

Diseño de un dispositivo como material didáctico de apoyo en el aprendizaje de conceptos de cinemática para estudiantes de educación secundaria o media

Jessenia Pabon Pabon

Trabajo de Grado para Optar al Título de Diseñador Industrial

Director

Israel Garnica Bohórquez

Magister en Ingeniería Industrial

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Fisicomecánicas

Escuela de Diseño Industrial

Diseño Industrial

Bucaramanga

2025

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	15
1. Planteamiento del problema.....	16
1.1 Contexto del problema.....	23
2. Objetivos.....	25
2.1 Objetivo General.....	25
2.2 Objetivos Específicos.....	25
3. Justificación	26
3.1 Pregunta de Diseño	27
4. Alcance	28
5. Marco Teórico.....	29
5.1 Cinemática en una dimensión	29
5.1.1 Movimiento rectilíneo uniforme (MRU)	34
5.2 Gamificación.....	35
5.2.1 Recompensas en gamificación.....	36
5.2.2 Motivación intrínseca.....	38
5.2.3 Receta para una gamificación significativa	39
5.2.4 Otras teorías y principios de la gamificación.....	39
5.2.5 En la educación	40
5.2.6 Heurística para una gamificación bien ejecutada.....	43
5.3 Aprendizaje y aprehensión.....	44
5.4 Diversidad funcional visual	46

6. Metodología	51
7. Desarrollo de la Fase 1: Empatizar y Definir.....	52
7.1 Factores causales.....	52
7.1.1 Entrevista a experto.....	52
7.1.2 Productos en el mercado Benchmarking.....	53
7.1.3 Diagrama de Ishikawa sobre las causas del problema	57
7.2 Reconocimiento de necesidades	58
7.2.1 Entrevistas de estudiantes con diversidad funcional visual	59
7.2.2 Encuesta diagnostica al grado 11-3.....	61
7.2.3 Lista de deseos general	71
7.3 Definición de usuarios	72
7.3.1 Mapas de empatía	73
7.3.2 Usuarios arquetipo	75
7.4 Definición de Especificación de Requerimientos de Producto.....	77
8. Desarrollo de la Fase 2: Idear	79
8.1 Diagrama FAST	79
8.2 Diagrama morfológico	80
8.3 Alternativas	82
8.3.1 Alternativa 1.....	82
8.3.2 Alternativa 2.....	84
8.3.3 Alternativa 3.....	86
8.4 Cuadro de valoración	88
8.4.1 Modelo KANO.....	88

8.4.2 Análisis de datos	89
8.4.3 Malla receptora	90
8.4.4 Diagrama de alternativa seleccionada.....	90
9. Desarrollo de la Fase 3: Prototipar.....	92
9.1 Verificaciones de Carro	92
9.1.1 Verificación de trayectoria y velocidad	94
9.1.2 Verificación sincronización del sonido.....	97
9.2 Verificaciones de Pista y Graficador	98
9.2.1 Parametrizar y ensamblar.....	98
9.2.2 Verificación del peso	100
9.3 Propuesta Final.....	101
9.4 Prototipado para validaciones	102
10. Desarrollo de la Fase 4: Validar.....	106
10.1 Planeación validaciones	107
10.1.1 Preparación y recursos	107
10.1.2 Hipótesis del experimento.....	108
10.1.3 Diseño del estudio.....	109
10.2 Informe de validaciones	110
10.2.1 Resultados módulo 1 LineoMovil.....	111
10.2.2 Resultados módulo 2 LineoGráfico	115
10.2.3 Examen de conceptos de MRU.....	118
10.2.4 Encuesta docente.....	123
10.3 Retroalimentación	126

11. Diseño de detalle.....	127
12. Conclusiones.....	130
12.1 Limitaciones y recomendaciones.....	134
Referencias Bibliográficas.....	137
Apéndices.....	143

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Principios teóricos de los efectos de la gamificación</i>	40
Tabla 2 <i>Resumen de las nueve heurísticas basadas en gamificación y los retos que afrontan</i> ...	44
Tabla 3 <i>Fases de la metodología de diseño para el proyecto</i>	51
Tabla 4 <i>Respuestas de la entrevista con la experta, profesora Erika Sarmiento</i>	53
Tabla 5 <i>Estudio de mercado 1</i>	54
Tabla 6 <i>Estudio de mercado 2</i>	55
Tabla 7 <i>Estudio de mercado 3</i>	56
Tabla 8 <i>Estudio de mercado 4</i>	57
Tabla 9 <i>Respuestas de la entrevista al estudiante con DFV de 11</i>	60
Tabla 10 <i>Respuestas de la entrevista al estudiante con DFV de 10</i>	61
Tabla 11 <i>Respuestas abiertas de la encuesta al grupo 11-3</i>	72
Tabla 12 <i>Cuadro de requerimientos y parámetros</i>	78
Tabla 13 <i>Diagrama morfológico primera parte propuestas de componentes</i>	80
Tabla 14 <i>Diagrama morfológico segunda parte combinación de componentes</i>	81
Tabla 15 <i>Evaluación Kano</i>	88
Tabla 16 <i>Requerimientos con clasificación Kano</i>	89
Tabla 17 <i>Cuadro de valoración</i>	89
Tabla 18 <i>Malla de recepción de Alternativas</i>	90
Tabla 19 <i>Definición de variables respuesta</i>	109
Tabla 20 <i>Tablas de datos de la actividad y calificaciones</i>	112

Tabla 21	<i>Calificaciones del grupo 1</i>	114
Tabla 22	<i>Número de errores del módulo 1</i>	114
Tabla 23	<i>Calificaciones del grupo A</i>	116
Tabla 24	<i>Número de errores del módulo 2</i>	117
Tabla 25	<i>Encuesta percepción del usuario</i>	118
Tabla 26	<i>Comparación de estudiante aprobados</i>	119
Tabla 27	<i>Resultados de la encuesta docente</i>	123
Tabla 28	<i>Percepción de comparación con otros métodos</i>	125
Tabla 29	<i>Retroalimentación y cambios por componentes</i>	126

Lista de Figuras

Figura 1	<i>Competencias de los estudiantes en Ciencias PISA 2018</i>	18
Figura 2	<i>Niveles de desempeño de Colombia ERCE 2019 comparados con Promedio Regional 2019 y TERCE 2013</i>	19
Figura 3	<i>Vectores posición y desplazamiento</i>	31
Figura 4	<i>Ecuación vector posición en función del tiempo</i>	31
Figura 5	<i>Ecuación vector desplazamiento e intervalo de tiempo</i>	32
Figura 6	<i>Ecuación vector velocidad media</i>	32
Figura 7	<i>Vector velocidad media</i>	32
Figura 8	<i>Ecuación vector aceleración media</i>	33
Figura 9	<i>Vector aceleración media</i>	33
Figura 10	<i>Ecuación vector aceleración instantánea</i>	33
Figura 11	<i>Ecuaciones vectoriales y escalares de la cinemática</i>	34
Figura 12	<i>Ecuaciones cinemáticas para el movimiento rectilíneo uniforme</i>	34
Figura 13	<i>Velocidad en función del tiempo movimiento rectilíneo uniforme</i>	35
Figura 14	<i>Posición en función del tiempo movimiento rectilíneo uniforme</i>	35
Figura 15	<i>Cono de aprendizaje de Edgar Dale</i>	41
Figura 16	<i>Tipos de jugadores según Richard Bartle</i>	43
Figura 17	<i>Esquema detallado del ojo humano</i>	46
Figura 18	<i>Campo visual</i>	48
Figura 19	<i>Diagrama de Ishikawa sobre el aprendizaje de la cinemática</i>	58
Figura 20	<i>Fotografía de los estudiantes del grupo 11-3 haciendo la encuesta</i>	62

Figura 21	<i>Estudiantes por edades en el grupo 11-3</i>	62
Figura 22	<i>Respuestas de pregunta 1 de encuesta al grupo 11-3</i>	63
Figura 23	<i>Respuestas de pregunta 2 de encuesta al grupo 11-3</i>	64
Figura 24	<i>Respuestas de pregunta 3 de encuesta al grupo 11-3</i>	64
Figura 25	<i>Respuestas de pregunta 5 de encuesta al grupo 11-3</i>	65
Figura 26	<i>Respuestas de pregunta 8 de encuesta al grupo 11-3</i>	66
Figura 27	<i>Respuestas primera parte pregunta 10 de encuesta al grupo 11-3</i>	66
Figura 28	<i>Respuestas segunda parte pregunta 10 de encuesta al grupo 11-3</i>	67
Figura 29	<i>Respuestas de pregunta 12 de encuesta al grupo 11-3</i>	67
Figura 30	<i>Respuestas de pregunta 13 de encuesta al grupo 11-3</i>	68
Figura 31	<i>Respuestas de pregunta 14 de encuesta al grupo 11-3</i>	69
Figura 32	<i>Respuestas de pregunta 15 de encuesta al grupo 11-3</i>	69
Figura 33	<i>Respuestas de pregunta 16 de encuesta al grupo 11-3</i>	70
Figura 34	<i>Respuestas de pregunta 19 de encuesta al grupo 11-3</i>	70
Figura 35	<i>Respuestas de pregunta 20 de encuesta al grupo 11-3</i>	71
Figura 36	<i>Respuestas de pregunta 21 de encuesta al grupo 11-3</i>	71
Figura 37	<i>Mapa de empatía del estudiante Jesús Nazareno Márquez</i>	73
Figura 38	<i>Mapa de empatía de la docente Erika Sarmiento</i>	74
Figura 39	<i>Mapa de empatía de la madre del estudiante Darcy Márquez</i>	74
Figura 40	<i>Usuario arquetipo del estudiante Jesús Nazareno Márquez</i>	75
Figura 41	<i>Usuario arquetipo de la docente Erika Sarmiento</i>	76
Figura 42	<i>Usuario arquetipo de la madre del estudiante Darcy Márquez</i>	77
Figura 43	<i>Diagrama FAST para la definición de funciones del material didáctico</i>	79

Figura 44 <i>Boceto de Alternativa 1</i>	83
Figura 45 <i>Boceto de Alternativa 2</i>	85
Figura 46 <i>Boceto de Alternativa 3</i>	87
Figura 47 <i>Boceto de Alternativa Final</i>	91
Figura 48 <i>Diagrama de componentes de los dos Módulos</i>	91
Figura 49 <i>Diagrama de flujo programa del Carro</i>	93
Figura 50 <i>Diagrama eléctrico del Carro</i>	93
Figura 51 <i>Prototipo 1</i>	94
Figura 52 <i>Verificación de trayectoria</i>	95
Figura 53 <i>Graficas de posición y velocidad con Tracker, velocidad 1</i>	95
Figura 54 <i>Graficas de posición y velocidad con Tracker, velocidad 2</i>	96
Figura 55 <i>Graficas de posición y velocidad con Tracker, velocidad 3</i>	96
Figura 56 <i>Comparación de graficas de velocidades promedio</i>	97
Figura 57 <i>Videos de comprobación de sincronización del sonido con las marcas</i>	97
Figura 58 <i>Cambios en el código</i>	98
Figura 59 <i>Parametrizar las dimensiones del Graficador</i>	98
Figura 60 <i>Parametrizar las dimensiones de la Pista y las finchas en Braille</i>	99
Figura 61 <i>Comprobación de ensambles</i>	100
Figura 62 <i>Modelado de Módulos y cálculo del peso</i>	101
Figura 63 <i>Render con representación de apariencia de propuesta final</i>	101
Figura 64 <i>Render con detalles de la propuesta final</i>	102
Figura 65 <i>Proceso de fabricación de la Pista</i>	103
Figura 66 <i>Proceso de fabricación del Graficador</i>	104

Figura 67	<i>Proceso de fabricación de las Gráficas</i>	105
Figura 68	<i>Revisión del modelo del Carro</i>	106
Figura 69	<i>Laboratorio de física y cronometro</i>	108
Figura 70	<i>Estructura del experimento de diseño</i>	109
Figura 71	<i>Proceso de las pruebas</i>	110
Figura 72	<i>Fotos de la primera clase en el módulo 1</i>	111
Figura 73	<i>Gráficas de posición vs tiempo</i>	112
Figura 74	<i>Comparación de gráficas y puntos de velocidad</i>	113
Figura 75	<i>Fotos de la segunda clase</i>	115
Figura 76	<i>Porcentaje de cada nota</i>	120
Figura 77	<i>Porcentaje de respuestas de Pregunta 1</i>	120
Figura 78	<i>Porcentaje de respuestas de Pregunta 2</i>	121
Figura 79	<i>Porcentaje de respuestas de Pregunta 3</i>	121
Figura 80	<i>Porcentaje de respuestas de Pregunta 4</i>	122
Figura 81	<i>Porcentaje de respuestas de Pregunta 5</i>	122
Figura 82	<i>Modelado virtual de los componentes del prototipo real</i>	127
Figura 83	<i>Vista de dibujo de las seis piezas del Carro</i>	128
Figura 84	<i>Render de apariencia del Carro</i>	129
Figura 85	<i>Fotografías del modelo final</i>	130

Lista de Apéndices

	pág.
Apéndice A. Entrevista semiestructurada para estudiantes con diversidad funcional visual	143
Apéndice B. Consentimiento informado para entrevistas con los estudiantes	145
Apéndice C. Encuesta diagnóstica al grupo 11-3	148
Apéndice D. Encuesta de modelo Kano para requerimientos.....	150
Apéndice E. Análisis Kano de Profe. Adriana y Profe. Ignacio	154
Apéndice F. Código ESP32 del Carro	155
Apéndice G. Planos de corte.....	158
Apéndice H. Examen TUG-K solo preguntas MRU	161
Apéndice I. Guía de desarrollo LineoFisicoLAB Media	164
Apéndice J. Guía de desarrollo LineoFisicoLAB Secundaria	171
Apéndice K. Taller escrito Control Media.....	175
Apéndice L. Taller escrito Control Secundaria.....	183
Apéndice M. Examen de conceptos de MRU Secundaria	188
Apéndice N. Encuesta de dificultad usuario	190
Apéndice O. Encuesta docente en Google Form	191
Apéndice P. Consentimientos informados firmados.....	195
Apéndice Q. Tablas de datos examen	199
Apéndice R. Guía de Física del colegio.....	202

Resumen

Título: Diseño de un dispositivo como material didáctico de apoyo en el aprendizaje de conceptos de cinemática para estudiantes de educación secundaria o media *

Autor: Jessenia Pabon Pabon**

Palabras Clave: Cinemática lineal, Diversidad funcional visual, Material didáctico, Gamificación, Física, Discapacidad visual.

Descripción: La adquisición de saberes básicos en el bachillerato puede tener momentos de dificultad o tener situaciones diversas que dificultan el aprendizaje. Una de estas situaciones o barreras es la apatía a las complejidades o abstracciones propias de las ciencias exactas en conceptos como la cinemática. Otro factor que puede incidir en el aprendizaje es la implementación de estrategias monótonas que generan aversión del estudiante de secundaria y media. Las dificultades para la enseñanza de la población con diversidad funcional visual pueden ser aún mayor, pues existe un reto adicional ya que las ayudas gráficas para esta población deberían ajustarse a las particularidades visuales para aproximar al estudiante al conocimiento y, por lo tanto, lo que ocurre habitualmente es que se tenga que recurrir solamente a descripciones auditivas del material visual. Por lo anterior, esta propuesta buscará diseñar un dispositivo basado en estrategias de gamificación, por el cual el estudiante incremente su interés hacia la noción de cinemática, así como su capacidad de retener estos conceptos. La metodología de la investigación se divide en las fases del Design Thinking. Para la validación de la propuesta se evaluó el impacto del material didáctico en la enseñanza de cinemática lineal en dos grupos mediante un enfoque cuasi-experimental. Se recopilaron datos después de la actividad en los dos grupos para validar el diseño. De los resultados se encontró una diferencia en el nivel de conocimiento adquirido que favoreció al grupo que utilizó el material didáctico propuesto.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Fisicomecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Diseño Industrial. Director: Vaslak Rojas Torres. Magister en Diseño y Creación Interactiva.

Abstract

Title: Design of a device as a didactic material to support the learning of kinematics concepts for secondary or high school students*

Author(s): Jessenia Pabon Pabon**

Key Words: Linear kinematics, Visual functional diversity, Teaching material, Gamification, Physics, Visual impairment.

Description: The acquisition of essential knowledge in high school can have moments of difficulty or have diverse situations that hinder learning. One of these situations or barriers is apathy to the complexities or abstractions of the exact sciences in concepts such as kinematics. Another factor that can influence learning is the implementation of monotonous strategies that generate aversion of middle and high school students. Learning difficulties for the visually impaired population may be even greater, as there is an additional challenge since the graphic aids for this population should be adjusted to the visual peculiarities to approach the student to knowledge and, therefore, what usually happens is that they have to resort only to auditory descriptions of the visual material. Therefore, this proposal will seek to design a device based on gamification strategies, whereby the student increases his interest in the notion of kinematics, as well as his ability to retain these concepts. The research methodology is divided into phases of Design Thinking. For the validation of the proposal, the impact of the didactic material in the teaching of linear kinematics in two groups was evaluated by means of a quasi-experimental approach. Data was collected after the activity in the two groups to validate the design. From the results it was found a difference in the level of knowledge acquired that favored the group that used the proposed didactic material.

* Degree Work

**Faculty of Physicomechanics. School of Industrial Design. Industrial design. Director: Vaslak Rojas Torres. Master in Design and Interactive Creation.

Introducción

Los conceptos de Cinemática hacen parte de las competencias y derechos básicos de aprendizaje en el área de Ciencias Naturales según Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2016). Los cuales están simplificados y adaptados a la capacidad de comprender de los estudiantes de educación secundaria y media, según el nivel de conocimiento que deberían adquirir en esa etapa de formación.

Aun así, en la asignatura de Física que está compuesta por bases matemáticas e interpretaciones algebraicas, se hallan inconvenientes en el desarrollo de las competencias planteadas, en aspectos como: modelación de fenómenos naturales mediante variables, relacionar conceptos entre sí y producir predicciones. El estudiante no logra apropiarse de la información cuantitativa y esquemática que se espera que utilice para resolver situaciones problema (Santafé, 2016).

Hay diferentes problemáticas presentes en la educación de la población colombiana. Si se analiza el contexto de alumnos con baja visión o ceguera total, denominados personas con diversidad funcional visual, existen situaciones que dificultan su aprendizaje en el sistema educativo tradicional. Un ejemplo de ello es cuando se usa material educativo conformado por gráficos y actividades orientadas al sentido de la vista, sin pensar cómo pueden ser percibidos los objetos de mediación a través de otros sentidos. Por consiguiente, no se estaría cumpliendo con el derecho a la educación de todos los estudiantes presentes. Incluso cuando algunos docentes son más propositivos en estrategias e intentan de manera auditiva describir la información visual, aún se presenta una brecha entre lo comunicado, lo que el estudiante entiende y lo que en realidad es.

Por lo anterior, teniendo en cuenta el ámbito disciplinar de las temáticas, se realizó una investigación de diseño para el aprendizaje de aspectos de la cinemática lineal. En consecuencia, se buscó desarrollar un material o dispositivo didáctico que aporte a este proceso del estudiante. El proyecto se enfocó en los estudiantes con diversidad funcional visual, así que se buscó definir una propuesta que logre un acercamiento a estos conceptos con menos obstáculos para su crecimiento educativo, centrada en sus capacidades y en estrategias lúdicas.

1. Planteamiento del problema

De la necesidad de conocer e interpretar el entorno nacen las Ciencias Físicas. Estas son un conjunto de conocimientos fundamentales para el desarrollo de la civilización, ya que surgen de los problemas ordinarios relacionados con los elementos no vivos, sus movimientos e interacciones. El objetivo de enseñar las Ciencias Naturales, según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2016), converge en sentar las bases para comprender conceptos e ideas de la ciencia, así como cultivar un razonamiento crítico, objetivo y coherente, con el propósito de que el alumno tome decisiones según criterios científicos y éticos en su diario vivir. Estas habilidades preparan al estudiante para ser un individuo activo en un mundo en constante desarrollo tecnológico, que reconozca el aporte de la ciencia en la sociedad y actúe responsablemente.

Esta definición es resultado del análisis de los currículos de los países de América Latina y el caribe que participaron en el Tercer Estudio Regional Comparativo y Explicativo (TERCE), dado entre 2010 y 2014. Se puede afirmar que el aprendizaje en Física es un objetivo importante

para formar ciudadanos competentes en los países integrantes. Así mismo, Colombia ha sido parte del estudio desde su primera versión en 1997 y también trabaja en lograr ese ideal.

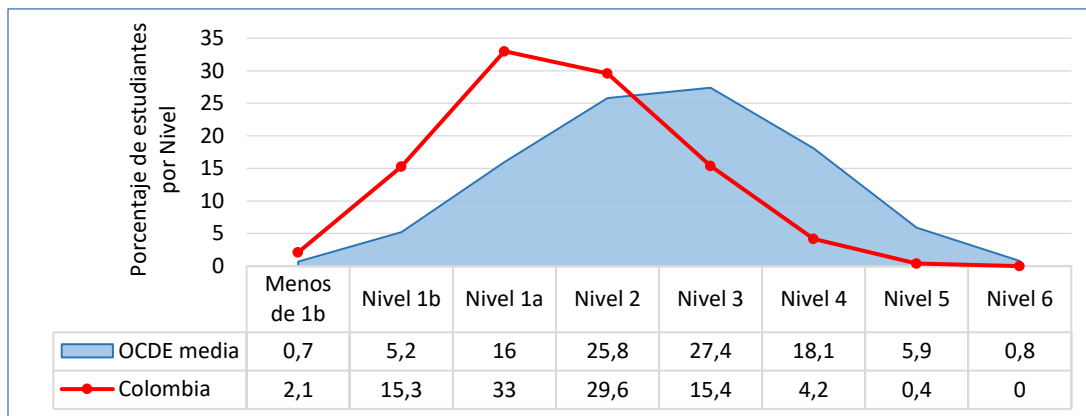
Para saber qué tanto se ha alcanzado esta meta se revisan los resultados en las pruebas internacionales que miden las competencias de los alumnos. La UNESCO (2021) reporta que ninguno de los 10 países de Latinoamérica que participaron en las pruebas del Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes (PISA, 2018) sobrepasaron el promedio mundial de 489 puntos en Ciencias. Los estudiantes de Chile, Uruguay, México, Costa Rica, Colombia, Brasil, Argentina, Perú, Panamá y República Dominicana tienen un rendimiento menor al esperado.

De acuerdo con el reporte de Echazarra y Schwabe (2019), Colombia consiguió 413 puntos en Ciencias, 14.5% menor a la media mundial. Según muestran los niveles de competencias en la **Figura 1**, el 50% de los estudiantes colombianos alcanzaron un Nivel 2 o superior. Al compararse con la media de 78% de los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), existe una diferencia del 28%.

En este nivel se espera que los alumnos den explicaciones correctas a fenómenos científicos familiares y con ese conocimiento discernir, si una conclusión es válida o no mediante datos proporcionados (Echazarra & Schwabe, 2019). Por consiguiente, hay un 28% de alumnos colombianos que debería contar con estas habilidades, pero que no están llegando a ese resultado.

Figura 1

Competencias de los estudiantes en Ciencias PISA 2018



Fuente: La autora basada en los datos de OCDE, 2019.

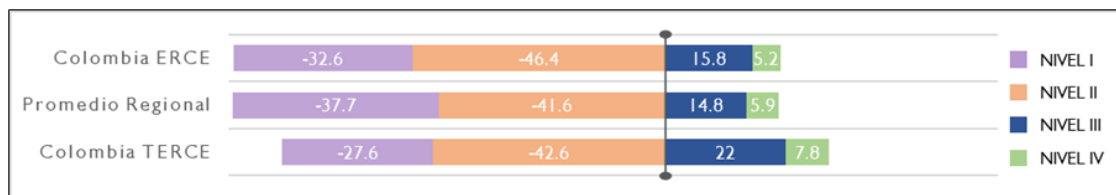
Continuando, el porcentaje en los niveles superiores (Niveles 5 o 6) es insignificante, menor a un 1% que contrasta con el 6,7% mundial. Estos estudiantes deberían ser capaces de usar sus conocimientos en ciencias en una gran variedad de situaciones poco comunes de forma autónoma y creativa, según explican Echazarra y Schwabe (2019). El nivel con mayor frecuencia fue el Nivel 1a en Colombia y en la media de la OCDE fue el Nivel 3. Así que los estudiantes del país tienen una menor tendencia a contar con las habilidades básicas del Nivel 2 o superiores.

Adicionalmente, según la UNESCO (2022) en el Estudio Regional Comparativo y Explicativo (ERCE) 2019, Colombia obtuvo un puntaje de 711 en la prueba para los estudiantes de sexto grado en el área de Ciencias, 9 puntos mejor que la media de los resultados de los otros países que hicieron parte del estudio. No obstante, Colombia tuvo 22 puntos menos en esta versión que en el promedio de 2013, en el TERCE. Lo anterior muestra un retroceso en el rendimiento de los alumnos en el último periodo de la prueba. En cuanto a los niveles de desempeño en la **Figura 2** se puede ver una distribución de porcentajes igual a la del promedio regional. Para los niveles

III y IV, se concentran un 21% de alumnos en Colombia y para los otros países es de 20.7%, aunque menor en 8.8% al resultado de Colombia en 2013.

Figura 2

Niveles de desempeño de Colombia ERCE 2019 comparados con Promedio Regional 2019 y TERCE 2013



Fuente: La autora basada en los datos de UNESCO, 2022.

Una de las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible para 2030 consiste en que la mayoría de los estudiantes de sexto grado alcancen o superen el Nivel III en esta asignatura, pero entre 2019 y 2013 no ha habido un progreso significativo. Las pruebas de la OCDE y La UNESCO muestran una problemática a nivel internacional y regional. PISA evalúa a estudiantes de 15 años y el ERCE se centra en el grado sexto; con estos dos puntos de comparación se infiere que el problema es constante a través del periodo académico del estudiante mientras empieza a aprender y entender conceptos de Física.

