprendizaje	1. El alumno interpretará fenómenos físicos que representan un proceso, con base en la metodología científica y las Leyes y teorías de la física, para determinar su comportamiento. 2. El alumno desarrollará modelos matemáticos empleando las herramientas de geometría, trigonometría, geometría analítica y álgebra vectorial para contribuir a la solución de problemas de su entorno y las ciencias básicas. 3. El alumno describirá el comportamiento de fenómenos eléctricos y magnéticos con base en las Leyes y teorías de la física que los sustentan para comprender los principios de operación de los sistemas eléctricos. 4. El alumno administrará el servicio de mantenimiento de acuerdo con las políticas y procedimientos definidos, para garantizar la disponibilidad y confiabilidad de la empresa. 5. El alumno realizará dibujos a mano alzada y asistido por computadora mediante la aplicación de las normas del dibujo técnico y el uso los instrumentos de metrología dimensional para

	representar elementos mecánicos, partes de maquinaria, planos de sistemas y diagramas de instalaciones. 6. El alumno optimizará los procesos de mantenimiento a través de la estandarización de las actividades del departamento bajo la normativa de los Sistemas ISO 9000 y la aplicación de herramientas estadísticas y de confiabilidad, para la mejora del sistema de calidad de mantenimiento. 7. El alumno integrará los recursos humanos, financieros y materiales del plan maestro de mantenimiento mediante la estimación de costos, la formulación del presupuesto y la evaluación económica de decisiones de inversión para contribuir al cumplimiento de los objetivos de producción y económicos proyectados por la organización. 8. El alumno optimizará los procesos de mantenimiento a través de la aplicación de los conceptos asociados a los métodos de trabajo, distribución de planta, manejo de inventarios, medición del trabajo y técnicas de planeación y control, para contribuir e incrementar la productividad del área de mantenimiento y los procesos industriales. 9. El alumno intercambiará información sobre actividades en progreso, actividades pasadas, la existencia, cantidad y precios con base en las estructuras del presente progresivo, el pasado simple y las expresiones de cantidad y existencia, así como vocabulario relacionado con su área de estudio para satisfacer sus necesidades inmediatas.
Resultados del aprendizaje	1. Presentar un reporte de resolución de casos prácticos de los temas vistos. Realizar un reporte de práctica que incluya problemas de aplicación de los temas vistos. A partir de dos casos de su entorno integrar un portafolio de evidencias que contenga los temas vistos en cada unidad. 2. Integrará un portafolio de evidencias con los reportes de casos prácticos que incluya los temas vistos de las tres primeras unidades. 3. Resolverá una serie de casos de estudio sobre los temas de la unidad “Fuentes de campo magnético” 4. Presentar un plan maestro de mantenimiento. A partir de un caso dado, presentar un reporte en donde incluya temas de la unidad dos. Presentar un reporte usando software para la gestión del mantenimiento. 5. Realizar un reporte mediante el cual demuestre mediciones de una pieza mecánica. Elaborar y entregar en formato electrónico un plano, croquis o diagrama empleando un software. Elaborar dibujos de ensamble de piezas mecánicas mediante el uso de un software. 6. Elaborar el procedimiento de mantenimiento de acuerdo a los requerimientos del sistema de gestión de calidad de la empresa. Elaborar un análisis de las condiciones de mantenimiento a partir de los historiales de equipo Integrar una propuesta de mantenimiento proactivo basado en herramientas de confiabilidad (AMEF o RCA) 7. A partir de un caso práctico, elaborar un reporte que incluya temas vistos en la primera unidad. Elaborar un proyecto de inversión que incluya. Desarrollar un presupuesto de mantenimiento. Realizar un diagnóstico de productividad. 8. Elaborar a partir de un caso, el procedimiento de mantenimiento mediante el uso de las técnicas del estudio del trabajo. A partir de un caso, elaborar un plan de actividades de mantenimiento, Presentar una propuesta de distribución de planta. 9. A partir de prácticas donde se describan las actividades que se realizan en un momento preciso, que se encuentran en progreso o que forman parte de una rutina, integrar una carpeta de evidencias obtenidas. A partir de juego de roles donde se solicite y proporcione información sobre la existencia y costo de productos y servicios de su carrera, integrar una carpeta de evidencias obtenidas de los temas, de las unidades dos y tres.