Por otra parte, las personas con Diversidad Funcional Visual (DFV) encuentran durante su proceso de aprendizaje diferentes tipos de barreras, a lo que el Ministerio de Educación Nacional (MEN) hace frente por medio de la Educación Inclusiva, de forma que, se puedan solventar sus necesidades. En el Decreto 1421 de 2017, la Presidencia de la República de Colombia define el objetivo de la Educación Inclusiva. Para la población con discapacidad se propone “promover su desarrollo, aprendizaje y participación, con pares de su misma edad, en un ambiente de aprendizaje común, sin discriminación o exclusión alguna” (párr. 15). Lo planteado por el decreto, por sí solo

no elimina todos los factores que producen obstáculos en la educación. Es con el apoyo de los sectores implicados como el ámbito familiar, social, y pedagógico, que se logra detectar aquellas problemáticas en el aprendizaje de las personas que se pierden en la generalidad.

Bajo ese enfoque de encontrar barreras específicas se encuentra el análisis a las políticas públicas de Castro y Tuay (2021) en el factor de inclusión y enseñanza de las ciencias naturales para la población con DFV. En primera instancia se enfatiza que no se halló una política pública o guía oficial nacional que trate cómo hacer los contenidos de ciencias naturales de una forma inclusiva, En los resultados se evidencia la problemática cuando, Castro y Tuay (2021) citan al MEN en el documento, Orientaciones técnicas y administrativas y pedagógicas para la atención de estudiantes con discapacidad en el marco de la educación inclusiva, de 2017, que dice: “En aquellas asignaturas con alta carga visual (geometría, geografía, ciencias) se deben desarrollar estrategias pedagógicas diversas que posibiliten el acceso a la información y a características puntuales de lo que se pretende enseñar” (p. 232). Esta directriz presenta la necesidad de crear un material didáctico para las características del estudiante.

Además, en la conclusión del estudio de Castro y Tuay (2021) se enfatiza en la necesidad de investigar en las formas de hacer un material inclusivo para estudiantes con DFV conforme se hizo en el análisis de las políticas públicas oficiales nacionales e internacionales. Dicen, estos autores sobre los documentos del MEN, los lineamientos curriculares, los estándares de competencia y los derechos básicos de aprendizaje que: “la omisión en los mismos [...] de estudiantes con diversidad funcional visual, pone en relieve que no existe literatura suficiente soportada en investigaciones que brinde orientaciones a los maestros de ciencias naturales sobre las estrategias o mecanismos” (p. 235). Las estrategias no solo deben recaer en la creatividad de

los docentes del plantel o de los docentes de apoyo especializados, sino además en los métodos de diseño para crear productos y dispositivos que aporten en esta área.

Algunos de los temas que muestran dificultades para aprender Física en todos los estudiantes se mencionan en el caso de estudio de Santafé (2016), donde se describen según los resultados del ICFES de una Institución Educativa de Floridablanca. Los ítems que tuvieron un bajo desempeño fueron en un 100% el modelado de los fenómenos naturales a partir de análisis de variables que relacionan dos o más conceptos de la ciencia; el 31% no logró argumentar mediante los conceptos físicos, la observación y la detección de patrones cómo se producen los fenómenos de las ciencias naturales. Asimismo, el autor encuentra algunas dificultades pertinentes mediante la experiencia del docente en el aula, como son: mejorar la conexión y el interés por el proyecto a realizar, falta de confianza en que se comprendió el enunciado correctamente, saber hacer en situaciones problemas, dificultad para entender e interpretar los problemas y no saber cómo se resolvieron los problemas del aula de clase.

La cinemática empieza por el estudio de los movimientos en trayectoria recta, denominada cinemática lineal, la cual está conformada por el Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU) y el Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado (MRUA). Las ecuaciones de movimientos en cinemática lineal pasan de vectores a escalares y se hacen presentes en secundaria y media. En el MRU, se definen por primera vez los conceptos de posición, velocidad y tiempo, así como su representación en gráficas de movimiento, tomando una forma lineal. Entender e interpretar estos conceptos es una de las competencias evaluadas en los exámenes de estado. Al ser relacionados con la capacidad visual, los estudiantes con DFV pueden encontrar problemas con el material tradicional. Las estrategias de aprendizaje que usan gráficos visuales, dibujo con herramientas de

escritura manual o software sin opción de descripción auditiva, suponen una alta carga visual que dependiendo de la condición visual del estudiante impedirá su comprensión.

Para el MEN (2017) en casos como este es necesario usar alternativas que ayuden al estudiante a crear una representación lo más aproximada a la realidad de los objetos y conceptos visuales. Recomiendan desde la descripción auditiva detallada de los elementos, teniendo en cuenta los puntos de referencias más importantes, la posición respecto al punto de vista del alumno y una narración guiada desde un punto inicial a uno final, como el uso de relieves, macrotipos, textura y contrastes altos. Buscando facilitar el proceso de aprendizaje de estas asignaturas el docente debe seleccionar cuál es el material adecuado para cada estudiante.

Para acercarse a una comprensión más precisa, el uso de diferentes canales sensoriales como el táctil y auditivo es lo más recomendado, pero en el estado actual de este proceso, el cómo se materializan esos objetos dependerá del docente o de las organizaciones encargadas en contacto con el colegio. Conforme a la problemática expuesta, se propuso investigar en la experiencia de usuario de personas con diversidad funcional visual para el diseño de un material didáctico con estrategias de gamificación que permita un acercamiento a la cinemática lineal centrado en las necesidades de los alumnos. Esto con el fin de aumentar la aprehensión en contraste con el sistema existente.

Se aclara que, en matemáticas, la "aprehensión" se refiere a la comprensión y asimilación de conceptos, ideas o procedimientos matemáticos, así como a la capacidad de aplicarlos en diferentes contextos. No se trata simplemente de memorizar fórmulas o reglas, sino de entender el significado y la relación entre los diferentes elementos (Berciano et al. 2022). Diferente al término aprehensión en el ámbito médico y psicológico, que se refiere a una sensación de temor o inquietud

ante la posibilidad de que ocurra un evento negativo o peligroso (Psiquiatría, s. f.). En el marco teórico se desarrolló la relación con el aprendizaje.

1.1 Contexto del problema

El contexto de cada una de las Instituciones Educativas (I.E.) presenta diferencias debido a si son públicas o privadas, si son rurales o urbanas, si se encuentran en la periferia, en qué departamento se encuentran, a cuál población están dirigidos o cuál es su objetivo y misión. Las situaciones para la enseñanza también pueden variar según los recursos, instalaciones, docentes, el material de estudio y actividades extracurriculares. Aunque se siguen las mismas normas en cuanto a educación inclusiva (Presidencia de la República, 2017) a nivel nacional, cada establecimiento decide cómo se adopta en su programa educativo. La enseñanza de la cinemática para estos estudiantes dependerá del plan de trabajo del profesor y los materiales y estrategias con los que el colegio disponga.

En el caso de Bogotá, Castro y Tuay (2021) mencionan que la Secretaría de Educación Distrital propone las políticas de asociación y consulta con profesionales que atiendan la diversidad como intérpretes, tiflólogos, educadores especiales, la formación de maestros en inclusión y reconocimientos para las entidades educativas que las promuevan. De los 400 colegios oficiales en el distrito solo 17 se especializan en los estudiantes con baja visión o ceguera. No obstante, es probable que los alumnos con DFV asistan a una institución sin asistencia para este tipo de población.

Por parte de las organizaciones del gobierno, el Instituto Nacional para Ciegos (INCI) tiene como principal objetivo promover y ejecutar políticas para lograr una educación inclusiva, así como servir de asesor de otras instituciones del estado para incluir a las personas con baja visión o ceguera. Además, el INCI brinda asistencia técnica a las entidades de educación en métodos de

asesoría integral para las personas con discapacidad visual. El INCI cuenta con una tienda virtual donde ofrece material especializado en seis categorías, con cerca de 200 productos. También ofrece el servicio de impresión de material en braille para los colegios y fabrica libros en braille, macrotipo y termoformado (Parra, 2018). En Colombia, el INCI es la opción oficial para adquirir estas herramientas por parte de una organización o de forma individual por padres, cuidadores o usuarios. Pero para material relacionado con contenido de conceptos específicos de las ciencias se recurre a marcas de juguetes internacionales que los distribuyan o mediante tiendas virtuales. Estos pueden no estar diseñados específicamente para los estudiantes con DFV o bajo los lineamientos del diseño universal.

Respecto al marco legal, la Constitución Política de Colombia de 1991 reconoce los derechos de las personas con alguna situación de discapacidad. Según dice el artículo 13 “El Estado protegerá especialmente a aquellas personas que, por su condición económica, física o mental, se encuentren en circunstancia de debilidad manifiesta y sancionará los abusos o maltratos que contra ellas se cometan.” (párr. 3). El artículo 47 se establece como una función del estado, desarrollar políticas de prevención, rehabilitación e integración social para los ciudadanos que pertenecen a esta población y facilitando la asistencia especializada que necesiten. En cuanto al derecho a la educación, la Ley 115 (Congreso de Colombia, 1994) definió, según el artículo 46, que “los establecimientos educativos organizarán directamente o mediante convenio, acciones pedagógicas y terapéuticas que permitan el proceso de integración académica y social de dichos educandos” (párr. 2).

En el contexto internacional, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en 2006 definió la discapacidad como “un concepto que evoluciona y que resulta de la interacción entre las personas con deficiencias y las barreras debidas a la actitud y al entorno que evitan su participación

plena y efectiva en la sociedad, en igualdad de condiciones” (p. 2). Se hace énfasis a como está concebido el entorno social para que el ciudadano desarrolle su vida plenamente, así como su condición física o mental. Aunque el anterior marco jurídico procura la inclusión de todos los ciudadanos, persisten barreras que impiden el desarrollo integral del ser humano con discapacidad, específicamente en la enseñanza de fenómenos físicos. Este tipo de necesidades insatisfechas podrían abordarse a partir del ejercicio del diseño industrial y universal.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Diseñar un material didáctico de apoyo en el aprendizaje de graficas de movimiento para mejorar la aprehensión del concepto teórico del movimiento rectilíneo uniforme en estudiantes de la clase de física del colegio José Celestino Mutis.

2.2 Objetivos Específicos

Reconocer las necesidades presentes en los estudiantes con diversidad funcional visual para producir un cuadro de requerimientos de diseño y características principales.

Proponer alternativas con diferentes soluciones a la problemática seleccionando una mediante un cuadro de valoración.

Desarrollar un modelo funcional del dispositivo apto para evaluar en estudiantes con diversidad funcional visual.

Evaluar la aprehensión del concepto teórico, comparando el método tradicional y la propuesta de diseño del dispositivo dirigido a estudiantes con diversidad funcional visual.

3. Justificación

El estudio se enfoca en la población con diversidad funcional visual y aborda una problemática específica en su entorno de aprendizaje. Para establecer cuántas personas se encuentran en esa población objetivo se toman las cifras del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2022). En Colombia, hay 1,498,958 personas con discapacidad visual, de las cuales 78,766 se encuentran entre los 5 y 14 años, y 204,195 tienen entre 15 y 29 años. El primer rango de edades pertenece a la primaria hasta la secundaria. El segundo, pertenece a la media y los estudios de educación superior.

También presenta algunas diferencias estadísticas entre estudiantes con y sin discapacidad. El 16.5% de las personas con discapacidad alcanza un nivel de educación media, en comparación con el 25.7% de las personas sin discapacidad, lo que representa una diferencia considerable de 9.2 puntos porcentuales. Respecto a la asistencia escolar en el grupo de 6 a 21 años, un 63.9% de las personas con discapacidad asisten a instituciones educativas, lo que significa una disminución de 15.6 puntos porcentuales en comparación con las personas sin discapacidad, con un 79.5% de asistencia. Las principales razones de inasistencia en este grupo son enfermedad (22%), cuestiones económicas (20.8%), y la percepción de que requieren educación especial (13.6%).

En cuanto a la inasistencia de personas con discapacidad visual se encuentra que a nivel nacional hay 11,966 estudiantes con ceguera o baja visión en el Sistema de Identificación de Matriculas (SIMAT), mucho más bajo comparado con los registros del DANE. En Santander hay 974 alumnos, 912 tienen baja visión y 62 ceguera (INCI, 2020) siendo el tercer departamento con más matriculados del país. Atendiendo a la necesidad de esta población, que siente que el sistema educativo tradicional puede que no esté satisfaciendo sus necesidades para adquirir competencias,

se realizó una investigación en lo referente al material educativo que se usa en clase de física. Partiendo de las necesidades del estudiante ciego que no puede acceder a la información visual se propuso estrategias para enseñar los conceptos de física utilizando otros sentidos además del visual.

Por otro lado, el contexto educativo ubica a estudiantes sin discapacidad y con discapacidad en un mismo espacio para aprendizaje. Por tanto, se opta por las estrategias de gamificación para la educación, que permita a los alumnos interactuar. Es posible desarrollar habilidades a través del juego, tanto en relación con los conceptos de física como en habilidades generales. La gamificación puede aumentar el interés por la física, permitiendo a los estudiantes utilizar vocabulario y conceptos de manera entretenida, donde pueden practicar su argumentación y ganar confianza al interactuar con sus pares académicos. Se espera que estas estrategias se traduzcan en mejores resultados en pruebas estatales y escolares, así como en un mayor interés por seguir estudiando áreas STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics). Además, esta investigación podría dar lugar a una nueva línea de desarrollo en la inclusión y en juguetes educativos en Colombia, dado el potencial del mercado y la falta de contenido educativo específico.

3.1 Pregunta de Diseño

¿En cuánto aumenta la aprehensión de conceptos del MRU de las gráficas de movimiento cinemáticas el uso de un material didáctico inclusivo en las personas con diversidad funcional visual?

4. Alcance

Este estudio se limitó a las estrategias de gamificación que se materializarán en un dispositivo o producto físico con un propósito lúdico y su impacto en el aprendizaje, como apoyo en la clase y el estudio personal. Se basó en teorías del aprendizaje sobre experiencias conjuntas, juego y motivación, pero no pretendió reemplazar ni desmeritar las estrategias pedagógicas de los docentes o teóricos en educación, ni los avances en formas y métodos de enseñanza. Tampoco presentó nueva teoría desde el ámbito de la enseñanza, sino que utilizó lo ya existente para generar un producto y verificar su uso. Se comprobó entonces que el uso de un dispositivo lúdico en el aula para alumnos con DFV y los resultados de aprendizaje que se deberían esperar en el estudiante. Es un instrumento usado conjuntamente en el aula o de forma externa, así como de uso individual por el usuario.

La metodología de diseño se enfocó en la participación de usuarios con diversidad funcional visual y sus profesores. No se tuvo en cuenta otro tipo de condiciones de discapacidad por limitaciones de capacidad de cubrir otros usuarios en cuanto a tiempo, recursos y participantes, así como conocimiento del autor. Se tuvo en cuenta el uso del dispositivo por parte de personas que no pertenecen a la población DFV y que no presentaban otras condiciones de discapacidad. De igual forma, en el contexto escolar es donde los estudiantes estudian independientemente de su condición visual, se contempló su uso por todo tipo de estudiantes en igualdad de condiciones, así como obteniendo un beneficio común en el aula.

En cuanto al desempeño del estudiante en su proceso de aprendizaje, este proyecto se limitó a verificar su aprehensión. Se contó con la orientación de profesores del área de física en la institución donde se realice el estudio, la técnica de evaluación se basa en un examen de una hora

aproximadamente ya existente, además de las modificaciones que el docente consideró conveniente. Por tanto, la evaluación de adquirir el conocimiento se limitó a la aprehensión del concepto y su uso de una forma práctica en un tiempo limitado desarrollando el examen de opción múltiple sin tener que justificar su respuesta.

5. Marco Teórico

A continuación, se definen temas y teorías en los que se basa el proyecto. Los contenidos que se van a enseñar pertenecen al área de física, se limitan y se describen según el nivel educativo de décimo y once. La estrategia que genera el producto de diseño es la gamificación que busca beneficie el proceso de aprendizaje en cuanto a aprehensión en la materia.

5.1 Cinemática en una dimensión

Para Tippens (2011) la física mecánica se puede diferenciar de otras ciencias por su objeto de estudio, enfocado en la materia, la energía y el espacio que las contiene, en ella se trata de investigar el concepto fundamental de estos elementos y sus interacciones. También aclara que, aunque la física tiene muchas ramas y aplicaciones uno de los temas base en todos sus campos es la mecánica. Dentro de esta se encuentra la cinemática que “es una rama de la física dedicada al estudio del movimiento de los cuerpos en el espacio, sin atender a las causas que lo producen (lo que llamamos fuerzas)” (Gómez, 2020, p. 101).

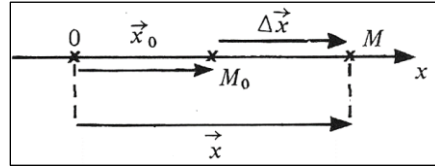
Una forma de representar los datos del movimiento de un objeto es mediante una gráfica. Según Valero (1994), por cada valor de una variable que le corresponda un valor en la función se puede representar tomando por abscisa la variable y la función como ordenada en un plano cartesiano. Así, ubicando cada par de la tabla de datos, se obtiene un conjunto de puntos que se

unen dibujando una línea de curvatura suave en secuencia, ya que se piensa que la variación continua de la variable afecta de igual forma a la función. Para un valor de la variable entre dos puntos experimentales solo es necesario ver la gráfica y aproximar su valor en la función, se conoce como interpolación gráfica. En cambio, una extrapolación aumenta la gráfica más allá de los datos experimentales, pero no se garantiza que una ley siempre se cumpla. Explica el autor que por esto es posible saber información de todos los puntos y no solo de los experimentales, mostrando cómo se comporta un fenómeno y descartar puntos inconsistentes con la gráfica.

A continuación, se definen los conceptos relacionados con el movimiento rectilíneo uniforme según Valero (1994). Él describe que el estudio del movimiento en cinemática se realiza en función del tiempo, por lo tanto, solo se usan unidades de longitud y tiempo. La curva que recorre el cuerpo al moverse se llama **trayectoria**. Cuando es una recta, el movimiento se denomina rectilíneo.

Un cuerpo, considerado como una partícula, tiene su posición dada en una recta por su abscisa desde un punto de origen. Si al transcurrir el tiempo no varía su posición, se dice que está en reposo respecto al origen. Por otro lado, si su abscisa cambia con el tiempo, su posición cambia en función del tiempo transcurrido, lo que significa que el cuerpo está en movimiento respecto al origen y a todos los cuerpos en reposo con respecto al origen. Ambos estados del cuerpo tienen cualidades relativas y dependen del origen escogido. Un cuerpo puede estar en reposo ante un segundo cuerpo y en movimiento con un tercero. Por ejemplo, una persona en un ascensor está en movimiento respecto al suelo, pero en reposo respecto al ascensor. Si un cuerpo está en reposo o en movimiento, dependerá de dónde esté fijado su origen.

Para hallar **la posición de una partícula** M dada sobre una recta, con un origen 0 , será el valor de su abscisa x . El vector desde el origen 0 a la partícula es el vector posición \vec{x} (**Figura 3**).

Figura 3*Vectores posición y desplazamiento**Fuente:* Valero, 1994.

El movimiento en la recta del cuerpo depende del tiempo y se refleja en la abscisa. Tomando un tiempo arbitrario como cero y con un reloj, se puede asignar un tiempo t para cada posición de la partícula. Puede haber tiempos negativos, un ejemplo, es la cuenta regresiva antes del minuto cero en el lanzamiento de un cohete. En la **Figura 4** el vector posición está en función del tiempo de la siguiente forma.

Figura 4*Ecuación vector posición en función del tiempo*

$$\vec{x} = \vec{x}(t) \quad (1)$$

Esta ecuación está sometida a todas las limitaciones físicas, como, las condiciones de frontera, en los extremos de la trayectoria. En el caso de un automóvil la ecuación permite encontrar su posición en cualquier instante de tiempo, pero deja de ser válida hasta el final de la carretera, donde no sé sabe que hay adelante.

En la **Figura 5**, se entiende como desplazamiento cuando la partícula se mueve de una posición inicial \vec{x}_0 hasta la posición \vec{x} en un **intervalo de tiempo** (3) desde un tiempo inicial t_0 hasta un tiempo t . El **vector de desplazamiento** es el incremento (Δ) de la posición dado por (2) y tiene unidades en m, cm, y km. El incremento siempre es la cantidad final menos la inicial.

Figura 5

Ecuación vector desplazamiento e intervalo de tiempo

$$\Delta \vec{x} = \vec{x} - \vec{x}_0 \quad (2)$$

$$\Delta t = t - t_0 \quad (3)$$

La **velocidad media de una partícula** es la razón del vector desplazamiento al intervalo de tiempo correspondiente (4) (**Figura 6**). La barra sobre v significa valor medio.

Figura 6

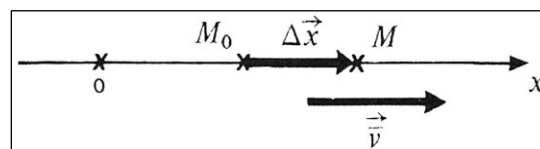
Ecuación vector velocidad media

$$\vec{v} = \frac{\vec{x} - \vec{x}_0}{t - t_0} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} \quad (4)$$

Se sabe que el vector de la velocidad media está en dirección de la trayectoria debido a la definición general de la velocidad (**Figura 7**).

Figura 7

Vector velocidad media



Fuente: Valero, 1994.

La velocidad positiva significa que el cuerpo se desplaza en la dirección positiva de la trayectoria mientras que una velocidad negativa indicará que va en dirección contraria al movimiento. Las unidades de velocidades son m/s, cm/s y km/h.

En la **Figura 8**, la aceleración media de una partícula ocurre cuando la velocidad varía en tiempo t_0 desde \vec{v}_0 hasta una velocidad \vec{v} al tiempo t ; **un vector aceleración media** será la razón del incremento de la velocidad en el intervalo de tiempo correspondiente.

Figura 8

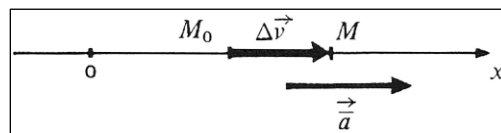
Ecuación vector aceleración media

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t - t_0} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} \quad (5)$$

Se muestra que \vec{a} está en la dirección de $\Delta\vec{v}$, la dirección de la trayectoria (**Figura 9**). En una partícula que se dirige en dirección positiva del eje, la aceleración positiva significa que la velocidad está aumentando, el movimiento es acelerado. En cambio, una aceleración negativa ocurre porque la velocidad está disminuyendo, el movimiento está desacelerando. Si la partícula se dirige al eje negativo, una aceleración negativa indicaría aumento de la velocidad. Las unidades de aceleración son m/seg^2 o km/h^2 .

Figura 9

Vector aceleración media



Fuente: Valero, 1994.

Cuando se trata de conocer la aceleración en un instante específico se encuentra **el vector aceleración instantánea**, conocida como la razón del delta de la velocidad cuando el delta del tiempo tiende a cero como se muestra en **Figura 10**.

Figura 10

Ecuación vector aceleración instantánea

$$\vec{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t \rightarrow 0} \quad (6)$$

Las ecuaciones de los vectores posición, velocidad y aceleración en función del tiempo se conocen como **las ecuaciones cinemáticas** y determinan completamente cualquier movimiento de

un cuerpo en estudio (**Figura 11**). En el caso del movimiento rectilíneo las ecuaciones vectoriales se transforman en ecuaciones escalares. Dado que todos los vectores de las tres ecuaciones están en la dirección de la trayectoria y su signo dependerá de si están en la dirección positiva o negativa de la trayectoria, son tratados como cantidades algebraicas para el movimiento rectilíneo.

Figura 11

Ecuaciones vectoriales y escalares de la cinemática

$$\vec{x} = \vec{x}(t); \vec{v} = \vec{v}(t); \vec{a} = \vec{a}(t) \quad (7)$$

$$x = x(t); v = v(t); a = a(t) \quad (8)$$

Continuando, la definición del movimiento rectilíneo, si se toma como trayectoria al **eje x**.

5.1.1 Movimiento rectilíneo uniforme (MRU)

El **movimiento rectilíneo** es **uniforme** si su velocidad v es constante.

En la **Figura 12**, si la **velocidad instantánea** es constante entonces la **velocidad media** también será constante e igual a la instantánea v . Como no hay cambio en la velocidad y **la aceleración** es la razón entre el incremento de la velocidad respecto al cambio en el intervalo de tiempo, la aceleración será cero. Entonces para deducir la ecuación de la **posición** se toma la velocidad media en un tiempo inicial cero t_0 y se despeja x .

Figura 12

Ecuaciones cinemáticas para el movimiento rectilíneo uniforme

$$v = \bar{v} = \frac{x - x_0}{t - t_0} = \frac{x - x_0}{t}$$

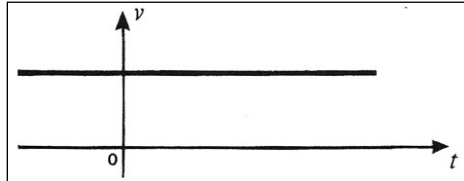
Se deduce, $x = vt + x_0$

$$a = 0; v = Cte; x = vt + x_0 \quad (9)$$

La gráfica que representa la velocidad será una línea horizontal recta paralela al **eje t**. (**Figura 13**).

Figura 13

Velocidad en función del tiempo movimiento rectilíneo uniforme

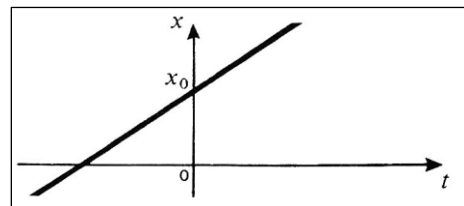


Fuente: Valero, 1994.

En cuanto a $x = vt + x_0$ es una recta con pendiente v que corta el eje x en x_0 como se muestra en la **Figura 14**.

Figura 14

Posición en función del tiempo movimiento rectilíneo uniforme



Fuente: Valero, 1994.

5.2 Gamificación

Tomando la definición de Reiners y Wood (2015), se puede entender la gamificación cómo la acción de aplicar en un contexto no relacionado con los juegos, elementos del diseño de juegos. La gamificación se ha aplicado para aumentar la motivación en una actividad o para mejorar la percepción de satisfacción o placer en el uso de productos. Se le llama también juegos con un propósito, pues el modo de juego es solo un medio para completar tareas. Entonces, los aspectos de las mecánicas de los juegos se implementan en las interacciones para una actividad específica, lo que permite a los autores diferenciar la gamificación del mero acto de jugar. Existen reglas

estructuradas y el seguimiento de una meta de forma competitiva. La gamificación comprende los siguientes conceptos: *Gamefulness*, para la calidad de la experticia y la conducta, *Gameful Interaction*, los artefactos que permiten esa calidad y *Gameful Design*, diseñar para el juego.

Según Reiners y Wood (2015), el juego se basa en reglas, donde el resultado se define por valores variados y por el esfuerzo de los jugadores en cambiar el resultado. El término gamificación está más relacionado con el diseño de juegos que con las diferentes tecnologías en los juegos; abarca requisitos para jugar, características del juego, diversión y aplicación al contexto, sin importar sus medios de implementación.

5.2.1 Recompensas en gamificación

Una forma de gamificación, que nombran los autores, es el uso de recompensas. Cuando se trata de cambios a corto plazo inmediatos, esa estrategia garantiza que se conseguirá. Debido a la novedad del sistema los usuarios desean probarlo y aumenta su participación. Pero, si se deja de otorgar recompensas puede que ese comportamiento se detenga. De acuerdo con Reiners y Wood (2015), es importante enseñar habilidades que tengan un valor en el contexto de la realidad. De esa forma es más efectiva la gamificación. Como en el caso de enseñar a usar un martillo, cuando el usuario se vuelve un experto en la habilidad puede reconocer su beneficio en el mundo real en vez de la recompensa del juego.

Si hay casos en los que el sujeto no puede desarrollar una motivación intrínseca para hacer la tarea. La utilidad de la gamificación estará en hacer participar a esa persona. Es muy común usar estos incentivos para hacer que el usuario haga algo que de otra forma no haría. Los diseñadores deben entender que este ciclo de recompensas puede ser un proceso sin fin; si se espera un aumento en el desempeño, los usuarios esperaran que las recompensas también aumenten. Pero, si se trata de mantener un cambio a largo plazo, un cambio para toda la vida es una estrategia

contraproducente. Argumentan los autores, que las recompensas extrínsecas reducen la motivación intrínseca. De forma que, si se quitan la recompensas el sujeto deja de valorar la actividad, aunque antes que recibiera recompensas hubiese tenido motivación intrínseca por la actividad.

Profundizando en los sistemas de recompensa Xiao y Hew (2023) buscan diferenciar el impacto de las recompensas que se consideran virtuales, como los punto y medallas que tienen sentido en el contexto del juego, a otras que llaman tangibles. En este caso se usa la gamificación en una clase *online* durante varias semanas, con *quizzes* cada semana y un examen final. Acumulando puntos cada semana pueden intercambiarlos por una recompensa tangible. Esta es la capacidad de adquirir material extra para el curso con los puntos, cómo un ejemplo de respuesta para preguntas adicionales del tema de cada sesión. Los autores de encontraron que sacaron mejores resultados los estudiantes a los que se les daba esta posibilidad. En los aspectos de motivación intrínseca, comportamiento participativo, participación cognitiva y desempeño de aprendizaje, el grupo con recompensas tangibles obtuvo mejores resultados que el que no tenía esta opción.

Además, agregaron algunas directrices para que las recompensas tangibles sean útiles: Si se conectan a un estándar de desempeño, no solo serán metas, sino que daría retroalimentación en su proceso de aprendizaje. Cuando los estudiantes deciden por sí mismos reclamar la recompensa, aumenta su auto eficiencia. En cuanto a tener una meta que se pueda reclamar, es importante que esta no sea fácil o ambigua, ya que su evaluación de desempeño será confusa, debe ser específica y un reto. Sin embargo, la dificultad de la meta está relacionada con la probabilidad del éxito, así que es necesario que el reclamable sea percibido como algo alcanzable para la mayoría de los estudiantes. Se recomienda hacer una encuesta de las perspectivas de las necesidades para el curso. De esa forma una lista de posibles recompensas tangibles reclamables puede ser generada.

5.2.2 *Motivación intrínseca*

Hay otra forma de cambiar el comportamiento del usuario que Reiners y Wood (2015), describen. Se trata de producir motivación intrínseca. Será la tarea del diseñador crear sistemas para que sea el usuario el que encuentre sus propias razones para participar en la actividad. La base de este comportamiento radica en la teoría de la determinación propia (*Self-Determination Theory*). De acuerdo con esta, la motivación intrínseca es la combinación de tres necesidades psicológicas: la competencia, la autonomía y el relacionamiento. La competencia ocurre cuando el participante siente que es experto en algo a tal punto que puede hacer una diferencia, cuando ya no es así, busca nuevas formas de aumentar su competencia. La autonomía se experimenta cuando sus comportamientos y acciones en las que participa van de acuerdo con el sentido de quienes son. El relacionamiento está basado en la conexión que siente con otras personas mediante sus comportamientos.

En lugar de usar los elementos para aumentar la motivación externa por medio de recompensas, se puede usar el diseño de juego para aumentar la motivación intrínseca. Las personas juegan por cosas más allá de las notas o puntos. Pueden jugar por explorar una narrativa, para tomar decisiones interesantes, y para jugar con otras personas. Definen los autores, que usar la gran cantidad de elementos de juego para construir motivación intrínseca es lo que se llama una gamificación con significado.

5.2.3 Receta para una gamificación significativa

Los elementos para ayudar a los diseñadores en el proceso de diseño de la estrategia de gamificación de los sistemas, de acuerdo con Reiners y Wood (2015), son los siguientes seis:

- Jugar: facilita libertad de explorar y fallar dentro de unos límites.
- Exposición: crear historias integradas con el mundo real y permitir al participante crear las suyas.
- Elección: desarrollo de sistemas que ponen el poder en las manos del jugador.
- Información: usar el diseño de juegos para que los participantes aprendan del contexto del mundo real.
- Participación: promover que los usuarios descubran y aprendan de otros en el mundo real.
- Reflexión: encontrar otros intereses y experiencias pasadas que puedan aumentar la participación y aprendizaje.

5.2.4 Otras teorías y principios de la gamificación

En la revisión sistemática de Krath et al. (2021) se nombran y organizan las teorías que se han propuesto para entender cómo y porqué la gamificación funciona. Se encontró que las bases teóricas más populares son: primero, la teoría de la auto determinación (*Self-determination theory*); segundo, la teoría de flujo (*Flow theory*); tercero, la teoría del aprendizaje constructivista (*Constructivist learning theory*); cuarto, la teoría del aprendizaje experimental (*Experiential learning theory*) y quinta, la teoría de la carga cognitiva (*Cognitive load theory*). En total se identificaron 118 teorías lo que permitió a los autores proponer unos principios de la gamificación y relacionarlos con las bases teóricas que los soportan. Se presentan en la **Tabla 1** a continuación.

Tabla 1*Principios teóricos de los efectos de la gamificación*

Principio	Descripción
Principios que guían hacia el comportamiento deseado	
P1: Meta clara y relevante.	Se ilustran metas transparentemente y su relevancia.
P3: Retroalimentación inmediata.	Suministra a los usuarios con retroalimentación directa en sus acciones.
P4: Refuerzos positivos.	Se puede premiar a los usuarios por su desempeño y comunicar la relevancia de su logro.
P8: Camino guiado.	Es posible dirigir a los usuarios a las acciones necesarias para alcanzar las metas. Desarrollo gradual.
P10: Experiencia de usuario simplificada.	Los sistemas son fáciles de usar y pueden simplificar el contenido.
Principios que adoptan relevancia individual	
P2: Metas individuales.	Los usuarios pueden poner sus propias metas.
P7: Contenido adaptativo.	Se pueden adaptar las tareas y complejidad a la habilidad y conocimiento del usuario.
P9: Opciones múltiple.	Los usuarios pueden escoger entre múltiples opciones diferentes para conseguir una meta.
Principios que permiten interacción social y efectos sociales positivos.	
P5: Comparación social.	Permitir al usuario ver el desempeño de sus compañeros.
P5: Normas sociales.	Puede hacer que los usuarios se conecten con otros y trabajen para una misma meta.

Fuente: La autora basada en Krath et al. 2021.

5.2.5 En la educación

Un contexto que no está dirigido al juego desde su definición es el ámbito del aprendizaje. El conocimiento, su construcción y transmisión es el objetivo principal de esta actividad. Al aplicar gamificación a este proceso se suman algunos beneficios para el alumno. Fernández (2015) explica de que trata esta estrategia en el área de juegos serios y en las clases tradicionales.

De acuerdo con la autora es el acto de crear procesos de aprendizaje para que el alumno obtengan las competencias y conocimientos propuestos. Es aplicar conceptos y dinámicas del área de diseño de juegos, que estimulan y hacen más atractivo el contacto del alumno hacia la actividad de aprender, de manera que el estudiante logre adquirir determinados resultados. Argumenta la autora, que las personas están predispuestas a la competencia y al juego para combatir tareas aburridas, haciéndolas de forma más dinámica y efectiva.

Una de las claves enunciadas para que este proceso sea posible es la relación de la dopamina con el juego. Su aumento indica mejor atención, motivación y mejor aprendizaje. Para Fernández (2015), si el objetivo es aumentar esa dopamina en clase, junto con la atención y motivación, se deben acoplar los mecanismos del juego (no solo juegos). Además, cita a Edgar Dale y su concepto del cono del aprendizaje para categorizar por medio de cuáles estímulos se recuerda más la información (**Figura 15**). Cuando el sujeto está activo y se enfrenta a simulaciones o situaciones reales que existe mayor tasa de aprendizaje, luego, mediante el juego se puede lograr que el sujeto sea participe y constructor de su aprendizaje.

Figura 15

Cono de aprendizaje de Edgar Dale

Tras diez días recordamos:			APRENDIZAJE
PASIVO	10% de lo que leemos	Leer	Definir
	20% de lo que oímos	Escuchar	Describir
	30% de lo que vemos	Observar una imagen	Enunciar Explicar
	50% de lo que oímos y vemos	Ver una película Asistir a una demostración	Demostrar Aplicar Practicar
ACTIVO	70% de lo que decimos y escribimos	Participar en una discusión Dar una charla	Analizar Diseñar
	90% de lo que decimos y hacemos	Representación teatralizada Crear, construir Simulación de experiencia real	Crear Evaluar

Fuente: Fernández, 2015.

Las etapas del aprendizaje significativo se encuentran presentes en el proceso de juego (Fernández, 2015). La autora describe cómo el alumno capta información, la selecciona y discierne entre los datos más relevantes para el juego, como: memorizar reglas y personajes. Aplica esas reglas y no las olvida entre etapas; investiga, interacciona y pregunta a otros, se socializa,

verbalizan, coopera y se adapta. También argumenta como es una forma de aprender haciendo (*Learning by doing*) en un entorno seguro para tomar decisiones. Aparte de contenidos es necesario aprender valores, tolerancia a la frustración, estrategias y anticipación a los movimientos del otro. Con el juego se desarrolla la interpretación, probabilidad, empatía, toma de riesgos y de decisiones. Las decisiones tienen consecuencias en el entorno de juego, gane o pierda el participante; no obstante, este resultado no debe interferir en el resultado de aprendizaje.

El juego define un espacio lúdico, como un lugar en donde puede hacer o experimentar, incluso si es mediante simulación. Además, es posible equivocarse. Para aprender es importante equivocarse. Jugando no hay repercusiones negativas, solo se vuelve a empezar, evadiendo el miedo a equivocarse, el cual genera aversión por aprender. El desarrollo gradual da retroalimentación y evaluación continua del progreso, mientras que los retos aumentan gradualmente, conforme ganan habilidad, manteniendo el foco en la actividad.

Otro componente que aporta la gamificación a la educación es cuando se entiende el concepto del tipo de jugador, que agregándolo a las dinámicas que se pretenden aplicar al aprendizaje, se puede lograr una educación personalizada. Fernández (2015) habla de la taxonomía de Bartle en donde existen cuatro tipos de jugadores (**Figura 16**): Los asesinos, son quienes engañan, luchan, destruyen y compiten; Los exploradores, quienes quieren interactuar con el sistema, descubrir e investigar en vez de interactuar con los otros jugadores; Los triunfadores, buscan estar en el primer lugar, ser los primeros, más rápidos, compararse con los otros y recolectar cosas. Por último, los sociales, quienes reflexionan, comparten, discuten, quieren fraternizar y cooperar más que ganar. Se puede ser uno de estos o tener aspectos de todos ellos. El sistema debe adaptarse a sus características.

Figura 16

Tipos de jugadores según Richard Bartle



Fuente: Fernández, 2015.

Una forma de entender que hace posible el juego es por los elementos que lo componen y cómo actúan para lograr la gamificación de un sistema. Fernández (2015) los divide en tres:

- Las mecánicas: Serán sistemas que hacen el avance en el juego medible, como una puntuación, medallas o insignias, rankings, desafíos y misiones, avatares, entre otros.
- Las dinámicas: Es la historia en la experiencia de juego. El jugador debe sentirse identificado en esta y debe ser interesante para motivarlo a interactuar
- La estética: se refiere a la interfaz gráfica y a los elementos en ella. Para darles características visuales y sentido a las mecánicas en el juego se debe ser creativo e innovar más allá de los avances tecnológicos y su complejidad. El sistema debe ser intuitivo y guiar al usuario para no interrumpir la experiencia de juego. Es sobre cómo se siente el juego para el usuario y como motivarlo para que su experiencia sea satisfactoria.

5.2.6 Heurística para una gamificación bien ejecutada

De acuerdo con la teoría de auto determinación (SDT), si el objetivo es producir ciertos tipos de motivación, van Roy y Zaman (2017), proponen nueve heurísticas (**Tabla 2**). Buscan que sea una motivación autónoma y no controlada, dirigida a llenar las necesidades psicológicas

básicas. El #9 destaca la importancia del usuario, los #1-7 tratan de las propiedades del sistema y #8 trata sobre las demandas del contexto. El desarrollo de esta heurística estaba dirigido a analizar el contexto educativo, pero al estar basado en SDT puede ser aplicado a otros contextos.

Tabla 2

Resumen de las nueve heurísticas basadas en gamificación y los retos que afrontan

Reto	Heurística
Apoyar la autonomía del aprendiz	#1 Evitar el uso obligatorio: Evitar forzar al usuario a usar parte del sistema gamificado para que no tenga la sensación de ser controlado. #2 Proveer una cantidad moderada de opciones con significado: Balancear entre dar autonomía al usuario mediante al menos una opción importante y que cumpla con sus valores mientras se evita ponerlo en un dilema de ofrecerle demasiadas opciones.
Apoyar las competencias del aprendiz	#3 Poner metas retadoras pero manejables: Para apoyar la sensación de competencia del usuario, crear tareas que sean un reto significativo pero que sean percibidos como posibles de completar. #4 Proveer retroalimentación positiva relacionada a la competencia: Apoyar los sentimientos de competencia integrando mecanismos de retroalimentación a los aprendices sobre su progreso en ganar competencias y evitar retroalimentación negativa.
Apoya el relacionarse del aprendiz	#5 Facilitar la interacción social: Eliminar factores que impiden la interacción social entre usuarios, facilitar las interacciones y apoyar los sentimientos de relacionarse.
Juego entre necesidades	#6 Cuando se soportan las necesidades particulares psicologías, no descuidar las otras necesidades: Cuando se diseña un elemento específico para apoyar al usuario en una de sus necesidades psicológicas básica, cuidar de no frustrar unas de las otras necesidades.
Integración de gamificación en la actividad	#7 Alinear la gamificación con la meta de la actividad: Alinear la capacidad motivacional de la gamificación con la meta de la actividad, de forma que la gamificación permita facilitar la motivación y el cumplimiento de metas.
Características contextuales	#8 Crear un contexto de apoyo a las necesidades: Para apoyar las necesidades psicológicas básicas, el sistema gamificado debería ser implementado en un sitio que es percibido como abierto y de apoyo en lugar de controlador.
Características individuales	#9 Hacer el sistema flexible: Para tener en cuenta las diferencias personales, el sistema debe ser flexible y adaptativo para cumplir con las necesidades y preferencias personales del usuario.

Fuente: La autora basada en Roy y Zaman, 2017.

5.3 Aprendizaje y comprensión

Al abordar el área de la educación y los procesos de aprendizaje, es necesario comprender la definición del concepto de aprendizaje. Regader (2023) describe las teorías de Piaget en las cuales el aprendizaje es el acto de reorganizar las estructuras cognitivas que existen a lo largo de la vida de una persona. Es la recombinaión de los esquemas mentales propios que permiten interiorizar nuevo conocimiento a través de la experiencia. Él entiende el aprendizaje como un

proceso de cambio, donde los esquemas mentales cambian su relación en diferentes etapas del proceso de aprendizaje a medida que el individuo se desarrolla. Define un concepto de esquema como la organización cognitiva que, en un instante dado, tienen las categorías en su mente. La idea de esquema, similar a la de concepto, es una estructura mental capaz de síntesis y transferencia. Para Piaget, el aprendizaje solo tiene sentido en el cambio, es cuando se necesita adaptarse que se aprende.

Si la adaptación es cuando el conocimiento previo del aprendiz se adapta a la nueva información que experimenta en el entorno. La asimilación será el proceso en el que esa información externa será procesada por un esquema mental que esté presente en el individuo en ese momento. Mientras que la acomodación es cuando el medio en el que el individuo actúa lo fuerza a modificar la organización cognitiva anterior. Si hay incoherencia en lo que se presenta debido a los estímulos externos, se cambia el esquema mental. Finalmente, el alumno es el agente principal en cómo construye su conocimiento al interactuar con un entorno en constante cambio (Regader, 2023).

Dentro del aprendizaje se hace la distinción con *aprehender*. Según Menchén Bellón este término viene del mismo origen en el latín *aprehendere* (atrapar), pero la forma en la que describe el aprendizaje es más profunda. La diferencia radica en la interacción con el entorno de eso que el alumno estudió, en el que el proceso deja una enseñanza significativa. Se relaciona con atrapar ese conocimiento para apropiarlo. Es usado como sinónimo de agarrar, detener, aprisionar y conseguir comprender algo de forma profunda y aplicarlo. Bellón propone un aprendizaje que llama creativo, y que parte del *aprehender*. Si las habilidades de analizar, comparar, criticar, aplicar en situaciones y entender los resultados es parte del proceso creativo, entonces para este tipo de aprendizaje se busca que el conocimiento se construya mediante el experimentar, tocar, tomar y capturar lo que

cristalino, este ajusta el enfoque para ver objetos a diferentes distancias. La retina se encuentra en la parte posterior del globo ocular formada por una capa de tejido sensible a la luz, hecho de células fotorreceptoras llamadas conos y bastones. Los bastones captan luz de baja intensidad (visión escotópica), son responsables de la visión nocturna. En cambio, los conos se encargan de la percepción del color, la visión diurna y a detalle, son menos abundantes que los bastones. Se ubican en el centro de la retina, la fovea central. Los conos y los bastones transforman la información luminosa a información nerviosa (bio-químico-eléctrico) que pasa el nervio óptico. Este transmite los impulsos nerviosos al cerebro desde la retina, para ser interpretados y transformados en imágenes (Olivares Pérez, 2024).

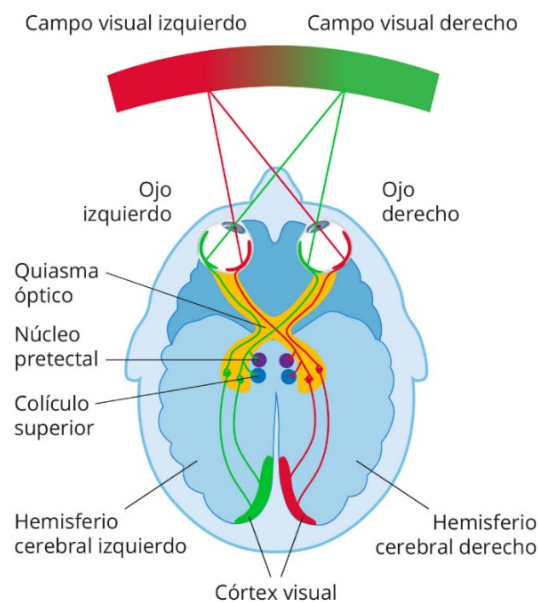
Otro concepto en la visión humana es el **campo visual** que según Olivares Pérez (2024) corresponde al área total percibida por los ojos al observar un punto central fijo. El campo visual central es donde se encuentra la agudeza visual y el detalle, que concuerda con la fovea en la retina. Mientras que el campo visual periférico se refiere al área a los lados, arriba y abajo del campo visual central. La agudeza visual es menor en esta región, pero es crucial para detectar movimientos y la orientación espacial. Para un humano adulto el ángulo horizontal del área del campo visual es de 180 grados y el ángulo vertical es de 135 grados. También, la superposición de los campos visuales de ambos ojos permite la percepción de la profundidad y distancia.

Dentro del cerebro se toma la información transmitida por los nervios ópticos para reconstruir la imagen. Como se muestra en la **Figura 18** cada nervio óptico se conecta al quiasma óptico que se encuentra en la base del encéfalo, este permite que ambos hemisferios reciban información visual. El núcleo pretectal tiene varias funciones en el sistema visual, entre ellos el control de los reflejos involuntarios de la pupila a la luz. En los colículos superiores se recibe la información de la retina, la medula espinal, el cerebelo, el área pretectal, el gris y la sustancia

negra. los colículos superiores hacen la integración multimodal de la información acústica y somatosensorial para la atención y la orientación espacial, así como controlar el movimiento ocular. En la corteza visual y otras partes del cerebro es necesario darles sentido a las imágenes captadas, interpretar la distancia, la forma, el color, los parámetros y el movimiento (Olivares Pérez, 2024).

Figura 18

Campo visual



Fuente: Olivares Pérez, 2024.

Sabiendo los procesos que generan el sentido de la vista se pueden definir ahora las condiciones físicas que marcan una diferencia en el desarrollo educativo de los alumnos con diversidad funcional visual. Usando la terminología del documento de orientación en la educación inclusiva del MEN (2017) se determina el grado de percepción visual.

Primero, la **agudeza visual** se refiere a la capacidad de observar claramente detalles finos en símbolos u objetos a 6 metros de distancia, equivalente a 20 pies. Se expresa en forma de

fracción 6/6 o 20/20, siendo 100% de la agudeza visual, si es de 20/40 entonces daría 0.5, siendo 50% de la agudeza visual normal. La prueba usa una escala de filas de símbolos organizados de tamaño más pequeño, en la parte inferior, a más grande, en la parte superior. El número inferior de la fracción, que es el denominador, es la distancia a la que una persona con visión normal ve detalladamente ese objeto y el numerador, será la distancia a la que se encuentra el evaluado, normalmente 6 metros. En la prueba cada línea de símbolos equivale a una fracción. Luego entre más aumenta el denominador menor es la agudeza visual. Si en la prueba la persona solo logra ver hasta la línea 20/70 significa que lo que ella alcanza a ver a 20 pies o 6 metros con claridad, una persona con vista normal lo puede ver a 70 pies de distancia.

El MEN (2017) clasifica que: cuando la persona solo logra ver las líneas entre 20/70 y 20/160, se define como **Discapacidad visual moderada**. Si son las líneas de 20/200 a 20/400, es **Discapacidad visual grave**. Se considera **Ceguera** si es hasta 20/1250, haya o no percepción de luz. En cuanto al campo visual, definido anteriormente, se clasifica como visión de túnel cuando la persona no percibe información del campo visual periférico. Por el contrario, cuando no percibe la luz en la parte central y solo en la periferia, es disminución central. También existen recortes parciales en el campo visual denominados hemianopsia o cuadratanopsia.

Existen muchas otras patologías tanto en los ojos como en el cerebro que pueden afectar la calidad del sentido de la vista, así que se tienen en cuenta dos grandes clasificaciones de parte de la página del INCI (s.f.). Las personas con **baja visión** son aquellas que aun después de una corrección o tratamiento tienen una agudeza visual hasta de 20/60 o que su campo visual es menor de 10 grados desde el punto de fijación, pero usan la visión para ejecutar tareas. En cuanto a las personas **ciegas**, pueden percibir la luminosidad, hasta los colores de la luz, o no percibir nada de luz.

Para referirse a ambos grupos se usó el término **diversidad funcional visual** propuesto en el Foro de la vida independiente. Romañach y Lobato, en 2005, destacaron la necesidad de plantear un término que no desvalorice a la población de estudio, ya que consideran que el lenguaje produce, modifica y orienta el pensamiento. Denotan que los términos existentes asignan más peso de las interacciones negativas en la sociedad al individuo y no al entorno. Consideran que los términos vienen del concepto de las personas diferentes como personas biológicamente imperfectas y que necesitan ser arregladas para asimilarse en la normalidad teórica dada por un modelo meramente cuantitativo. Para ellos su planteamiento es intermedio, reconocer a las personas con diversidad funcional como diferentes, con características diferentes que en el entorno realizan las mismas funciones de una forma diferente o a través de terceros.

El término diversidad funcional describe la realidad de una persona que funciona diferente o diversa de la mayoría de la sociedad. Definen cada componente del término, siendo diversidad lo variado, la semejanza y la diferencia, Refiriéndose a la semejanza con lo habitual en la mayoría de las estadísticas de la especie humana. Función se define como el actuar de los seres vivos y sus órganos, especificando las funciones que las personas realizan habitualmente y las funciones de los órganos y partes del cuerpo. De manera que al referirse al sentido de la vista el término es **diversidad funcional visual**.

6. Metodología

La metodología de esta investigación sigue las etapas definidas por el *Design Thinking* para el proceso de diseño (**Tabla 3**). Estas son asignadas a los objetivos específicos establecidos anteriormente y se definen las posibles actividades que permiten completarlos exitosamente. Terminada cada etapa se espera obtener información que sirva como base para la siguiente, teniendo en cuenta la naturaleza iterativa y no lineal del proceso de diseño (Interaction Design Foundation, 2016). Se vuelve a etapas pasadas cuando se tiene nueva información o se necesita mejores resultados de un proceso. Esto permite obtener una solución que se acerque lo más posible a satisfacer las necesidades del usuario.

Tabla 3

Fases de la metodología de diseño para el proyecto

Objetivo 1: Reconocimiento de necesidades		
Fase 1	Empatizar	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de Ishikawa • Lista de deseos
	Definir	<ul style="list-style-type: none"> • Usuario Arquetipo • PRS
Objetivo 2: Proponer alternativas		
Fase 2	Idear	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama FAST • Diagrama Morfológico • Cuadro de valoración
Objetivo 3: Desarrollo de modelo funcional		
Fase 3	Prototipar	<ul style="list-style-type: none"> • Prototipado de verificaciones • Prototipado de modelo final
Objetivo 4: Validar la propuesta		
Fase 4	Validar	<ul style="list-style-type: none"> • Protocolo de validaciones • Informe de validaciones

Nota. Esta tabla muestra cada una de las actividades y herramientas de diseño para la metodología propuesta.