Apéndice C. Cuadro de transversalidad vertical

Materia	Cuatrimestre	Conceptos relacionados a las Leyes de Newton	Temas relacionados a las Leyes de Newton	Ejercicios relacionados a las Leyes de Newton
Física	2	Fuerza, sistemas en movimiento, sistemas en equilibrio.	Diagrama de Cuerpo Libre y Sistema de Fuerzas; Principios de Cinemática.	Dibujo de DCL; Cálculo fuerza, aceleración, cantidad de movimiento.
Electricidad y magnetismo	2	Fuerza eléctrica, fuerza magnética	Fuerza eléctrica y ley de Coulomb; Magnetismo; Resistencia y resistividad de materiales	Cálculo de la resistencia de un conductor conociendo su longitud, área transversal y su resistividad. Cálculo de la fuerza eléctrica
Termodinámica	3	Temperatura, volumen y presión. Energía, trabajo, calor y potencia	Estática y dinámica de fluidos	Calcular la presión hidrostática ejercida por fluidos en sistemas. Calcular la energía requerida en procesos donde intervienen fluidos.
Sistemas eléctricos	3	Generación de energía eléctrica	Clasificación y tipos de generación de energía eléctrica	Descripción de los elementos que constituyen los diferentes sistemas de generación de energía eléctrica.
Máquinas y mecanismos	3	Cargas estáticas y dinámicas Esfuerzo y deformación elástica Conceptos fundamentales de máquinas mecanismos Grados de libertad	Fenómenos de deformación elástica en elementos de máquinas. Análisis de mecanismos articulados.	Resolver problemas de mecanismos articulados empleando el método gráfico trigonométrico. Diseñar un perfil para una leva aplicada en una máquina con software dedicado.
Sistemas Neumáticos e Hidráulicos	4	Caudal, presión, fuerza, volumen, gasto, área, flujo, ley general de los gases. Flujo laminar Flujo turbulento Caudal y Presión Peso específico Densidad Trabajo y Potencia Gasto y Volumen	Funcionamiento de los compresores neumáticos. Funcionamiento de las bombas hidráulicas	Seleccionar los compresores neumáticos teniendo en cuenta su aplicación. Seleccionar las bombas hidráulicas de acuerdo a su aplicación.
Automatización y Robótica	5	Secuencias de movimiento simple de un robot	Programación y operación de un robot	Identificar los procesos de mantenimiento susceptibles de ser automatizados empleado robots

Apéndice D. Formato para la Guía de observación

	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CENTRO DE VERACRUZ
GUÍA DE OBSERVACIÓN	

Competencia:	Plantear y solucionar problemas con base en los principios y teorías de física, química y matemáticas, a través del método científico para sustentar la toma de decisiones en los ámbitos científico y tecnológico.
Objetivo:	El alumno explicará el desarrollo de un prototipo, mediante un proceso de diseño, para mostrar la mejora del aprendizaje en las leyes de Newton.

Asignatura:	Física	Integrantes:	
No. Equipo:			
Fecha:			
Nombre del observador:			
Perfil del observador:			

CONDICIONES DE APLICACIÓN

- ❖ Para poder llevar a cabo el proceso de evaluación el alumno debe presentar el prototipo.

PONDERACIÓN CUALITATIVA:

0	1
NO CUMPLE	CUMPLE

ANTES DE LA PRESENTACIÓN			
INDICADOR	EVALUACIÓN		
	CUMPLE	NO CUMPLE	OBSERVACIONES
1. Inician la presentación puntual.			
2. Revisan la funcionalidad del prototipo.			
3. Se encuentran todos los integrantes del equipo.			
PUNTAJE			

DURANTE LA EXPOSICIÓN: PRESENTACIÓN DEL PROTOTIPO			
INDICADOR	EVALUACIÓN		
	CUMPLE	NO CUMPLE	OBSERVACIONES
1. Realizan la presentación de los integrantes del equipo.			
2. Muestran la función del prototipo.			
3. Mencionan los requisitos de diseño del prototipo.			

DURANTE LA EXPOSICIÓN: EXPLICACIÓN DE LAS LEYES DE NEWTON			
INDICADOR	EVALUACIÓN		
	CUMPLE	NO CUMPLE	OBSERVACIONES
4. Mencionan los nombres de los componentes del prototipo.			
5. Los alumnos mencionan como aplican las Ley de Newton en el prototipo.			
6. Los alumnos presentan un diagrama de cuerpo libre, en donde representan las fuerzas involucradas en el sistema.			
7. Los estudiantes muestran su diseño en AutoCAD.			
8. Las ideas expresadas son claras y precisas.			
PUNTAJE			

PUNTUACIÓN FINAL: _____
--

Comentarios:

Apéndice E. Encuesta aplicada al final de la intervención

Encuesta a alumnos participantes en la construcción de prototipos para la materia de Física.		
Nombre (opcional):		
Instrucciones: Por favor marque la respuesta que considere más adecuada.		
1. ¿Considera que construir prototipos de Física, mejora su aprendizaje de las leyes de Newton?	Si ____	No ____
2. ¿Se aplicaron los conceptos y Leyes vistas en clase para la construcción de su prototipo?	Si ____	No ____
3. ¿Considera que, con esta metodología de aprendizaje, se le facilitó dar ejemplos claros de las Leyes de Newton?	Si ____	No ____
4. ¿Considera que la forma de realizar el proyecto durante el cuatrimestre fue la adecuada?	Si ____	No ____
5. ¿Este tipo de metodología de aprendizaje, satisface sus expectativas como estudiante comparándola con otros métodos tradicionales?	Si ____	No ____
6. ¿Considera que trabajar de esta forma le motivo en su proceso de aprendizaje?	Si ____	No ____
7. ¿Considera que trabajar de esta forma contribuye a fomentar un clima de participación y trabajo en equipo con sus compañeros?	Si ____	No ____
8. ¿Considera que trabajar de esta forma contribuyó a fomentar su participación en el curso de Física?	Si ____	No ____
9. ¿Considera que trabajar de esta forma contribuyó a fomentar su creatividad al construir el prototipo?	Si ____	No ____
10. ¿Fue difícil encontrar un proyecto adecuado para desarrollar en el curso?	Si ____	No ____
Comentarios adicionales:		