7. Desarrollo de la Fase 1: Empatizar y Definir

Empatizar, fue la primera parte de la Fase 1: A partir de la información del planteamiento del problema, la investigación a un experto y el Benchmarking, Se comenzó por dividir las secciones del problema en distritos factores usando la herramienta del Diagrama de Ishikawa. Luego, con los usuarios como informantes, se detectaron los problemas y necesidades mediante una encuesta en formato de Lista de deseos. Para la segunda parte de la Fase 1, Definir: Su usó el Usuario arquetipo basado en entrevistas a los posibles usuarios. Luego, se establecieron los requerimientos de producto o *Product Requirement Specification*.

7.1 Factores causales

En la investigación para el **planteamiento del problema** se encontraron diferentes situaciones que contribuyen al problema. Además, se realizó una entrevista con un experto que analizó la situación desde su experiencia enseñando a estudiantes con diversidad funcional visual. Las causas resultantes de estas actividades se presentan en el diagrama de Ishikawa (**Figura 10**).

7.1.1 Entrevista a experto

Mediante la asistencia de la Biblioteca Gabriel Turbay se realizó la entrevista con la profesional Erika Tretina Sarmiento, de 33 años, licenciada en educación básica con énfasis en ciencias naturales y educación ambiental. En el momento de la entrevista estaba cursando una maestría en educación para la inclusión y la discapacidad. Con su experiencia laborando como tallerista y docente del área de inclusión del Instituto de Cultura en la biblioteca se hizo la entrevista no estructurada (**Tabla 4**). En ella se cubren las categorías de problemas, necesidades, deseos y posibles soluciones de la situación de aprendizaje de los estudiantes con discapacidad visual.

Tabla 4

Respuestas de la entrevista con la experta, profesora Erika Sarmiento

PROBLEMAS	NECESIDADES	DESEOS	POSIBLES SOLUCIONES
<ul style="list-style-type: none"> - A los adolescentes no les gusta estudiar ni física ni química. - No es culpa del estudiante la desmotivación, no hay docentes especializados para atender a estudiantes con discapacidad. - En la clase tradicional, el profesor explica en el tablero conforme a lo que va diagramando, pero no hace una descripción detallada del contenido. Un niño con discapacidad visual, que solamente escucha, y al que no se le describe el entorno en el que está, deja de poner atención. - No todos los docentes saben manejo de braille, manejo de altos relieves, bajos relieves, estrategias pedagógicas y didácticas para que ellos se motiven por ese contenido curricular como algo agradable. - No hay materiales o recursos pedagógicos de este tipo en el plantel educativo. - Al no tener una comprensión del área por la falta de recursos, el estudiante tiene bajo rendimiento y pierde el área o el año. También, lo pueden pasar de año sin adquirir las habilidades necesarias. - Se limita a un ajuste razonable que lo define el profesor. 	<ul style="list-style-type: none"> - Contar con sensores, micrófonos o voces. Para qué los sentidos que más se utilizan que son el tacto y el oído estén presentes en el tema. Debe ser agradable al tacto. - Buscar formas táctiles y sonoras de informarle de las medidas y unidades reales de los esquemas en los ejercicios. - Entender la tabla de conversión de unidades teniendo en cuenta que se necesitan para calcular los valores de las variables. Según el sistema internacional de las unidades. - Se necesita que comprendan el SIU. Comúnmente se usan objetos como piedras, varas o esferas pequeñas para que se guíen mediante el tacto y ubiquen los objetos. Sin una referencia táctil para ellos sería "al aire". Es difícil hacerse un esquema mental ordenado con instrucciones de izquierda o derecha, de situar en una línea recta sin referencia que le ayuden a organizarlo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Que no sea pesado sino liviano, para cargar el dispositivo porque si es muy pesado el estudiante no lo lleva. - Que sea diferenciado con diferentes texturas, señalar en braille y que las instrucciones sean en braille o que vengan en audio, para que el estudiante pueda escucharlo antes de usarlo, poder hacer una exploración táctil para comprender sus partes y los usos. - Es necesario que el docente entienda como se usa el dispositivo y su propósito e instruya al estudiante cuando se usa en el contexto de la clase. - Estructural y estéticamente sencillo. No es de tanta decoración para el caso del ciego. El color es irrelevante en ese caso. - Para el caso del estudiante con discapacidad visual, baja visión, sería con unas marcaciones en macro tipo. - Debería poder transformar las unidades y resolver otros problemas de graficas que no estén propuestos en el kit. - Entender que kilómetro, metro, decámetro son diferentes y se convierten entre sí. Que hacen parte de un mismo sistema o tabla y cómo se relacionan entre sí. Que maneje todas las unidades. 	<ul style="list-style-type: none"> - Para simular la recta de las unidades, lo que se hace es usar objetos y posicionarlos para representar las unidades y sus conversiones. Definir cuál será el punto de referencia de la unidad que se quiere que convierta y contar cuantos puesto hay hasta la otra unidad en la que se va a transformar el valor. Usa instrucciones de derecha e izquierda y posiciones. Logran hallar el decámetro, el otro el hectómetro, el otro el kilómetro, y el objetivo es que contando los espacios puedan determinar la cantidad de ceros a añadir a la magnitud que se quiere convertir. - Para las guías, el docente debería dejar que el estudiante tuviera el computador en el aula.

7.1.2 Productos en el mercado Benchmarking

Se consultaron investigaciones de proyectos en donde se desarrollan herramientas y objetos de aprendizaje en gráficas o matemáticas para las personas con DFV. Se analizaron las ventajas y desventajas de estos y se presentaron los resultados en la **Tabla 5** y la **Tabla 6**.

Tabla 5

Estudio de mercado 1

VITAL (2018) Aplicación para tableta que representa gráficas de datos (Hahn et al. 2019). Cuenta con seis gráficos: recta numérica, tabla, gráfico circular, gráfico de barras, gráfico de líneas y mapa. Las señales se activan al tocar el elemento. Los datos y leyendas usan el narrador. Diferentes patrones de vibración sirven para identificar los elementos gráficos. Los elementos que necesitan énfasis se hacen con sonidos. La tableta se cercó con barras y seis esferas de goma para que el usuario no se salga del área táctil.

Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> - Al usar el narrador para letras y números brinda autonomía al usuario. - Diferentes patrones de vibración y sonidos. - Transporte fácil por sus pocos elementos. - Accesible económicamente ya que es virtual. 	Desventajas
		<ul style="list-style-type: none"> - Usuario no puede editar o hacer su propio gráfico. - Necesita programar cada nuevo gráfico. - Representación en dos dimensiones.

ICETA, de Pires et al. (2022). Una interfaz multimodal tangible que usa bloques reales para representar números y **Logarín**, un juego de audio para usar con los bloques para entrenar matemáticas. La interfaz consta de un portátil con cámara web, una pieza 3D impresa con un espejo para reflejar los bloques hacia la cámara, los bloques con códigos, una bandeja de madera que delimita el área de trabajo y una empaque. Los bloques tienen forma circular y están unidos entre sí en conjuntos del uno al cinco. Los códigos de barra circulares se encuentran adheridos a la cara superior del bloque para ser leídos por la cámara. Por el costado tienen el número en braille que los identifican.

Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> - Actividad que usa objetos físicos para interactuar. - Uso de sonido, formas y braille. - Transporte fácil por sus pocos elementos. 	Desventajas
		<ul style="list-style-type: none"> - Área limitada para interactuar. - Uso individual. - Se hacen cálculos pero no gráficas.

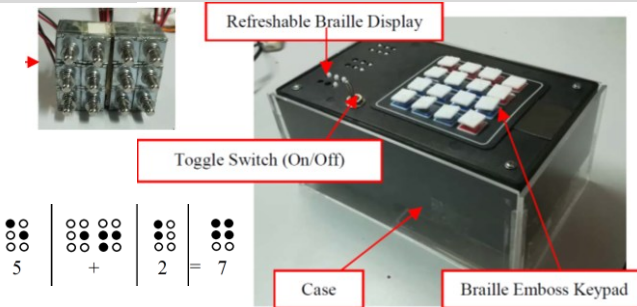
Fuente: La autora basada en Hahn et al. (2019) y Pires et al. (2022).

Tabla 6

Estudio de mercado 2

Aprendiendo con pesos, Ramos Aguiar et al. (2023), La aplicación diseñada tiene el objetivo de enseñar la moneda mexicana a personas ciegas utilizando interfaces tangible. Está compuesta de dos secciones principales. En la primera sección se muestra la descripción de diferentes monedas o pesos de México. El usuario posiciona una ficha con la moneda adherida en la superficie transparente, luego la aplicación lo reconoce y por medio de audio le dice características físicas y la cantidad que representa. La segunda sección se compone de una serie de problemas matemáticos. Esto busca simular posibles eventos que se puedan encontrar en el mundo real. En esta parte se otorgan logros respondiendo las preguntas correctamente usando los objetos tangibles.

		
<p>Ventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Problemas de un contexto real que ayudan a afianzar el aprendizaje. - Logros, sonidos característicos y diferentes texturas. - Amplio rango de edad de los usuarios. 	<p>Desventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sistema que necesita un gran espacio y preinstalación por terceros. - Uso de un solo jugador a la vez. - Ejercicios limitados. 	






		<p>Modulo de Braille numérico, Tahir et al. (2019). Cuenta con una pantalla de braille refrescable para tres caracteres de 6 puntos. Con solenoides e impresión 3D se hicieron los puntos en relieve accionados cuando se presiona una tecla. El teclado cuenta con relieve en braille en cada tecla, con los números de 0 al 9 y las operaciones de "+", "-", "x". También se agrego un botón de borrar "<" y el igual "=",. Una vez introducido un carácter, este se muestra en la pantalla de braille en relieve. De igual forma se muestra la respuesta de la operación. Es controlado por Arduino.</p>
<p>Ventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Es un sistema portátil con baterías. - Producir números en braille por el usuario. - Amplia cantidad de operaciones matemáticas. - Formas fáciles de reconocer por el tacto. 	<p>Desventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Limitado a respuestas de tres cifras. - Similitudes con una calculadora con voz. - No incluye un contexto de uso. 	

Fuente: La autora basada en Ramos Aguiar et al. (2023) y Tahir et al. (2019).

En la segunda parte del análisis se listaron instrumentos y herramientas que se han usado para mejorar el proceso de aprendizaje de la población con DFV en el aula (**Tabla 7**). También se presentaron productos que se encuentran a la venta en la **Tabla 8**.

Tabla 7

Estudio de mercado 3

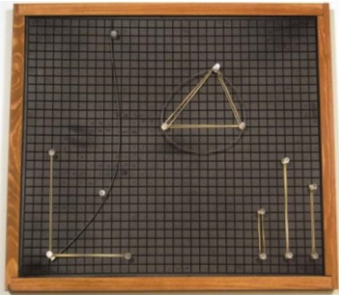
Producto	Ventajas	Desventajas
 <p>A) Uso de barrillas y esferas magnéticas para crear polígonos y aprender de sus ángulos internos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Partes bien diferenciadas por su forma. - Crear formas únicas. - Fácil y seguro de manipular. 	<ul style="list-style-type: none"> - No hay una referencia numérica en ángulos o tamaño. - Solo se hacen polígonos. - No tiene diferentes longitudes.
 <p>B1) Sistema de barras y aros para entender el concepto de cantidad en el número.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Asociación con los números en braille. - Dinámica del ejercicio entretenida. - Piezas grandes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Conceptos básicos de matemáticas. - Ocupa una área grande.
 <p>B2) Domino grande para explicar concepto de mayor o menor y el igual de los números.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Piezas seguras y fáciles de reconocer. - Dinámicas de juego. - Varios jugadores. 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de un área grande para desarrollar un juego completo. - Conceptos básico de matemáticas.
 <p>B3) Conjunto de cubos de madera para representar las unidades. Barras de decena, Placas de centena y cubo de millar.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Representación real del concepto. - Facilita la interpretación de las unidades como conjuntos de subunidades. 	<ul style="list-style-type: none"> - Los millares ocupan gran espacio. - Material astilloso si no tiene buen acabado.
 <p>C) Diagramas y gráficas de ingeniería de materiales impresas en 3D.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Reproducción exacta del gráfico. - Material polimérico de bajo peso. - Dimensiones que permiten transportarlo fácilmente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Proceso de convertir todo un libro en impresión 3D - Solo es para la lectura del material. - Textura rugosa e irregular al no hacer posprocesado de la impresión.

Fuente: La autora basada en A (Horzum & Arıkan, 2019), B (Sganzerla & Geller, 2020) Y C (Sirokman et al. (2023).

Tabla 8*Estudio de mercado 4*

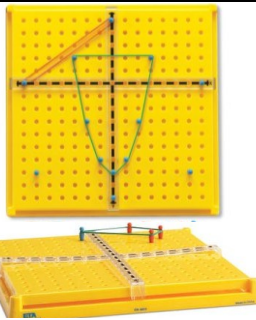
Plancha para generar relieve sobre el acetato o papel al dibujar.

Ventajas	Desventajas
- Crea gráficos propios.	- Dibujo a mano alzada.
- Uso con papel normal.	- No hay referencias numéricas.
- Pocos elementos.	



Construir gráficas de trigonometría, algebra y calculo. Se insertan alfileres en las coordenadas de la cuadrícula de caucho, se conectan con bandas elásticas o cables planos para hacer arcos.

Ventajas	Desventajas
- Cambio entre gráficas rápido.	- Alfileres con puntas afiladas.
- Funciones iniciales.	



Geoplano de plástico con la superficie perforada, pines de plástico que se unen con bandas elásticas.

Ventajas	Desventajas
- Establecer los ejes de coordenadas.	- Solo hace figuras a tensión de ligas.
- Formas seguras.	

Fuente: La autora.

7.1.3 Diagrama de Ishikawa sobre las causas del problema

El diagrama de Ishikawa se realizó para clasificar las situaciones problemáticas de la educación de cinemática lineal en estudiantes de secundaria con o sin diversidad funcional visual. Se identificaron seis categorías (**Figura 19**), en las que se distribuyen las causas del problema. Primera, el mercado de los dispositivos educativo de física que sean compatibles para que los estudiantes con DFV los usen. La segunda, qué dificultades hay en ese proceso de inclusión. La tercera, cómo es implementar un protocolo de enseñanza por la ley. La cuarta, en el contenido de

la materia se encuentran unos problemas comunes. La quinta, el material educativo tradicional presenta problemas para la población. La sexta, en las instituciones educativas, qué limitaciones de recursos hay.

Figura 19

Diagrama de Ishikawa sobre el aprendizaje de la cinemática



Fuente: La autora.

7.2 Reconocimiento de necesidades

Se trabajó con la institución educativa José Celestino Mutis, recomendada por la secretaria de educación inclusiva de Bucaramanga, ya que es una institución que regularmente trabaja con estudiantes con discapacidad visual. De acuerdo con la docente del área de física, los estudiantes

de noveno aprenden el tema de movimiento rectilíneo uniforme en el segundo semestre del año escolar. Por consiguiente, los estudiantes de décimo y once ya tuvieron la experiencia de aprender estos conceptos, por esto se realizaron las entrevistas y encuestas de diagnóstico con ellos.

7.2.1 Entrevistas de estudiantes con diversidad funcional visual

Al usar una entrevista semiestructurada, que se registró en una aplicación de grabación de audio para los estudiantes con discapacidad visual, se pudo conversar con los usuarios de manera relajada. Lo que permitió analizar su contexto de forma cualitativa y centrarse en las diferencias de la experiencia de estos estudiantes en su proceso educativo. Para esa finalidad, se propuso una actividad introductoria en la entrevista individual.

Al estudiante se le contextualizó mediante la narración de una experiencia inventada, en la que la protagonista es una estudiante de catorce años ciega que encuentra dificultades para aprender física. Luego de esto las preguntas propuestas se dividieron en las cuatro secciones: problemas, necesidades, deseos y posibles soluciones. Las preguntas buscaban que el estudiante reaccionara ante la historia narrada y encontrara las experiencias con las que se relaciona con el problema. Además, si el estudiante tenía alguna experiencia externa a la académica en la que utilice dispositivos para recibir información visual, se adicionaron preguntas detalladas al respecto.

El formato de la entrevista se encuentra en el **Apéndice A** y el consentimiento informado en el **Apéndice B**. El primer estudiante con diversidad funcional visual que se entrevistó es del grado once, del grupo 11-3 y tiene dieciséis años (**Tabla 9**).

Tabla 9

Respuestas de la entrevista al estudiante con DFV de 11

PROBLEMAS	NECESIDADES	DESEOS	POSIBLES SOLUCIONES
<ul style="list-style-type: none"> - Algunos profesores explican de una manera muy técnica, sería mejor ser más didácticos y poner en un contexto de la vida real, en el lenguaje común. - El profesor hace gráficos en el tablero, pero no hará una descripción detallada del gráfico. El profesor va a decir que tampoco sabe explicarlo de otra forma. También muchos se abruman a la hora de explicar cosas gráficas. Dicen que no, que no quieren perder el tiempo. Entonces pasan y dejan que el estudiante no lo aprenda porque es ciego y solo no hace esas actividades. - Los estudiantes creen que la física tiene un gran contenido de matemáticas y muy complicadas, pero en realidad no. En mi opinión, solo tiene fórmulas que son bastante resumidas y no son tantas operaciones. - No he usado material solo para aprender física. Tiendo a ser autodidacta. Busco contenido más descriptivo. La física tiene a relacionar las cosas que pasan en palabras, a ser descriptiva y usar el lenguaje para describir los fenómenos. - Hay dificultad con las gráficas, aunque hagan una descripción detallada del gráfico en 2D, donde va cada cosa y qué significa, es mucha información para procesar y aprender. Tienes que planear cómo se va a resolver el ejercicio y su procedimiento y también imaginar cómo es la situación. Siendo un gráfico no hay oportunidad de devolverse o de percibir los componentes cuantas veces sea necesario. - Los esquemas que representan dos estados de la posición de un objeto resulta confuso al repetirse. 	<ul style="list-style-type: none"> - La física tiene que ser vista desde la vida real, no desde el punto matemático. Si el ejercicio está relacionado con la vida real y se puede hacer algún experimento, le ayuda a entenderlo mejor y puede interesarse más con la física. - Es necesario relacionar lo visto en clase con las aplicaciones de la física. - Es necesario sentirse más cómodo usando la matemática, disminuir esa ansiedad que causa. - Serviría que dejaran la guía virtualmente. Uno la pudiera leer en Word. Que las imágenes tuvieran descripciones detalladas. - Podrían hacer la gráfica en relieve para dársela a los estudiantes ciegos. Incluir por medio de texto en braille qué cosa pertenece a cuál. Porque cuando hacen una representación, normalmente, uno toca, pero no entiende muy bien qué pertenece a qué cosa. Entonces, cómo hacer un sistema para poder identificar qué pertenece a qué cosa porque en braille ocupa mucho espacio. Entonces, si es una gráfica y tiene que colocar objetos y agregarles la masa u otras magnitudes, en braille la letra ocupa mucho más espacio. Luego la gráfica con toda la información quedaría muy grande. El sistema de braille me parece obsoleto. - Cosas que motivan es poder socializar, porque el estudiante ciego tiende a relacionarse solo con otros estudiantes ciegos. Esto ocurre porque se tiende a buscar personas que no los traten distinto o que los entiendan. Pero hablar con otras personas es motivador. 	<ul style="list-style-type: none"> - ¿Si tuviéramos un objeto y lo tuviéramos que mover, sobre qué lo moverían, sobre qué guía? Porque si usted lo mueve y tiene cierto sonido, cierta característica, que pueda hacer divertido, cómo estímulo sonoro, si fueran carros deportivos y los sonidos de los choques; Y que uno pueda manipularlo a su antojo, como un carro, tiene una pista. Pero sería bueno no fuera solamente uno en sí, sino que se pudiera moldear o hacer ciertos escenarios. De armar. Que transmita ese realismo de la física por sus estructuras. Por ejemplo, que sean como el peso, oscila, características físicas puedan percibirse en esos mini escenarios. - Si es tipo juego del computador el sistema de sonido debe hacerlo con auriculares. Puede usar la calidad estéreo para direccionar al usuario, reproduciendo el sonido en distintas direcciones. - Si quieres avanzar en el juego tienes que aprender ciertos conceptos básicos de la física, como <i>puzzles</i> utilizando ciertos conceptos. - El sonido es una realimentación más directa. Y para el tacto, es mejor la manipulación de cosas grandes, no es tanto el esfuerzo de sentir algo diminuto. 	<ul style="list-style-type: none"> - La máquina de Perkins. Es una máquina de escribir, pero en braille. Pero la máquina de escribir pesa mucho. Es muy cara, incómoda y es grande. - Usa la regleta de braille de 27 líneas para no cambiar de posición la hoja. Es más rápido. - Existen los audio-juegos. La página es <i>fiflojuegos</i>. Solo con el audio usted puede hacer que el juego, sea tanto en 2D o en 3D. Con audífonos el sonido crea una sensación de dimensiones. - Jugué <i>Swamp</i>. Es en 3D. Un juego de matar zombies. Va escuchando si vienen de atrás, de adelante, de la derecha, de la izquierda. Más lejos más cerca. Funciona mejor con audífonos. Sí, por el mapa, te chocas con algo, te dice básicamente dónde estás o puedes revisar, en qué lugar del mapa estás. En qué lugares hay, en qué dirección están. Para conseguir cosas en el juego, tienes que ir a ciertas partes. Pero puedes deambular por el mapa libremente. - <i>Misty Wall</i>. Es un juego online. Es un juego de rol en el que usted elige ser un mago, un orco, un asesino o un cazador. Te equipas y vas por todo el mapa, hablando con NPCs. Vas aumentando el nivel de tu personaje, adquiriendo cosas. - <i>BK3</i>, es un juego en 2D. Avanzas y tienes que ir matando unos monstruos. Tiene historia y cuando te acerques a una puerta o una llave o un objeto que tengas que recoger, hay un pitido que mientras te vas acercando, más se va moviendo hasta llegar al centro y lo puedes recoger. Cada monstruo tiene su propio sonido.

El segundo estudiante con diversidad funcional visual que se entrevistó es del grado décimo, del grupo 10-2 y tiene catorce años (**Tabla 10**).

Tabla 10

Respuestas de la entrevista al estudiante con DFV de 10

PROBLEMAS	NECESIDADES	DESEOS	POSIBLES SOLUCIONES
<ul style="list-style-type: none"> - Los métodos de aprendizaje son muy pocos para estos estudiantes. Falta de recursos. - A veces no tienen suficiente apoyo o supervisión de sus padres. - Las imágenes o dibujos me dificultan el procedimiento. En mi experiencia para graficar en el plano cartesiano la velocidad o el desplazamiento, no sabía cómo relacionar el punto, desde el centro del eje. Era un material donde se dibuja por un lado la hoja y al voltearla se sienten los puntos, como líneas rectas. - Los materiales necesitan tiempo para aprender a usarlos, la tabla de dibujo. Si no hay la experiencia no se sabe cómo hacer la actividad. Hay que aprender a usar reglas. - Hay profesores que mandan a los estudiantes a buscar cómo presentar los trabajos de otra forma. 	<ul style="list-style-type: none"> - Hacer algo más didáctico, más comprensible y que haga que guste más la materia. - Se necesita apoyo para relacionar esas cosas de la vida real con la física. - Ejercicios que traten de cosas interesantes y familiares. Contextos más de la vida real. - Los ejercicios que colocan, a veces no se entiende las explicaciones. - Se necesita más recursos en braille y relieve que sean accesibles a los chicos que lo necesitan. 	<ul style="list-style-type: none"> - Me gusta la producción musical, los sonidos. - Uso la computadora para tocar instrumentos. - El poder explorar libremente brinda alegría. Por ejemplo, cuando entra a una página y descubres todo lo que hay ahí, todos los componentes que tiene y si hay algo accesible en ella para interactuar. - Me gusta cuando puedo innovar. Me gusta crear. 	<ul style="list-style-type: none"> - Los materiales de audio o relieve son buenos. Los documentos Word o tablas en Excel. El uso del JAWS permite devolverse y explorar los documentos mediante el audio. - Los programas para escribir por voz. - La máquina de escribir de braille, que uso frecuentemente. - Compases, reglas, compás pequeño y los sistemas de dibujo a mano para relieve. - Las escuadras tiene puntos que te van indicando que cada punto es un centímetro. Te dan retroalimentación con la forma cuando va dibujado. - Roblox, es un juego accesible. Dentro existe el mini juego Bloodsweep y Arsenal. Corres a la cima de un gran arsenal de armas. Si derrotas a los altos mandos, te dan algo para intercambiar. O subes de nivel. - En doulingo, existen las ligas, ranking y las rachas. - Me gusta más el audio, es más didáctico, cuando uno puede crear el audio.

7.2.2 Encuesta diagnóstica al grado 11-3

Para detectar las dificultades en el proceso de aprendizaje del movimiento rectilíneo uniforme se eligió el grupo 11-3. Estos estudiantes ya vieron el MRU en noveno, aparte este grupo estudia con uno de los estudiantes con diversidad funcional visual entrevistados. La encuesta se reparte en formato físico, en la primera clase del día. Se les pidió a los estudiantes que la rellenen con lápiz o en su defecto lapicero y al final de la actividad se les recompensó con un dulce. Se

consiguieron 35 respuestas del grupo que se digitalizaron mediante Formularios de Google y luego se analizaron con Excel. El formato de la encuesta se encuentra en el **Apéndice C**. En la **Figura 20**, se muestra la evidencia de la prueba realizada.

Figura 20

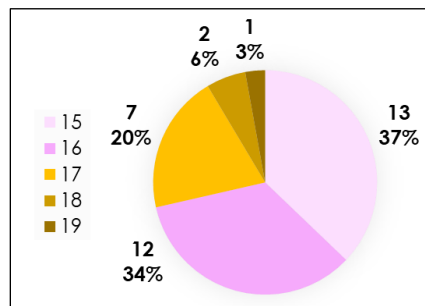
Fotografía de los estudiantes del grupo 11-3 haciendo la encuesta



A continuación, se presentan los resultados de las preguntas cuantitativas en forma de gráficos. La muestra consistió en 35 estudiantes, 71% hombres. En la **Figura 21** se resume el grupo etáreo de la muestra, que varió entre los 15 a 19 años.

Figura 21

Estudiantes por edades en el grupo 11-3

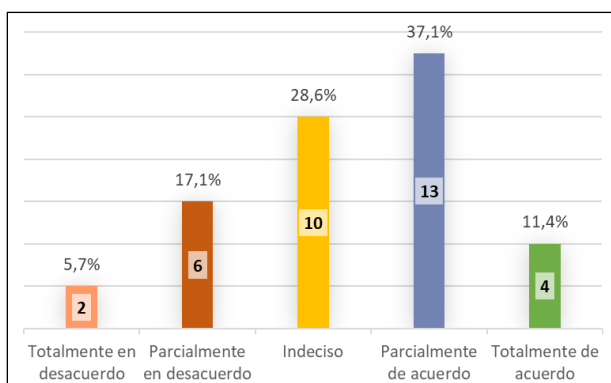


Fuente: La autora.

La primera pregunta fue: "Marque cómo se siente respecto al enunciado: Cuando me enseñaron el MRU en mis clases, lo aprendí completamente". Trata sobre el estado de conocimiento del tema por parte del estudiante, de acuerdo con su experiencia en la institución. En la **Figura 22**, los resultados muestran que el mayor porcentaje de participantes, 37,1% eligió “parcialmente de acuerdo” con el enunciado, lo que es una respuesta positiva en cuanto a los conocimientos adquiridos. No obstante, la segunda opción más elegida fue “indeciso”, con un porcentaje de 28,6%, y sólo cuatro estudiantes afirmaron que lo aprendieron completamente.

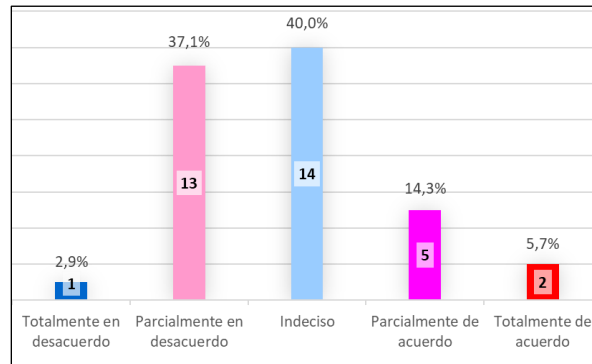
Figura 22

Respuestas de pregunta 1 de encuesta al grupo 11-3

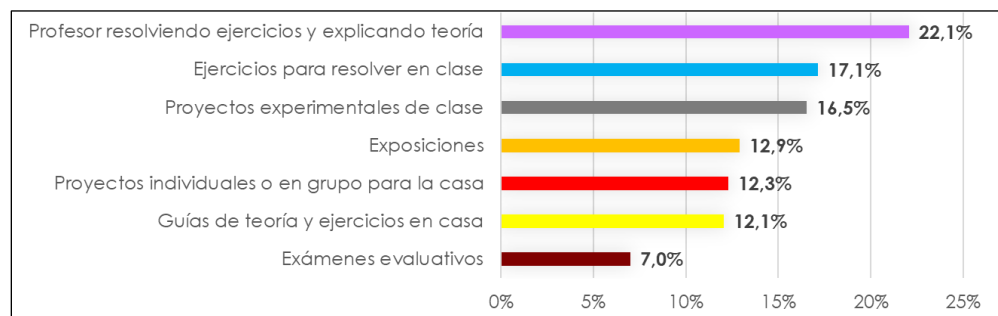


Fuente: La autora.

En la pregunta dos, se pudo apreciar las opiniones referentes a las actividades que realizaron en el curso (**Figura 23**). Las respuestas a “Marque cómo se siente respecto al enunciado: Con todas las actividades y estrategias de la clase de MRU, aprendí fácilmente” mostró que un 40% de los estudiantes se sintieron indecisos entre si las actividades que se les aplicaron les permitieron aprender fácilmente o se convirtieron en obstáculos para su aprendizaje. En segunda instancia un 37,1% se consideró “Parcialmente en desacuerdo”, una opinión negativa de la facilidad de las actividades en clase.

Figura 23*Respuestas de pregunta 2 de encuesta al grupo 11-3**Fuente:* La autora.

Para definir con qué actividades sentían los estudiantes que afianzaban bien sus aprendizajes, se les pidió que asignen una valoración, siendo 1 el mejor, a una lista con actividades comunes en la clase de física. En la **Figura 24**, se encuentran las respuestas a la pregunta tres “Enumere siendo 1 el mejor, con cuáles de estas actividades se aprende mejor el MRU”. Las respuestas mostraron que preferían una buena explicación del profesor y resolver ejercicios en clase con la posibilidad de hacer preguntas. Además, en tercer lugar, quedó la experimentación de los fenómenos físicos, pero mediante la guía del profesor.

Figura 24*Respuestas de pregunta 3 de encuesta al grupo 11-3**Fuente:* La autora.

En cuanto a cuáles temas son más difíciles para los estudiantes, se les pidió que asignaran una calificación a cada tema. En la **Figura 25**, se encuentran las respuestas a la pregunta cinco: “Enumere, siendo 1 el peor, cuáles de las partes del MRU fueron más difíciles de aprender”. En las respuestas, fue el proceso algebraico y matemático que hace parte de la resolución de los problemas propuestos en los ejercicios, lo que los estudiantes encontraron más difícil. En segundo lugar, encontrar las variables físicas en problemas reales. Tercero, entender las ecuaciones del tema. Para el puesto cuarto y quinto eligieron, la argumentación de los conceptos y la deducción de las magnitudes a través de los gráficos de movimiento cinemático.

Figura 25

Respuestas de pregunta 5 de encuesta al grupo 11-3



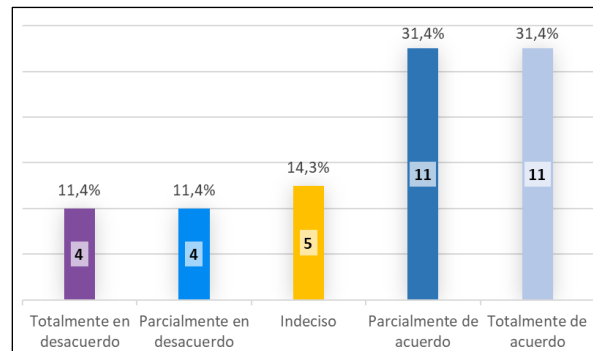
Fuente: La autora.

La octava pregunta fue: “Marque cómo se siente respecto al enunciado: Es bueno que la nota del curso dependa de otras actividades, aparte de los exámenes”. En donde se buscó saber qué tan abiertos estaban los estudiantes a invertir su tiempo en actividades distintas a las ordinarias en clase, que los recompensaran con puntos académicos. En la **Figura 26**, se muestra que la respuesta

más elegida fue positiva, siendo “Parcialmente de acuerdo” y “Totalmente de acuerdo”, que juntas suman el 62,8% del grupo.

Figura 26

Respuestas de pregunta 8 de encuesta al grupo 11-3

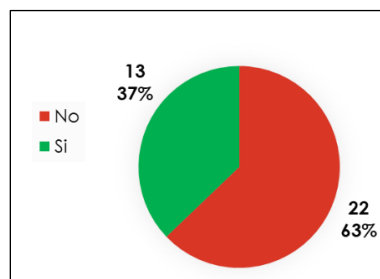


Fuente: La autora.

En la diez, se le preguntó al estudiante si ha utilizado algún tipo de juguete o material educativo, y cuáles fueron. En las respuestas de la **Figura 27**, aunque la mayoría no ha usado los productos mencionados, hay un 37% de estudiantes que si los han utilizado. La **Figura 28**, muestra que los juguetes que más han usado fueron los de magnetismo o circuitos, los libros de inglés con audios interactivo y el operando. Además, aunque en menor medida, hay estudiantes que conocían juguetes más especializados como el Legos de programación o Arduino.

Figura 27

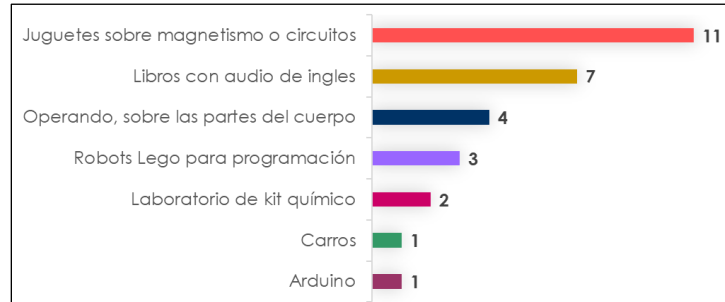
Respuestas primera parte pregunta 10 de encuesta al grupo 11-3



Fuente: La autora.

Figura 28

Respuestas segunda parte pregunta 10 de encuesta al grupo 11-3

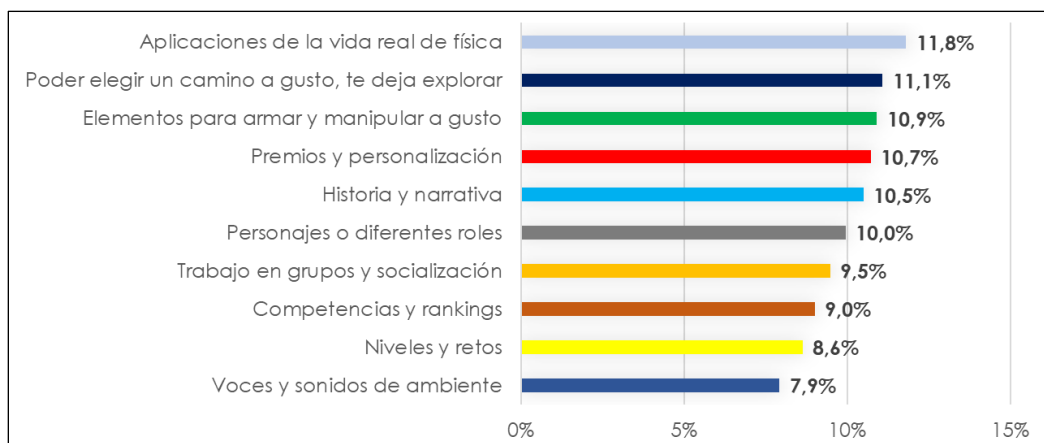


Fuente: La autora.

En la pregunta doce, se distinguió cuáles son las mecánicas preferidas por los estudiantes que se deben utilizar en el material didáctico. La **Figura 29**, presenta las respuestas a la pregunta “Marca las que consideras características de este juguete, enuméralas siendo 1 la más importante.” En donde la característica más importante fue que las dinámicas de juego traten sobre aplicaciones de la física en la vida real. La siguiente fue que haya una posibilidad de elegir el desarrollo de la actividad.

Figura 29

Respuestas de pregunta 12 de encuesta al grupo 11-3

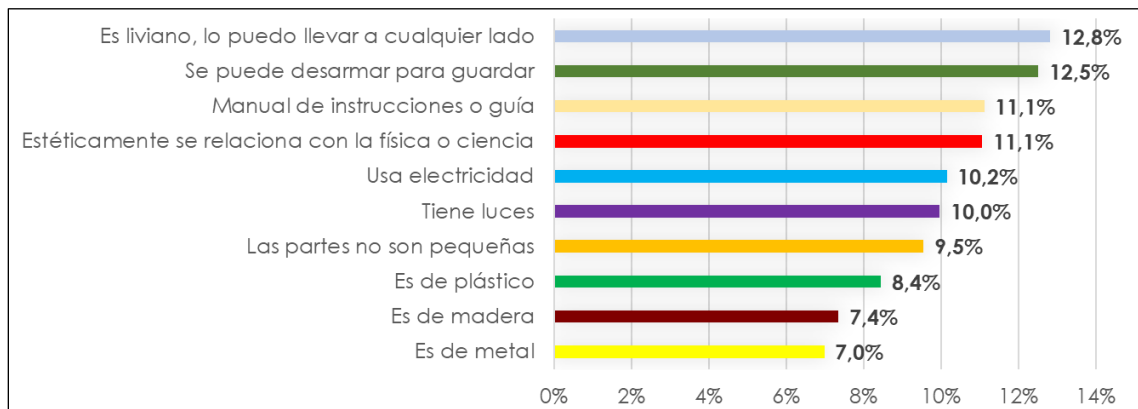


Fuente: La autora.

Para las características físicas del material, en la **Figura 30** se presentan las respuestas a la pregunta trece “Marca las que consideras características de este juguete, enuméralas siendo 1 la más importante”. El peso del dispositivo fue el factor más importante para los estudiantes, para facilitar el transporte, le siguió que sus componentes se desarmen para ser contenidos. Otro aspecto importante fue el manual o guía del dispositivo y que estéticamente se relacionen con la física cinemática.

Figura 30

Respuestas de pregunta 13 de encuesta al grupo 11-3

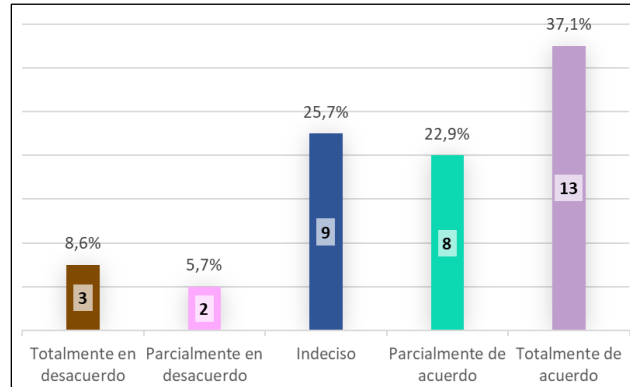


Fuente: La autora.

La pregunta catorce fue: “Marque cómo se siente respecto al enunciado: Cuando comparto respuestas con mis compañeros, aprendo más.” pretendía saber la percepción de los estudiantes respecto al trabajo en grupos. Según los estudiantes en la **Figura 31**, había percepción positiva del trabajo en equipo, considerando que un 37% de los estudiantes estuvo completamente de acuerdo con el enunciado. Un 22% estuvo parcialmente de acuerdo.

Figura 31

Respuestas de pregunta 14 de encuesta al grupo 11-3

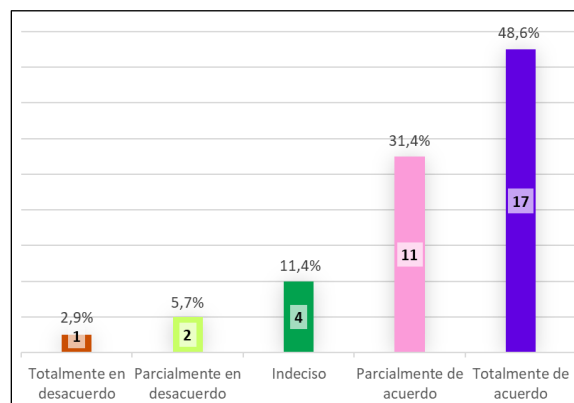


Fuente: La autora.

En la pregunta número quince, que decía: "Marque cómo se siente respecto al enunciado: Cuando tengo un objeto físico o un experimento, entiendo más que con un esquema de ejercicio en papel", se determinó la necesidad de elementos físicos para el desarrollo del estudio del movimiento. Un 49% estuvo totalmente de acuerdo y el 31% parcialmente de acuerdo con este enunciado como se muestra en la **Figura 32**.

Figura 32

Respuestas de pregunta 15 de encuesta al grupo 11-3

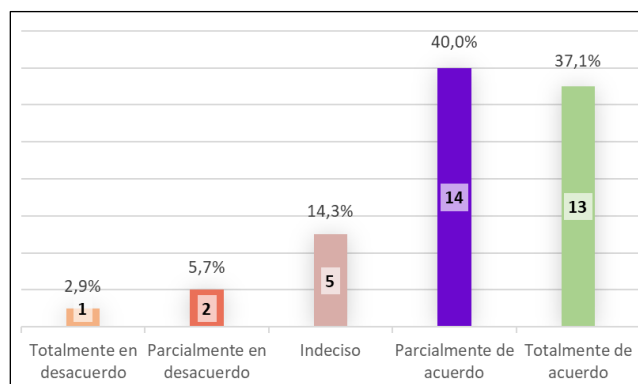


Fuente: La autora.

La pregunta dieciséis buscó cómo deben abordarse los problemas propuestos, como dice: "Marque cómo se siente respecto al enunciado: Entiendo mejor los ejercicios con contextos de la vida real". El 40% estudiantes respondieron que se sentían parcialmente de acuerdo con el enunciado y 37% totalmente de acuerdo. Por favor, ver la **Figura 33**.

Figura 33

Respuestas de pregunta 16 de encuesta al grupo 11-3

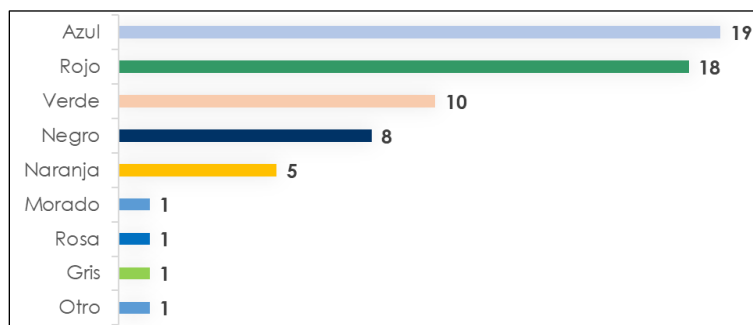


Fuente: La autora.

En la pregunta diecinueve “Marca qué colores relacionas con la física cinemática” se obtuvo qué colores los estudiantes asocian con la física, siendo Azul y Rojo los más votados como se muestra en la **Figura 34**.

Figura 34

Respuestas de pregunta 19 de encuesta al grupo 11-3

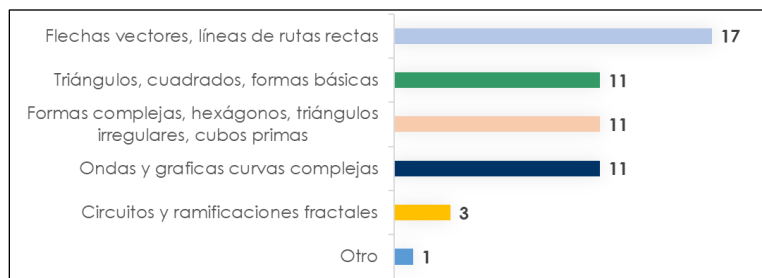


Fuente: La autora.

La pregunta veinte fue: “Marca que tipo de formas las relacionas con la física cinemática” se observó una tendencia en el estilo visual que los estudiantes relacionaran con el tema. En la **Figura 35**, se muestra que los estudiantes preferían líneas rectas y flechas de estilo vectorial.

Figura 35

Respuestas de pregunta 20 de encuesta al grupo 11-3

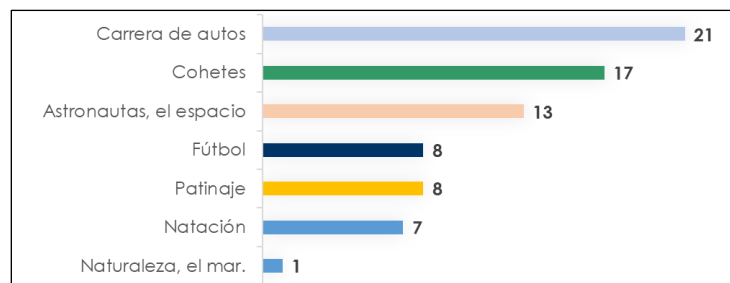


Fuente: La autora.

La pregunta veintiuno decía: “De qué temáticas puede ser un material didáctico de cinemática”. La **Figura 36** muestra que fue el tema de carros de carrera, cohetes y naves espaciales.

Figura 36

Respuestas de pregunta 21 de encuesta al grupo 11-3



Fuente: La autora.

7.2.3 Lista de deseos general

Las preguntas cualitativas 4, 6, 7, 9, 11, 17 y 18 de la encuesta se presentan en el cuadro de listas de deseos, ver **Tabla 11**. Se recogen las respuestas de todos los estudiantes en diferentes aspectos del problema usando las cuatro categorías de la lista de deseos.

Tabla 11*Respuestas abiertas de la encuesta al grupo 11-3*

PROBLEMAS	NECESIDADES	DESEOS	POSIBLES SOLUCIONES
<ul style="list-style-type: none"> - Encuentro las evaluaciones y algunos proyectos difíciles. - No entiendo las explicaciones de algunos profesores, no son claros. - Hay poco tiempo para aprenderlo, dejan el tema inconcluso. - No entiendo las magnitudes. - Los trabajos en grupo no permiten que uno desarrolle su propio aprendizaje. - Las exposiciones me causan ansiedad. - Puede ser aburrido, contiene mucho texto. - Hay que recordar parámetros y formulas, el significado de cada letra en las ecuaciones. - Formular las ecuaciones de los problemas. - Siento que hay que memorizar mucho. - Algunos maestros solo lo ponen a copiar y no hacen nada didáctico. - Es difícil colocar atención en clase. - No entiendo las gráficas y proceso algebraicos. - Estos ejercicios son difíciles de entender, pues se hacen pocas clases y pocos ejercicios, y se pasa a otro tema. - Hay mucho trabajo para la casa, pero poca explicación. - Se hacen muy pocos experimentos. - A veces cuando se necesita hacer algo diferente, a estar toda una hora leyendo un problema que, aunque imaginamos ese problema, no podemos describir concretamente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Me gustaría que fueran más didácticos haciendo ejemplos con material físico - Es complejo comprender todo en un período corto. - Encuentro difícil relacionar problemas reales con variables físicas. - Algunos profesores no tienen la mejor manera de enseñar. - Hay que tomarse más tiempo para explicarlo. - Los procedimientos necesitan varios pasos e información a tener en cuenta para la solución. - Entender mejor la conversión de unidades. - Hay que hacerla menos aburrida. - Hay que mejorar el proceso algebraico y el matemático, sus ecuaciones. - El comprender las ecuaciones cómo remplazarlas para graficarlas. - Siento que no aprendo completamente. - No sé cómo argumentar mis respuestas. - Poner la física en planos reales y cotidianos. Entender que está presente en todo y es interesante. - Buscar formas de hacerla más fácil de aprender. - Con un juego se puede tranquilizar la forma de aprender, despertar el interés y discutir en grupo. Es más activo. - Se puede motivar con competitividad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Actividades de sorteo. - Ser prácticos y funcionales. - Donde cada uno tenga sus propios datos y pueda ser guiado por el profesor. Es más divertido y se recordará con facilidad. - Usar guías, videos y juegos. - Que sean objetos que uno puede manipular. - Que los ejercicios sean dinámicos. - Poder exponer el tema. - Que trate de carros o cañones. - Hacerlo más didáctico para que sea divertido. - Que trate de motos o carros. - Que se pueda experimentar con él. - Explicaciones con maquetas de objetos actuales o antiguos. Sin textos escritos. - Que tenga guía en imágenes de cómo se da y como cada parte pertenece a las fórmulas. - Con experimentos libres sin presión de la nota. - Que permita ser interactivo con la física. - Un juego de carros con puntos claves para poder entretenerse, con botones que le permita avanzar, una pista de carros interactiva. - Explicación al final. - Cosas más llamativas. - Quisiera que la física me diera oportunidades de salir adelante. - Que trate de la Nasa. - Arte, perspectiva y animación de objetos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Con experimentos en clase aprendo nuevas cosas. - Con experimentos es más divertida y fácil de aprender la física. - Las maquetas funcionales permiten comprender completamente. - Los trabajos en grupo permiten dialogar con los compañeros. - Hacer trabajos para exponer en la feria de la ciencia. - Cuando hacemos proyectos en grupo se puede hacer la clase dinámica y se hace más fácil entender los conceptos y su aplicación. - Los proyectos interesantes son más fáciles de aprender. - Me gusta exponer proyectos de física o exposiciones del tema. - Experimentos, sobre la ley de Hooke, acción y reacción y con reacciones químicas. - Los experimentos permiten ser más compañerista y trabajar en equipo. - Me gustan los planos cartesianos y los esquemas. - Me gustan los vectores.

7.3 Definición de usuarios

Para hacer la caracterización de los usuarios se entrevistaron a los roles relacionados con el dispositivo didáctico. El usuario principal fue el estudiante quien aprendió usando el dispositivo.

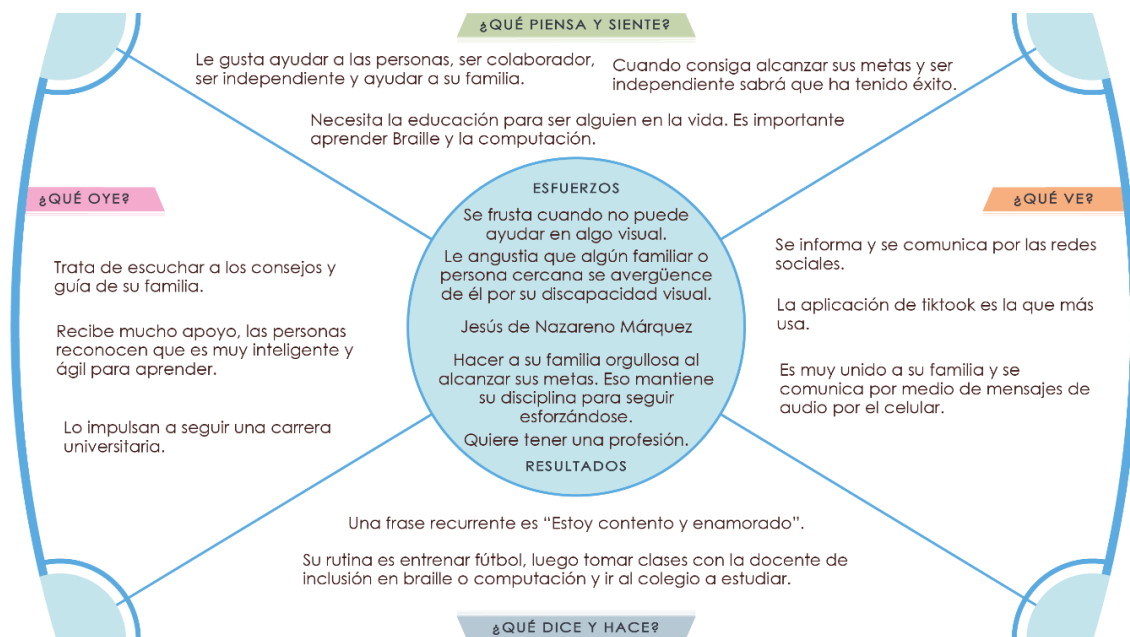
El usuario secundario fue el docente quien estaba en contacto con el juguete dependiendo de la estrategia de enseñanza para sus clases o de los recursos de la institución educativa. Por último, un tercer usuario, la madre del estudiante que hizo de cliente con el poder adquisitivo para comprar el material didáctico.

7.3.1 Mapas de empatía

Las entrevistas se hicieron usando el mapa de empatía que permitió conocer los diferentes factores cualitativos del usuario con respecto a la problemática. En la **Figura 37**, se muestra el mapa de empatía del estudiante Jesús Nazareno Márquez. En la **Figura 38** el de la docente Erika Sarmiento. Por último, en la **Figura 39**, el de la madre del estudiante, Darcy Márquez.

Figura 37

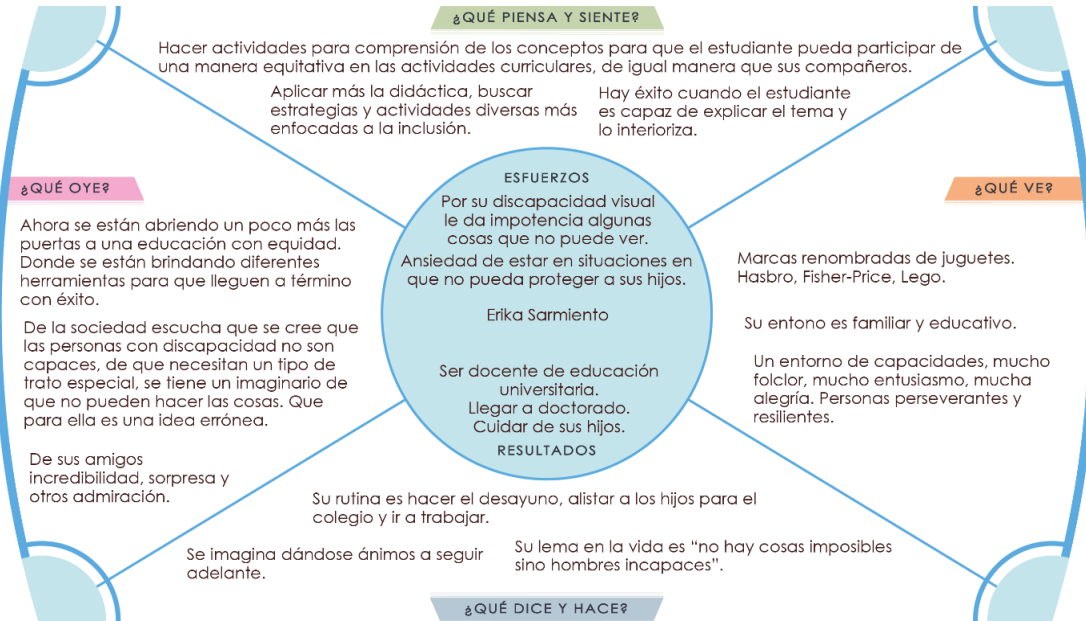
Mapa de empatía del estudiante Jesús Nazareno Márquez



Fuente: La autora.

Figura 38

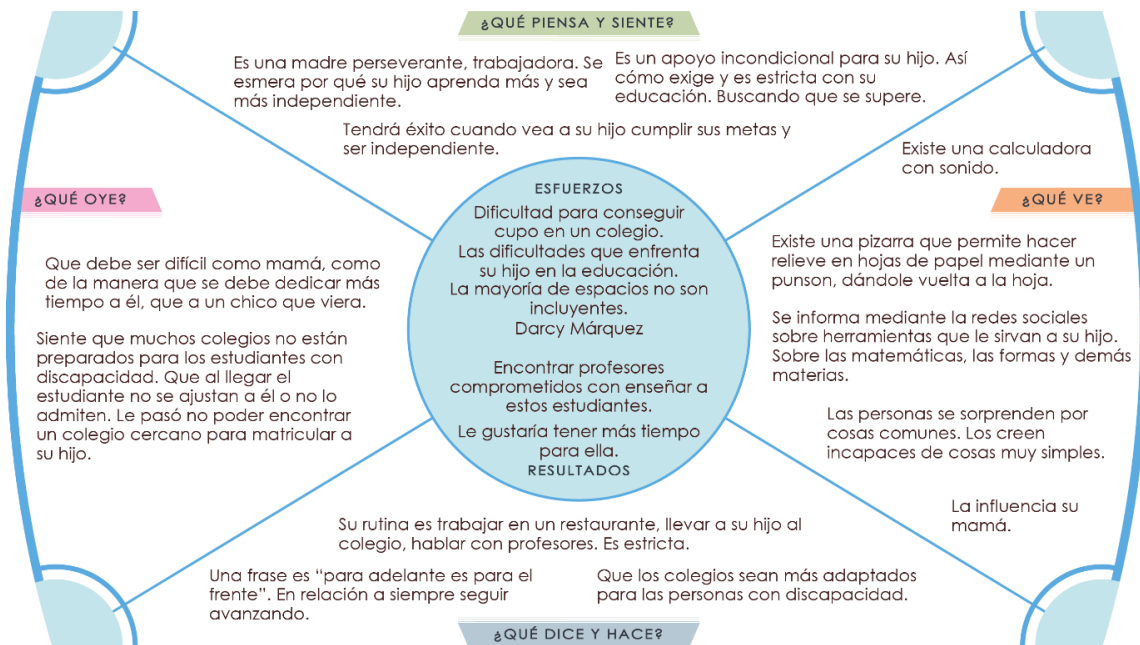
Mapa de empatía de la docente Erika Sarmiento



Fuente: La autora.

Figura 39

Mapa de empatía de la madre del estudiante Darcy Márquez



Fuente: La autora.

7.3.2 Usuarios arquetipo

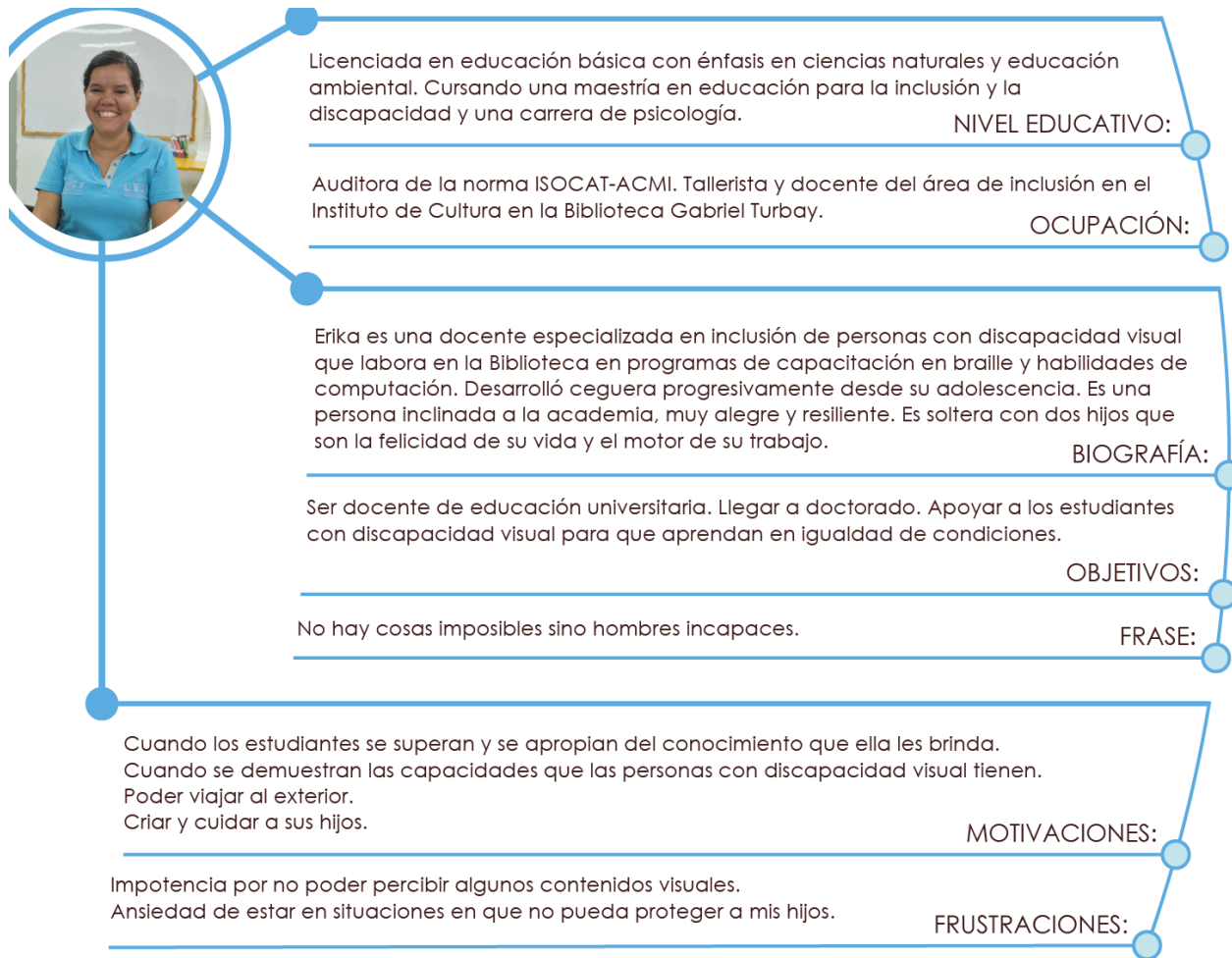
Se definieron las características de los usuarios usando los Mapas de Empatía. En la **Figura 40**, se muestra el usuario arquetipo del estudiante Jesús Nazareno Márquez. La **Figura 41** es el usuario arquetipo de la docente Erika Sarmiento. Por último, la **Figura 42**, es de la madre del estudiante, Darcy Márquez.

Figura 40

Usuario arquetipo del estudiante Jesús Nazareno Márquez.



Fuente: La autora.

Figura 41*Usuario arquetipo de la docente Erika Sarmiento*

Fuente: La autora.

Figura 42

Usuario arquetipo de la madre del estudiante Darcy Márquez.



Fuente: La autora.

7.4 Definición de Especificación de Requerimientos de Producto

Con las actividades de Empatizar se determinaron unos parámetros que el producto debe cumplir para desempeñar su función (**Tabla 12**). A partir de la entrevista con el Experto, el diagrama de Ishikawa, las entrevistas y encuestas se lograron proponer características físicas del producto en cuanto a material, función, uso, entre otras. Adicionalmente se consultaron los parámetros determinantes para la seguridad de la población adolescente para un material educativo, así como las determinaciones de accesibilidad para la población con discapacidad visual.

Tabla 12*Cuadro de requerimientos y parámetros*

COD	Categoría	Descripción	Unidad de medida	Valor de aceptación	Parte	Test	#
US01	USO	Previa exploración táctil de sus partes y definición de su uso en el material.	Usuarios	Positivo	Total	Encuesta de percepción	5
US02	USO	Facilitar el desarrollo algebraico y matemático.	Usuarios	Positivo	Total	Encuesta de percepción	5
FU01	FUNCIÓN	Retroalimentación del movimiento a treves del sonido.	Concepto	Señal sonora al moverse	Total	Modelo funcional	5
FU02	FUNCIÓN	Señalización con alto relieve y braille de los espacios y elementos claves así como las medidas.	Altura desde la superficie	6 - 9 mm	Total	Comprobar en concepto	5
FU03	FUNCIÓN	Permite simular el MRU.	Percepción del docente	Positivo	Modulo MRU	Encuesta de concepto	5
FU04	FUNCIÓN	Permite simular las gráficas de movimiento.	Percepción del docente	Positivo	Modulo G.C.	Encuesta de concepto	5
FO01	FORMALES	Actividades relacionadas con aplicaciones de la física en la vida real.	Usuarios	Positivo	Módulos	Encuesta de percepción	5
ES01	ESTRUCTURAL	La manipulación de objetos es guiado con referencias táctiles o con formas que la limiten.	Concepto	Barreras, orificios, líneas guía.	Total	Modelo funcional	5
US03	USO	Peso cómodo para transportar en un día de clase.	Peso Total	<3,5 kg	Total	Simulador con CAD	4
US04	USO	Puede ser usado de manera individual o por equipo.	Cantidad de usuarios	>3	Total	Factor de cumplimiento	4
US05	USO	Avanzar usando los conceptos aprendidos.	Usuarios	Positivo	Total	Encuesta de percepción	4
US06	USO	Reforzar el aprendizaje de las ecuaciones.	Usuarios	Positivo	Total	Encuesta de percepción	4
US07	USO	Controlar la duración de la sesión de juego para horas de clase.	Tiempo	<2 h por modulo	Módulos	Factor de cumplimiento	4
TE01	TÉCNICO-PRODUCTIVOS	Materiales resistentes al tacto constante para Braille.	Características del material	Bajo desgaste, solido.	Total	Factor de cumplimiento	4
FU05	FUNCIÓN	Retroalimentación de las respuestas correctas a los ejercicios.	Percepción del docente	Positivo	Total	Encuesta de concepto	4
ES02	ESTRUCTURAL	Desarmar para ocupar un espacio optimizado al transportar.	Tamaño que ocupa	<35x25x10	Total	Factor de cumplimiento	4
ES03	ESTRUCTURAL	Elementos de armado que impacten el juego.	Concepto	Piezas interactivas	Total	Modelo funcional	4
US08	USO	Las mecánicas de juego son fáciles de entender.	Usuarios	>68	Módulos	Satisfacción de usuario SUS	3
US09	USO	Explorar basado en decisiones.	Usuarios	Positivo	Total	Encuesta de percepción	3
TE02	TÉCNICO-PRODUCTIVOS	Materiales con alto contraste en su textura al tacto.	Características del material	Tipo de superficie	Total	Factor de cumplimiento	3
FU06	FUNCIÓN	Resistencia de manipulación y transporte.	Resistencia del material	<3kg	Partes	Simulador con CAD	3
FO02	FORMALES	Texturas agradables al tacto.	Usuarios	Positivo	Total	Encuesta de percepción	3
FO03	FORMALES	Estéticamente de estilo minimalista, fácil de identificar solo al tacto y relacionado a la física.	Usuarios	Positivo	Total	Encuesta de percepción	3
US10	USO	Tamaño de las piezas para manipular.	Tamaño	>1x0,5 cm	Total	Cumplirlo	2
ID01	IDENTIFICACIÓN	Manual en Braille y versión digital compatible para lector en audio.	Tamaño y formato txt	2,5x4,5 mm	Texto	Cumplirlo	2
ID02	IDENTIFICACIÓN	Macró tipo en elementos textuales.	Puntos por pulgada	16 - 20 PPP	Texto	Cumplirlo	2
FO04	FORMALES	Colores con contraste alto.	Relación de contraste WCAG	Texto AA y Forma AAA	Total, Guías.	Web test de color sobre color.	2

Fuente: La autora.

8. Desarrollo de la Fase 2: Idear

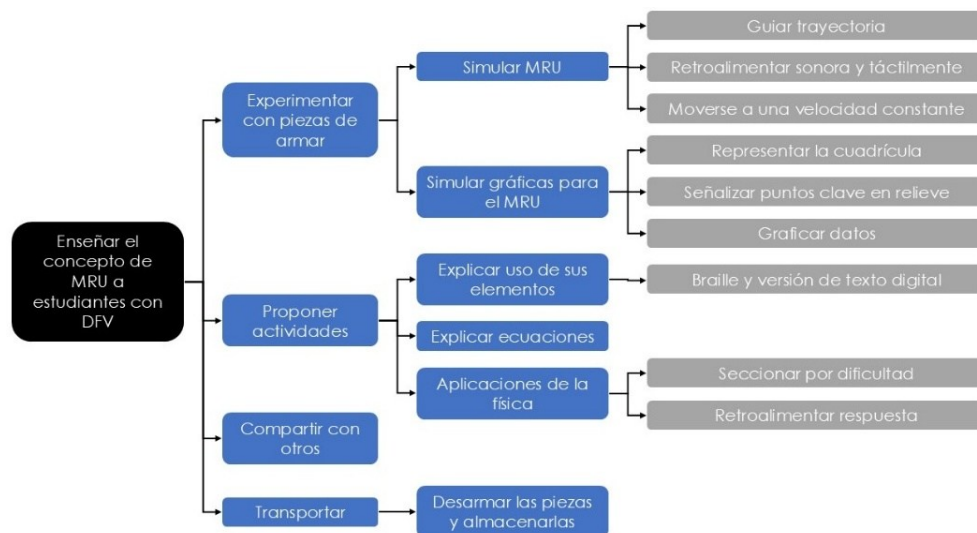
De acuerdo con los hallazgos de la Fase 1, se formularon las soluciones al problema mediante alternativas de conceptos. La Fase 2, estuvo conformada de un Diagrama FAST que relacionó las funciones principales y secundarias de una forma lógica, derivando en los sistemas que deben estar presentes en las alternativas. La segunda actividad fue el Diagrama morfológico, gracias al cual se propusieron componentes para cada función. Luego, mediante la combinación de componentes se configuró cada. En el cuadro de valoración, se ponen en evaluación las alternativas según diferentes categorías y se eligió la mejor valorada. Posteriormente, se desarrolló la alternativa final.

8.1 Diagrama FAST

La **Figura 43** muestra las funciones secundarias junto con los subsistemas necesarios para cumplir con la función principal del material didáctico.

Figura 43

Diagrama FAST para la definición de funciones del material didáctico.




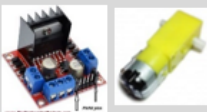


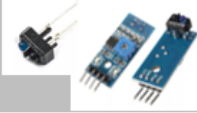



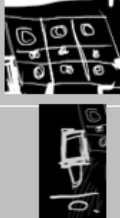







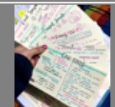








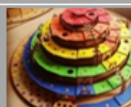
Fuente: La autora.

8.2 Diagrama morfológico

Al dividir el problema principal en las partes, se propusieron elementos que solucionen las funciones secundarias y cumplan con el objetivo del material didáctico. En la **Tabla 13**, se muestran imágenes de los elementos para los subsistemas que permiten desarrollar las funciones secundarias del problema.

Tabla 13

Diagrama morfológico primera parte propuestas de componentes

		Soluciones por componente: Enseñar el concepto de MRU a estudiantes con DFV			
Func.		1	2	3	4
A	velocidad constante				
B	Retroalimentar sonora				
C	Representar la cuadrícula				
D	Graficar datos				
E	Explicar uso de sus				
F	Explicar teoría				
G	Retroalimentar respuesta				
H	Comparar con otros				
I	Almacenar				

Fuente: La autora.

En la segunda parte (**Tabla 14**), se completaron las tres alternativas al unir los diferentes componentes en los dos módulos principales del dispositivo. Además, se observan las propuestas para los sistemas secundarios a las funciones principales.

Tabla 14

Diagrama morfológico segunda parte combinación de componentes

		Soluciones por componente: Enseñar el concepto de MRU a estudiantes con DFV		
Func.		1	2	3
AB	Moverse a una velocidad constante			
CD	Graficar datos			
E	Explicar uso			
F	Explicar teoría			
G	Retroalimentar respuesta			
H	Compartir con otros			
I	almacenar			

Fuente: La autora.

8.3 Alternativas

De acuerdo con el Diagrama morfológico anterior se tomaron los componentes de las alternativas para desarrollar los conceptos en bocetos. Las tres alternativas están configuradas con dos módulos: el módulo 1, en donde se produce el movimiento rectilíneo uniforme y el módulo 2, donde el estudiante puede graficar la velocidad o posición respecto al tiempo. En cada concepto se denominan los grupos de elementos por una letra del abecedario; dicha letra enmarca sus elementos con una franja que divide las secciones del concepto.

8.3.1 Alternativa 1

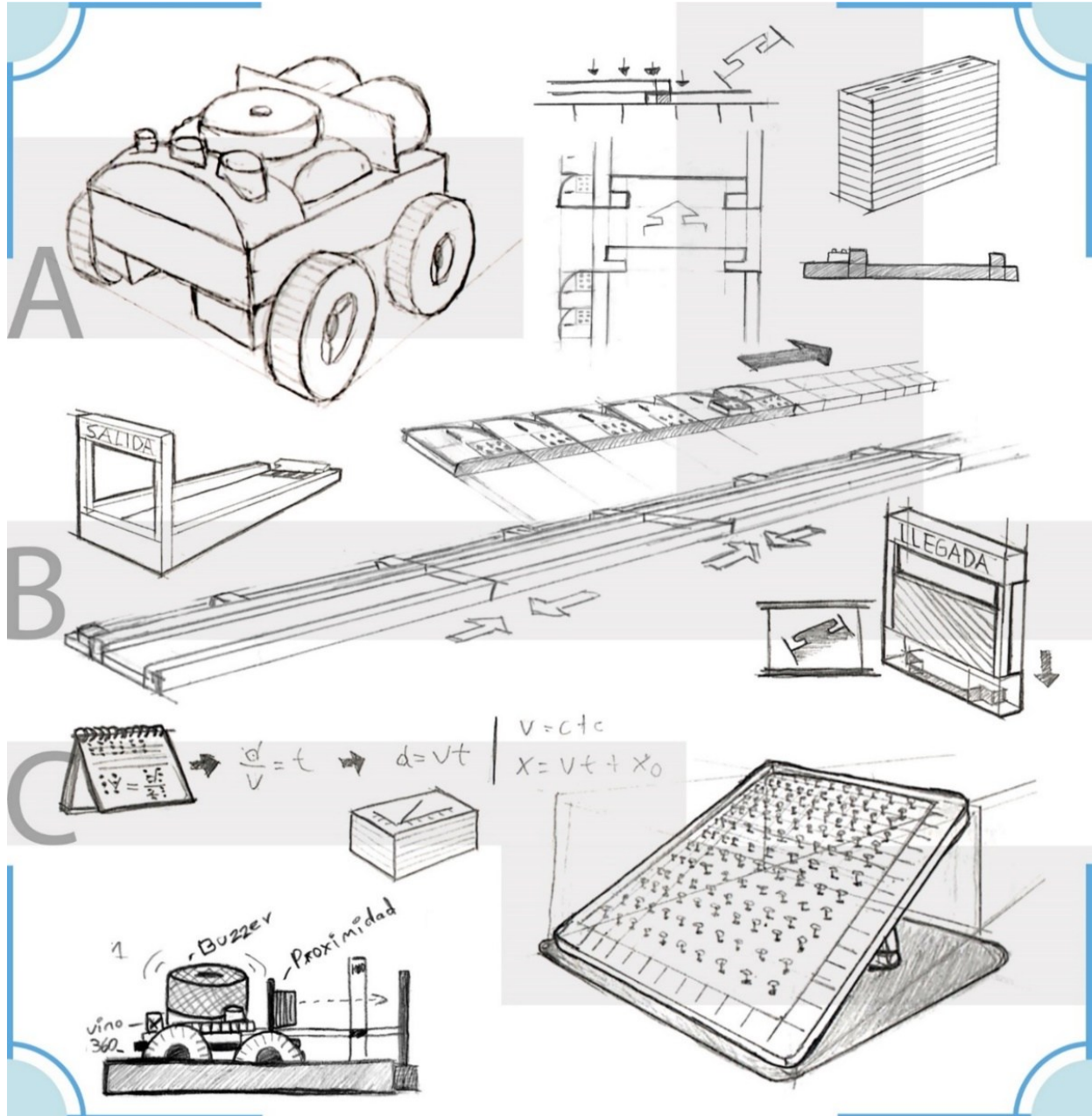
En esta primera Alternativa (**Figura 44**), la sección A consta de un vehículo que realizará el movimiento rectilíneo uniforme mediante el uso de una placa Arduino, un motor con botones que permita accionar el vehículo en tres velocidades y un sensor de proximidad que le permita detenerse. Además, el vehículo producirá un sonido cada que recorra diez centímetros, el estudiante tendrá que tomar las medidas del tiempo para cada marcador de distancia.

En la sección B, se presenta la pista de carreras. Esta se arma por ensamble acorde a la distancia deseada. Se señalizan con braille y números los centímetros de la pista. Cuenta con una estación de salida, y una de llegada, que permite al sensor de proximidad hallar la distancia que se recorre o detenerse al llegar al final.

La sección C, consta de un tablero con pines delgados incrustado que representan las coordenadas del plano cartesiano. En este, mediante unas ligas elásticas fijas en los pines el estudiante podrá graficar la velocidad o posición dada. El aspecto que deben tener las gráficas se mostrará en unas tarjetas con relieve alto. Adicionalmente, el contenido teórico sobre la velocidad, distancia y tiempo se encontrará en un libro con macrotipo, braille y relieves.

Figura 44

Boceto de Alternativa 1



Fuente: La autora.

8.3.2 Alternativa 2

En la segunda Alternativa (**Figura 45**), el vehículo de la sección A es vacío por dentro con un orificio tubular a lo largo. Hará el movimiento rectilíneo deslizándose por la pista mediante una cadena o cable, elemento enganchado a una argolla ubicada en la parte frontal del vehículo.

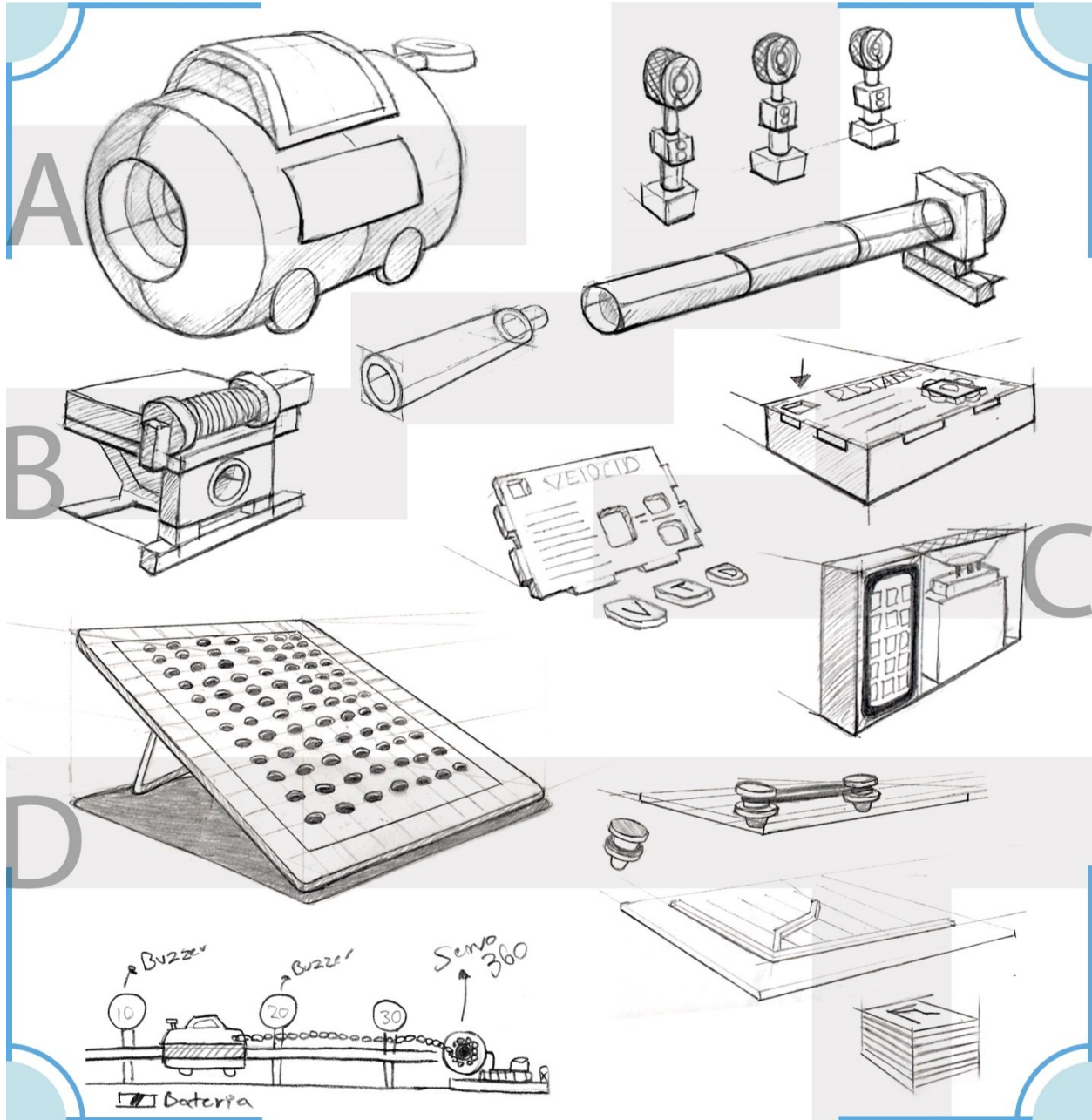
En la sección B, se encuentra la estación de llegada, la cual contine una placa de Arduino y un motor que permite enrollar el cable a la velocidad elegida. Además, a la par se encuentra la estación de salida, que sirve de soporte para suspender el riel de piezas tubulares unidas por ensamble. En cuanto a la retroalimentación por sonido, se muestran unos marcadores individuales que se pueden posicionar a la distancia preferida. Los marcadores, consisten en un *speaker*, un número en braille, un detector de infrarrojo y una batería, haciéndolos autónomos para su posicionamiento.

En la alternativa 2, la parte del contenido teórico cambia. La sección C, muestra una serie de láminas con las definiciones de los conceptos en macrótipo y braille. Además, fichas con los símbolos de las ecuaciones y las letras de las magnitudes. Las láminas se posicionan como cara frontal en un compartimiento rectangular que contiene los elementos electrónicos. Los cuales estarán compuesto por otra placa de Arduino con un altavoz y un dispositivo móvil para almacenar los sonidos conectado por *bluetooth*. Al posicionar la lámina, se cierra el acceso a los otros audios en la pantalla del móvil y sólo se deja el audio del concepto correspondiente.

Por último, en la sección D, se muestra una superficie con orificios organizados en una malla que representa el plano cartesiano. En esta versión se usan piezas que se introducen en los orificios para representar los puntos de la gráfica y luego se unen con cintas para representar la unión de estos en función del tiempo. Adicionalmente, se representan las gráficas posibles en tarjetas en relieve.

Figura 45

Boceto de Alternativa 2



Fuente: La autora.

8.3.3 *Alternativa 3*

Como se muestra en la sección A de la tercera Alternativa (**Figura 46**), para este caso se pone el motor en el vehículo, que solo llevará las ruedas, y se unirá a la placa Arduino con un cable extensor. En el módulo de salida, donde va la placa Arduino, hay tres botones para definir la velocidad del vehículo por la pista en un movimiento rectilíneo uniforme.

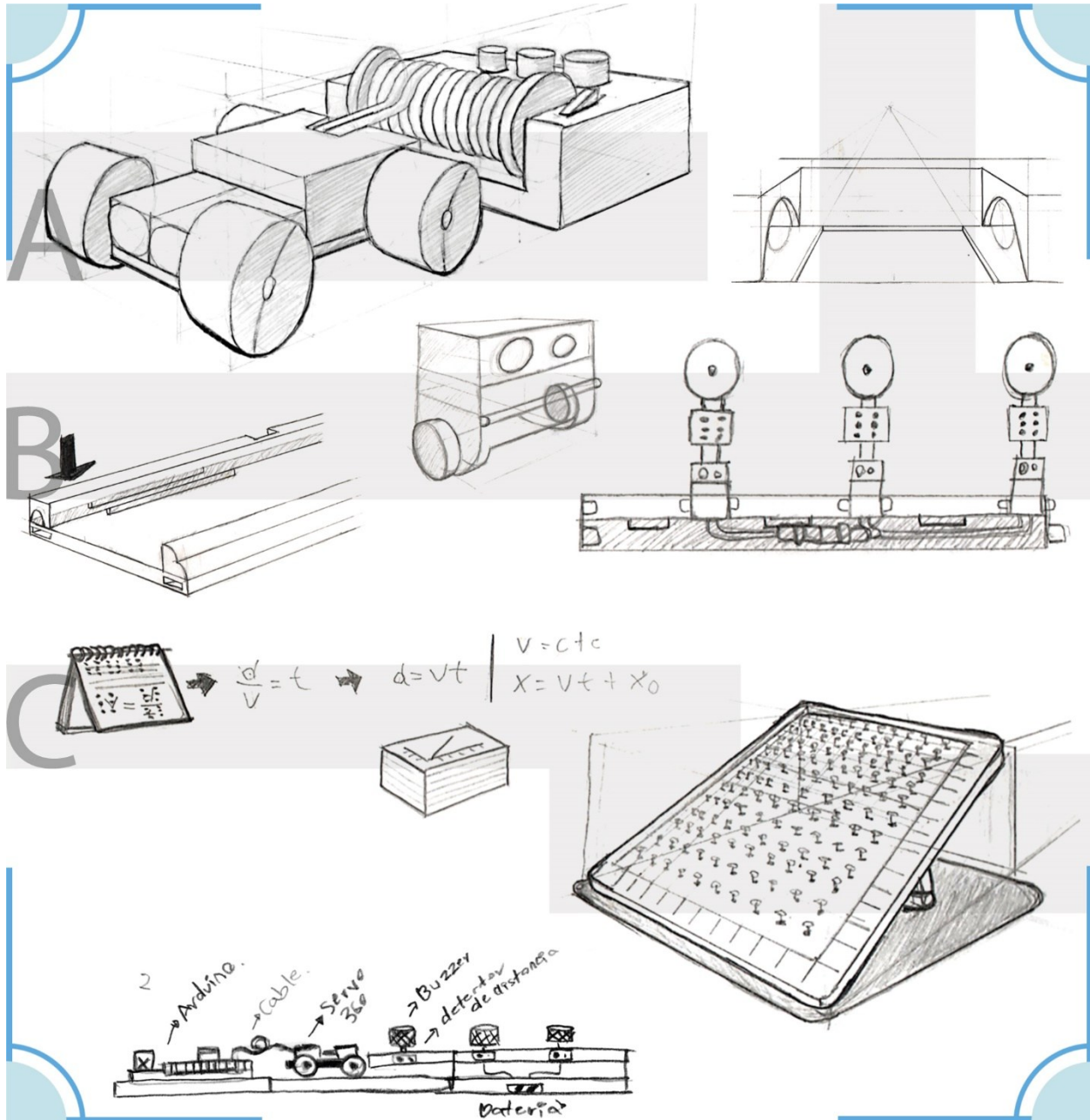
La pista será armada por partes ensambladas, según la distancia que se desee, y contendrá baterías en cada tramo para alimentar los marcadores, como se muestra en la sección B. Además, estos marcadores se pueden doblar, adquirir una posición horizontal y facilitar su almacenamiento. Los marcadores cuentan con Braille, números y un detector infrarrojo de distancia que activa el sonido al paso del vehículo.

La sección C, muestra el contenido teórico como un libro con macrótipo y relieve, además de una versión en audio en formato de texto digital, igual que en la alternativa 1. De igual forma, el segundo módulo para armar gráficas funciona de la misma manera que en la alternativa 1. Siendo una superficie con pines estáticos.

Con esta alternativa se concluyen los conceptos propuestos para resolver el problema. Se sigue a la fase de evaluación de alternativas en donde se elaboró un cuadro de valoración basado en los requerimientos.

Figura 46

Boceto de Alternativa 3



Fuente: La autora.

8.4 Cuadro de valoración

Para los criterios de evaluación de las alternativas, se tomó la tabla de requerimientos. Luego se elaboró una encuesta de modelo Kano, como se muestra en el **Apéndice D**, para clasificar su importancia y elegir solo las características que representan una diferencia significativa en el producto final. Se les hizo la consulta a los profesores del colegio José Celestino Mutis; la profesora Adriana Meza Rincón y el profesor José Ignacio Suárez Abreo, profesores de física de noveno y décimo, respectivamente.

8.4.1 Modelo KANO

Se redujeron a 24 los requerimientos. En las preguntas para cada requerimiento existe una pregunta funcional (positiva) y una disfuncional (negativa). Para clasificar las respuestas se usó la taxonomía de Sauerwein et al. (1996). De acuerdo con esta, las características se clasifican en A: *Attractive*, M: *Must-be*, O: *One-dimensional*, Q: *Questionable*, R: *Reverse*, y I: *Indifferent* (**Tabla 15**). Luego, con las respuestas procesadas (**Tabla 16**), se usó la jerarquía de $M > O > A > I$ para determinar cuáles requerimientos se pueden eliminar de la evaluación, solo se dejó los calificados desde la A. Tomando la priorización de la encuesta a los estudiantes de décimo, se eliminaron los calificados de 3 a 1. Se eliminaron los requerimientos de cumplimiento técnico. La lista final de criterios a evaluar fue de 6 requerimientos, como se muestra en el **Apéndice E**.

Tabla 15

Evaluación Kano

		DISFUNCIONALES (NEGATIVOS)				
		1	2	3	4	5
FUNCIONALES (POSITIVOS)	1	Q	A	A	A	O
	2	R	I	I	I	M
	3	R	I	I	I	M
	4	R	I	I	I	M
	5	R	R	R	R	Q

Fuente: La autora basada en Sauerwein et al. 1996.

Tabla 16

Requerimientos con clasificación Kano

#	Requerimiento	KANO
1	tiene una dinámica inicial en donde se exploran las piezas y su propósito en las actividades	A+
2	ayuda en el desarrollo algebraico y matemático dentro de la actividad	I
3	cuenta con marcadores sonoros del movimiento rectilíneo en la actividad	A
4	presenta relieves altos y braille en los elementos claves, así como las medidas	A
5	permite simular el movimiento rectilíneo uniforme en la actividad	O
6	cuenta con elementos para graficar el movimiento	A+
7	las actividades del material son aplicaciones de física en la vida cotidiana	A
8	tiene un peso que permite transportarlo en un día de clase	O
9	es tanto de uso individual como en equipo	I
10	las actividades permiten usar los conceptos aprendidos para avanzar	A
11	las actividades se pueden terminar en el tiempo de la clase	A
12	el material del Braille es resistente al constante tacto	O
13	hay retroalimentación de las respuestas correctas	I
14	se puede desarmar para transportarlo	A
15	tiene elementos de armado que impactan la actividad	I
16	viene con actividades de fácil comprensión	A
17	presenta texturas de alto contraste al tacto en sus diferentes elementos	A
18	es resistente a la continua manipulación y transporte	O
19	tiene texturas agradables al tacto	A
20	es minimalista con formas básicas y relacionadas a la física	A
21	los elementos tienen un tamaño que no dificulta su manipulación	A
22	viene con un manual en Braille y su versión digital compatible para lector con audio	A
23	los textos del material didáctico son en macrótipo (tamaños de más de 16 puntos por pulgada)	O+
24	los colores del material didáctico son aptos para personas con ceguera a los colores	A

Fuente: La autora.

8.4.2 Análisis de datos

Se realizó la **Tabla 17** para el procesamiento de los datos. Al calcular los porcentajes sobre los puntos posibles para cada alternativa y se eligió el más alto. Como se muestra, la Alternativa 1 ganó la valoración y continuó a la siguiente fase de diseño.

Tabla 17

Cuadro de valoración

COD.	KANO	No.	NIVEL	REQUERIMIENTOS	CALIFICACIÓN x NIVEL x KANO								
					ALTERN. 1			ALTERN. 2			ALTERN. 3		
FU03	O	4	5	Permite simular el MRU.	4	20	80	3	15	60	4	20	80
US03	O	4	4	Peso cómodo para transportar en un día de clase.	5	20	80	3	12	48	4	16	64
FU04	A+	3	5	Permite simular las graficas de movimiento.	4	20	60	5	25	75	4	20	60
FU01	A	2	5	Retroalimentación del movimiento a treves del sonido.	4	20	40	5	25	50	4	20	40
FU02	A	2	5	Señalización con alto relieve y braille de los espacios y elementos claves así como las medidas.	3	15	30	3	15	30	4	20	40
ES02	A	2	4	Desarmar para ocupar un espacio optimizado al transportar.	4	16	32	3	12	24	3	12	24
M=6 O+=5 O=4 A+=3 A=2					24	111	322	22	104	287	23	108	308
					82%			73%			78%		

Fuente: La autora.

8.4.3 Malla receptora

Con los profesores de física se hizo una Malla de recepción (**Tabla 18**) de las alternativas propuestas para definir qué componentes son pertinentes para ellos. En esta etapa se buscó descartar elementos que no tienen un propósito principal en la actividad de clase, a fin de garantizar el funcionamiento de los prototipos y el correcto uso de los recursos disponibles.

Tabla 18

Malla de recepción de Alternativas

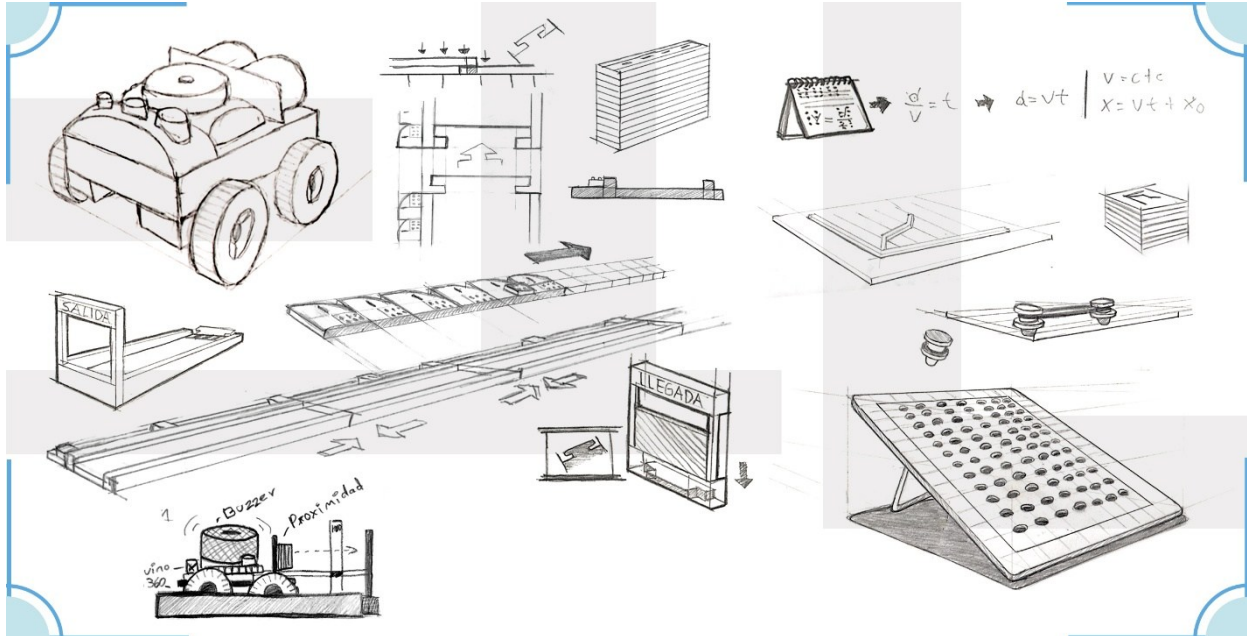
Cosas resaltantes	Críticas constructivas
<ul style="list-style-type: none"> - La alternativa 1 mejora la libertad de manipulación. - Generar cálculos diferentes con las tres velocidades y con los módulos de distancia - De la alternativa 2 es interesante poder elegir los intervalos entre los sensores. - El diseño del auto de la alternativa 2 es futurista. - Es interesante que el estudiante pueda escuchar las fórmulas el mismo mediante fichas, como en la alternativa 2. - De la alternativa 3, tarjetas grandes con relieve son útiles y los cuadernillos de teoría. - Graficar es bueno para que el estudiante entienda el comportamiento del movimiento. - Es más interesante el graficador de la alternativa 2, por poder poner los puntos que conforma la gráfica uno mismo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tener en cuenta el peso del auto y la fricción de la superficie para garantizar el movimiento, reducir el rozamiento. - El movimiento uniforme es un concepto ideal, no exacto. - Que no sea de un material frágil para los chicos en clase. - En la alternativa 3 resulta mucha tensión de los cables para el movimiento sea uniforme. - La madera solida es muy pesada, y las maderas blandas muy frágiles. - Algunos plásticos como el acrílico son más livianos. - Es importante el dispositivo para graficar.
Preguntas o dudas	Ideas nuevas
<ul style="list-style-type: none"> - ¿Qué tan pesado va a ser y costoso? - ¿Con impresión 3D queda la superficie lo suficientemente lisa? - ¿En la alternativa 2, hay mucho rozamiento entre el riel tubular y el carro? 	<ul style="list-style-type: none"> - Usar esferas para el movimiento. - Dar continuidad con el concepto de aceleración. En especial con las tarjetas en relieve. - Materiales como acrílicos que disminuyan el rozamiento. - Considerar las mesas de aire y rieles de aire que trabajan sin alto rozamiento.

8.4.4 Diagrama de alternativa seleccionada

Después del análisis de resultados y de la retroalimentación por parte de los docentes se formó la alternativa final en la **Figura 47**. Se seleccionó el graficador de la alternativa 2 junto con el módulo de carro y pista de la alternativa 1. Posteriormente, se planteó un diagrama de componentes para ambos módulos en la **Figura 48**.

Figura 47

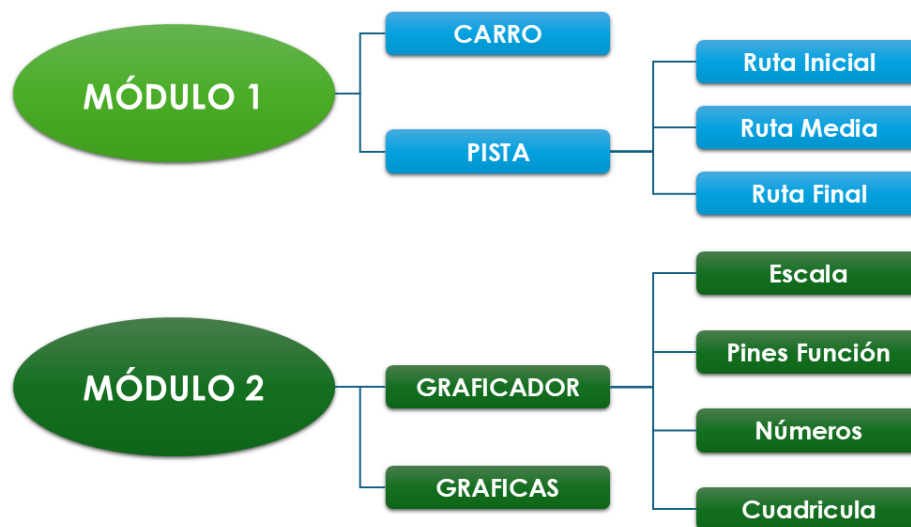
Boceto de Alternativa Final



Fuente: La autora.

Figura 48

Diagrama de componentes de los dos Módulos



Fuente: La autora.

9. Desarrollo de la Fase 3: Prototipar

9.1 Verificaciones de Carro

Se hizo un diagrama de las funciones del dispositivo, como se muestra en la **Figura 49**. En el sistema, el usuario acciona el **interruptor de encendido** para que la electricidad alimente el circuito. Pasado un segundo y medio, el **Buzzer** reproduce una vez el *tono fin* para indicar que el sistema ya está cargado.

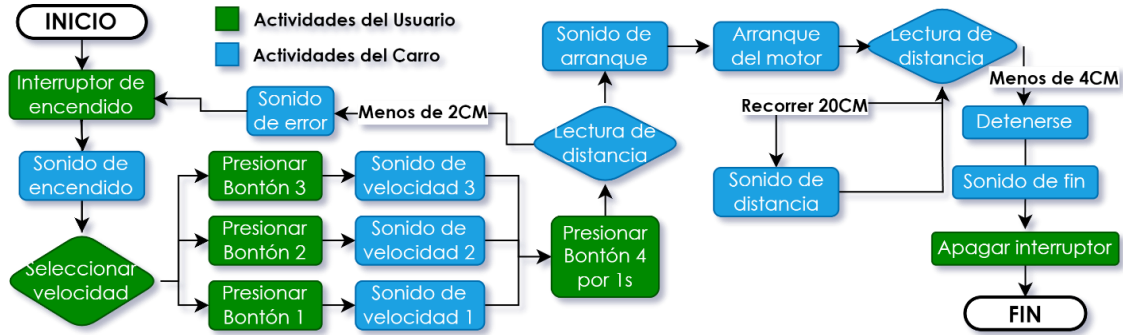
El usuario selecciona la velocidad usando uno de los primeros tres botones. Cada botón corresponde a una de las frecuencias diferentes 240, 290 y 340. El **Botón 1** reproduce el tono de *Do*; el **Botón 2**, los tonos de *Do* y *Re*; y el **Botón 3**, tiene los tonos de *Do*, *Re* y *Mi*. El tono se repite indefinidamente mientras el botón se mantenga presionado.

El cuarto botón de la fila arranca el **motor**. Para activarlo, el usuario hace una presión continua en el **Botón 4** por un segundo, esto acciona la **lectura de distancia**. El **sensor de proximidad** mide la distancia hasta la meta: si es menor a 2 cm, el **motor** no arranca y el **Buzzer** emite el *tono error*; si es mayor, el **Buzzer** reproduce el *tono arranque* y el **motor** se activa.

Durante el recorrido del carro, el programa de **lectura de distancia** se repite en *loop*. Por cada 20 cm recorridos, el **Buzzer** emite una vez el *tono 10*. Cuando el carro llega a la meta y se encuentra a menos de 4 cm, el **motor** se detiene y el **Buzzer** reproduce el *tono fin* indefinidamente hasta que el usuario apaga el **interruptor de encendido**. El código de programación se encuentra en el **Apéndice F**.

Figura 49

Diagrama de flujo programa del Carro

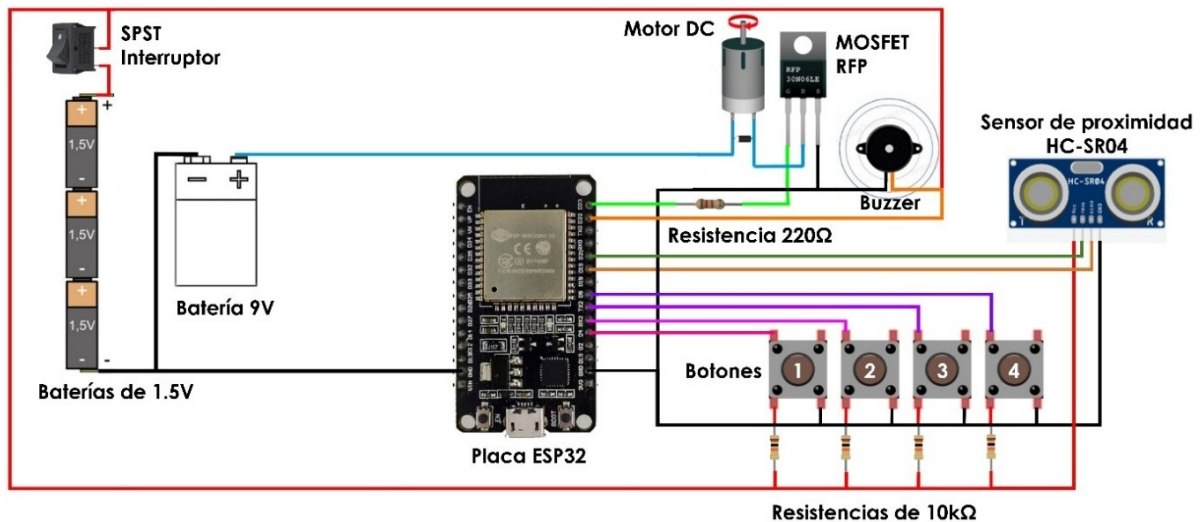


Fuente: La autora.

En la **Figura 50** se diagramaron los componentes electrónicos. Se usó la placa de **ESP32**. Los **botones** se conectaron mediante resistencias a los puertos 4, 16, 17 y 5. El **motor** se conectó al puerto 23 mediante una resistencia y un transistor **MOSFET**. Para el **Sensor ultrasónico** se usaron los puertos 19 y 21 y el **Buzzer** al puerto 22. El circuito se alimentó por 3 baterías de 1.5V para la placa **ESP32** y una batería de 9V para el motor. Se instaló un interruptor SPST.

Figura 50

Diagrama eléctrico del Carro

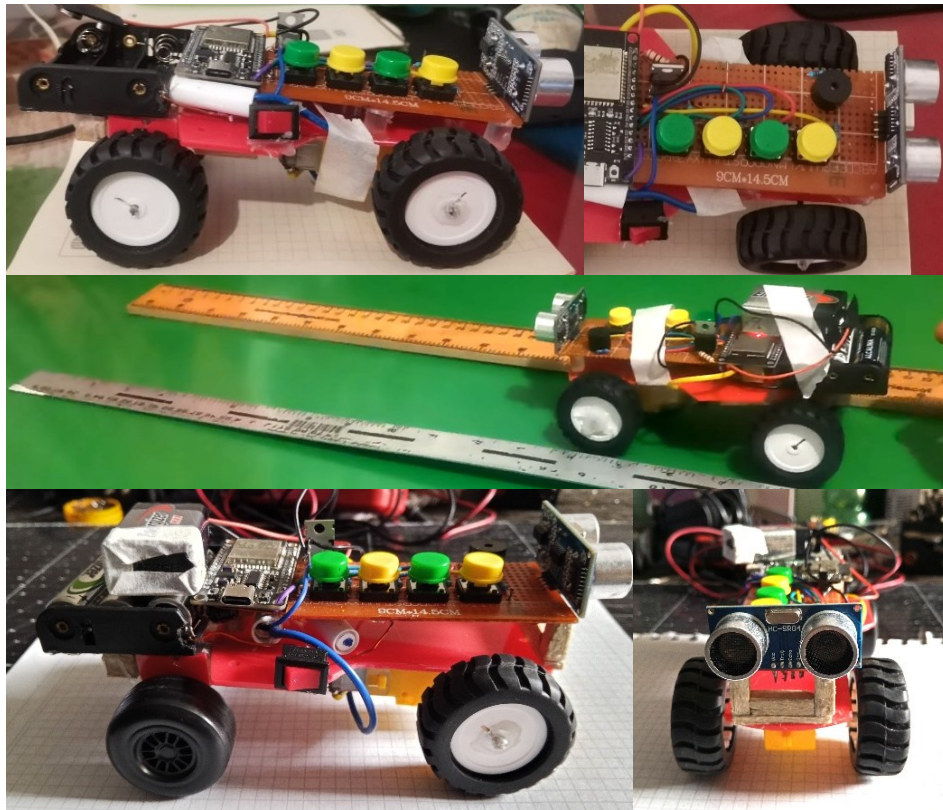


Fuente: La autora.

Finalmente, en la **Figura 51** se presenta la primera versión del carro. Se realizaron modificaciones a partir de la prueba de fricción como: cambio de las llantas traseras y mejora de la estructura para evitar que el sensor de proximidad apunte hacia el suelo.

Figura 51

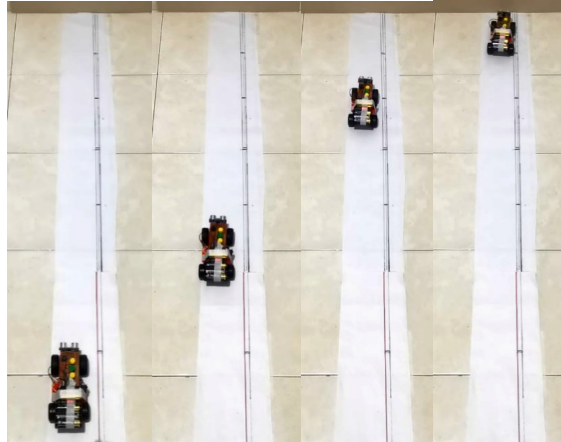
Prototipo 1



Fuente: La autora.

9.1.1 Verificación de trayectoria y velocidad

Para dimensionar el canal de la ruta se verificó la desviación de la trayectoria del auto mediante grabación de videos. Se marcó una ruta de 11 y 12 cm de ancho en el papel y se verifica desde una distancia de 120 cm, donde arrancó el carro, como se muestra en la **Figura 52**. En la segunda parte, se verificó las tres velocidades a elegir con el software Tracker.

Figura 52*Verificación de trayectoria**Fuente:* La autora.

En la comprobación de la velocidad, se cambió entre las velocidades establecidas en la programación del motor: velocidad 1 (**Figura 53**), velocidad 2 (**Figura 54**) y velocidad 3 (**Figura 55**). En el programa Tracker se estableció una barra de calibración de un metro y un eje de coordenadas. Se hizo el rastreo de forma automática al eje de la llanta del auto.

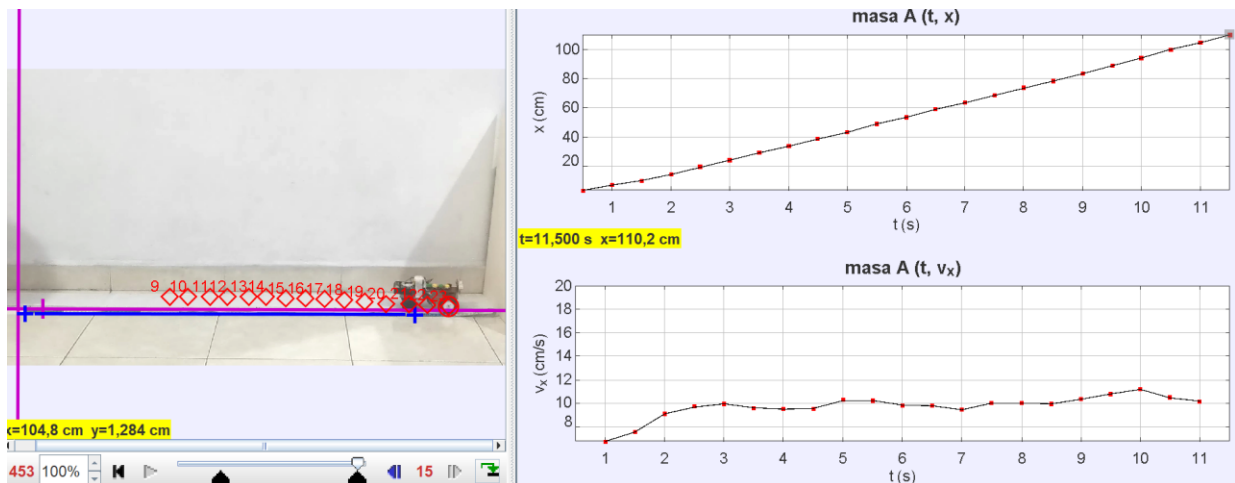
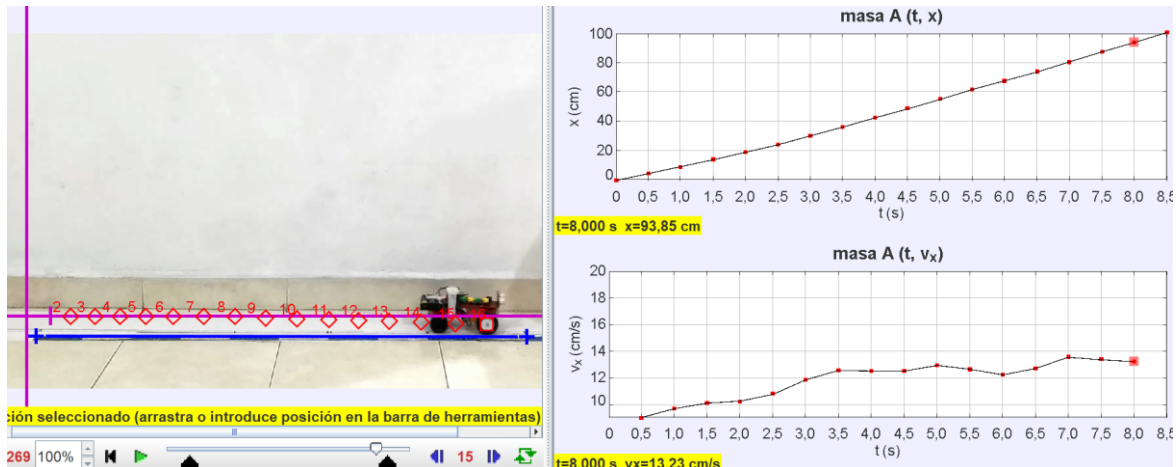
Figura 53*Graficas de posición y velocidad con Tracker, velocidad 1**Fuente:* La autora.

Figura 54

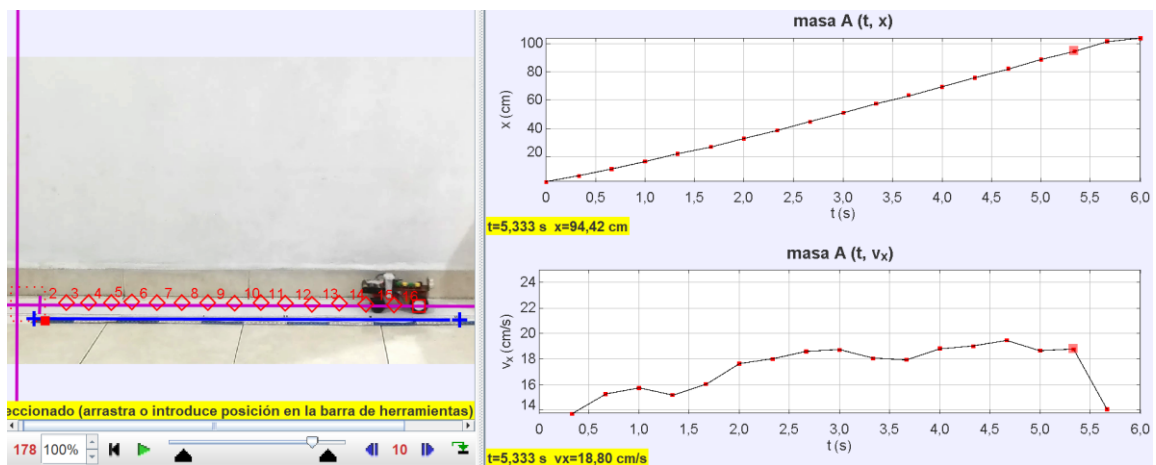
Graficas de posición y velocidad con Tracker, velocidad 2



Fuente: La autora.

Figura 55

Graficas de posición y velocidad con Tracker, velocidad 3

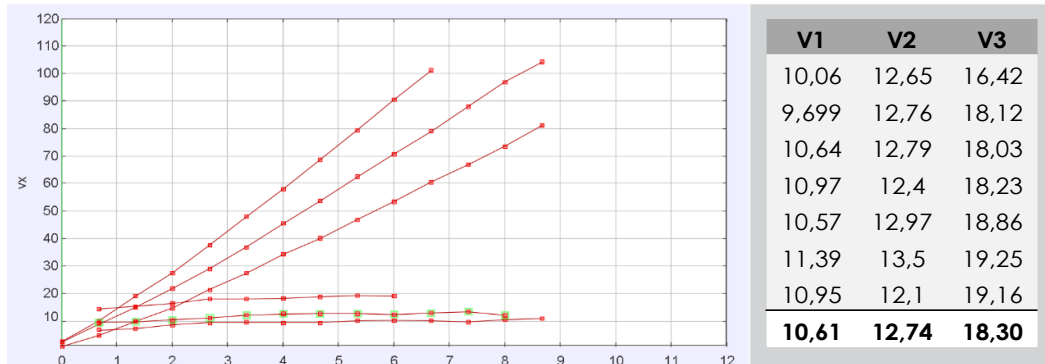


Fuente: La autora.

Se compararon todas las gráficas de las tres velocidades y promedios. Se muestran los resultados en la **Figura 56**. La primera velocidad es de 10,61 cm/s, la segunda es de 12,74 cm/s y la tercera es de 18,0 cm/s.

Figura 56

Comparación de graficas de velocidades promedio



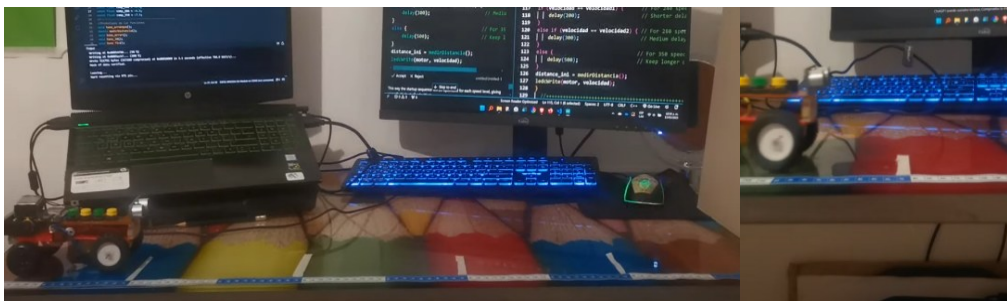
Fuente: La autora.

9.1.2 Verificación sincronización del sonido

Con las comprobaciones en video (**Figura 57**) hubo un desfase en la sincronización del sonido con cada punto del intervalo, que depende de la velocidad. Para la velocidad 1 es de 2 cm, la velocidad 2 es de 4 cm y la velocidad 3 es de 5 cm. Se agregó compensaciones para cada velocidad. El sonido queda antes de llegar a la marca para que el estudiante tenga tiempo de accionar el interruptor del cronometro. Siendo -3 para velocidad 1, -5 para la velocidad 2, y -7 para la velocidad 3. Al final, se agregó un delay de 1,5 segundos después de cargar los pines para tener lecturas más estables de distancia (**Figura 58**).

Figura 57

Videos de comprobación de sincronización del sonido con las marcas



Fuente: La autora.

Figura 58*Cambios en el código*

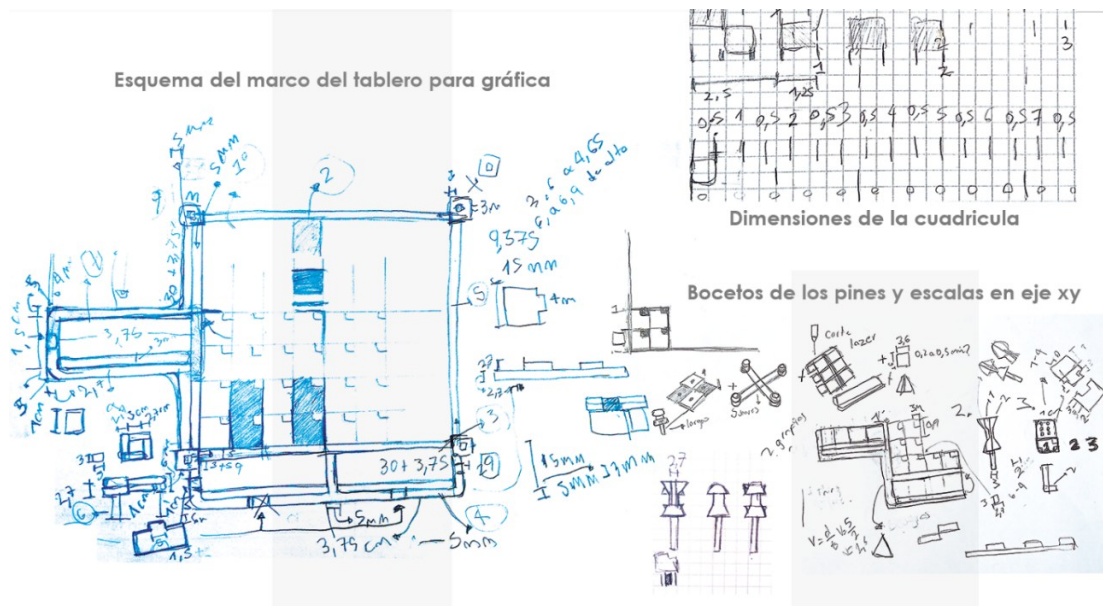
<pre> 1 const int delta = 20; </pre>	<pre> 57 delay(100); 58 59 ledcAttachChannel(motor, frequency, 60 resolution, ledChannel); 61 62 delay(1000); </pre>
<pre> 31 const float comp_240 = -3; 32 const float comp_290 = -5; 33 const float comp_340 = -7; </pre>	

Fuente: La autora.

9.2 Verificaciones de Pista y Graficador

9.2.1 Parametrizar y ensamblar

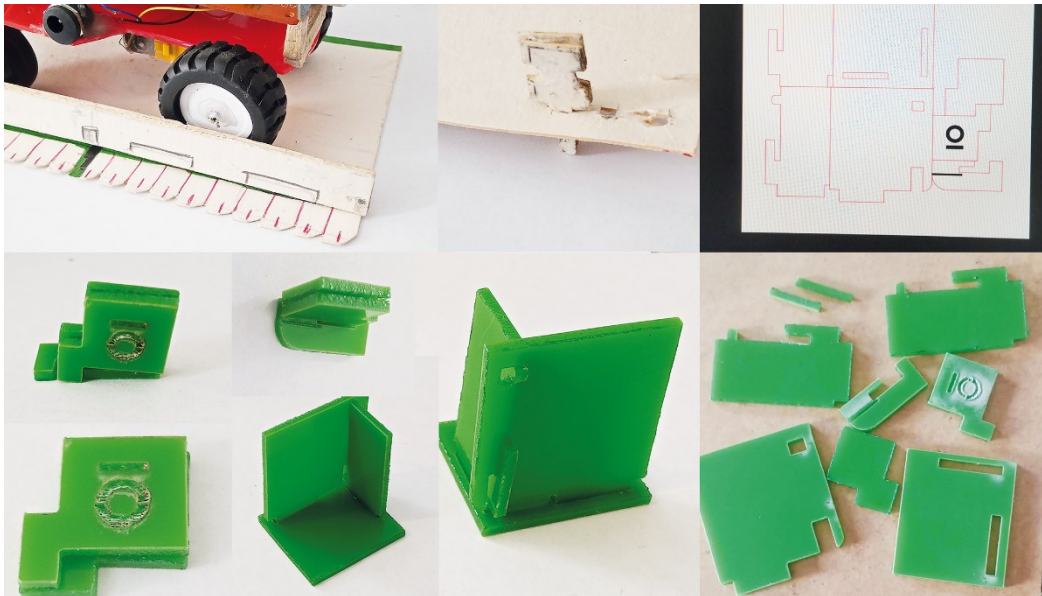
Se realizaron bocetos en papel y en cartón para parametrizar las dimensiones y ensamblar los componentes. En la **Figura 59**, se hizo un esquema de la cuadrícula con los posibles relieves y marcos de las escalas en cada eje, los pines para dibujar la función y la definición de las dimensiones para las partes.

Figura 59*Parametrizar las dimensiones del Graficador**Fuente: La autora.*

de la propuesta. En la **Figura 61**, Se comprobaron las proporciones en relación con el modelo del carro en la pista y se realizó una prueba de la flexibilidad del material polimérico para el ensamble.

Figura 61

Comprobación de ensambles



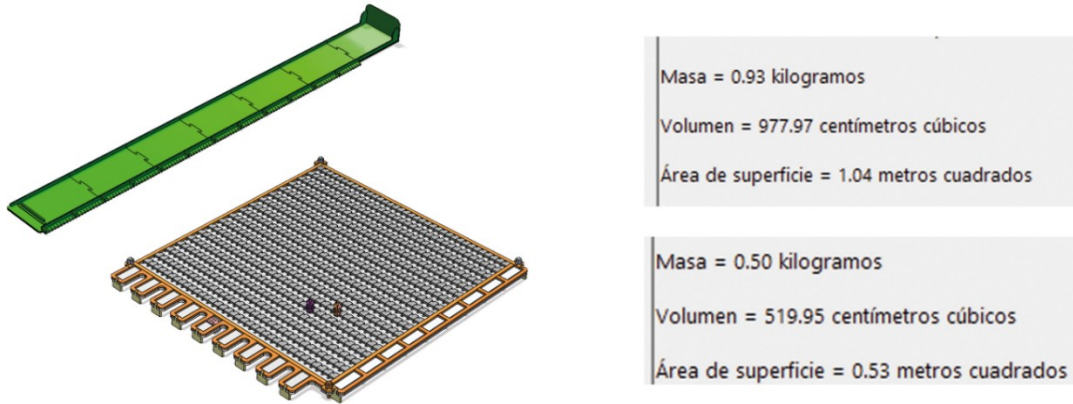
Fuente: La autora.

9.2.2 Verificación del peso

Mediante el modelado virtual en SolidWorks, se asignó el material PE de Alta densidad y se calculó la masa de cada Módulo de la propuesta. Se calculó la masa para la Pista y la masa para el Graficador (**Figura 62**). Para la Pista en 120 cm de recorrido la masa es **0,93 kilogramos**. Para el Graficador la masa es **0,50 kilogramos**. En total **1,43 kilogramos** que cumplió con el límite de menos de 3.5 kilogramos del requerimiento.

Figura 62

Modelado de Módulos y cálculo del peso



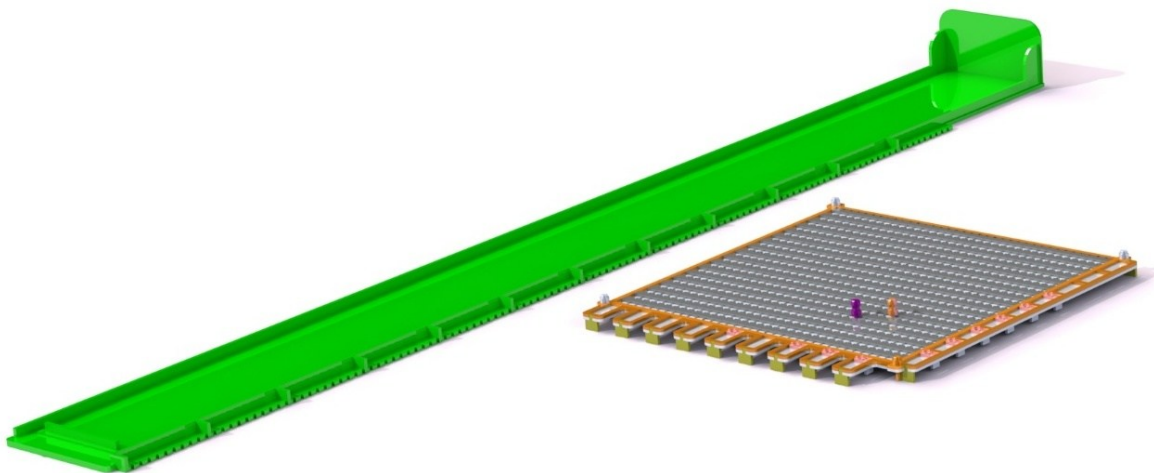
Fuente: La autora.

9.3 Propuesta Final

A partir del modelado virtual y la asignación de materiales, se obtuvo la representación de la propuesta final. Se pueden apreciar los componentes de la Pista, con un recorrido de 120 cm, y del Graficador con los pines de función y los números de la escala de la gráfica (**Figura 63**).

Figura 63

Render con representación de apariencia de propuesta final

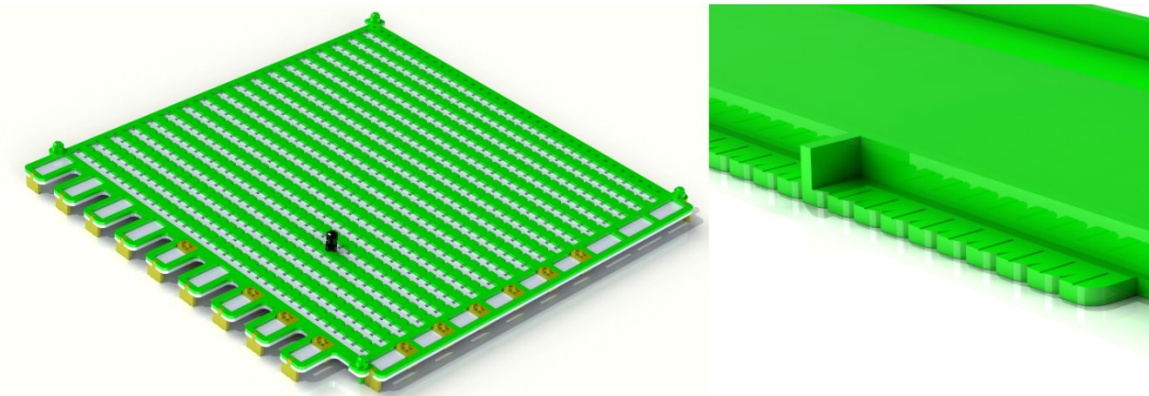


Fuente: La autora.

La vista de detalle del Graficador y la Pista se encuentran en la **Figura 64**. En el Graficador se muestran los nueve compartimientos de la escala en el eje x y el eje y, las fichas con braille, que representan los números, y los pines de función que sirven como puntos para generar la gráfica, además en la cuadrícula del tablero se generan, en forma intercalada, altos relieves en las columnas de las subdivisiones del entero. En cada sección de 20 cm de la Pista se agrega la escala métrica, hay una delimitación formal por muescas cada centímetro y un separador cada 10 cm. Esto con el fin de brindar recursos táctiles a los estudiantes con diversidad funcional visual.

Figura 64

Render con detalles de la propuesta final



Fuente: La autora.

9.4 Prototipado para validaciones

En el proceso de prototipado se utilizó el corte láser como método de fabricación. Usando los planos de los modelos virtuales en SolidWorks, se crearon planos de corte en Adobe Illustrator para la Pista, el Graficador y las Gráficas (**Apéndice G**). Después del corte se procedió al lijado, ensamblado y pegado de las piezas.

La Pista tiene tres secciones: Inicio, medio y meta. El inicio permite alinear el carro en línea con la ruta, se compone de una barrera rectangular donde se apoya la parte posterior del auto

y dos bandas a los lados que delimitan la trayectoria en 12 cm de ancho. Adicionalmente, se grabó la palabra INCIO en la barrera posterior, como se puede apreciar en la **Figura 65**.

La sección media de la pista sigue las bandas de la trayectoria. Estas se componen de una doble lámina para evitar quiebres del material. Mediante el corte, se realizaron muescas cada centímetro y se añadió doble material en la superficie para incrementar el peso. Los separadores se cortaron dobles, estos se encajan entre la superficie y quedan ajustados con las bandas. Además, se hicieron seis copias de la sección media de 20 cm para completar un recorrido total de 120 cm de recorrido. En la meta, se ensambla la parte final de la sección media. Se diseña una barrera de detención para frenar la llanta del auto si falla la medición de distancia, y se grabó la palabra META sobre la superficie.

Figura 65

Proceso de fabricación de la Pista



Fuente: La autora.

El Graficador es una superficie dividida en nueve por nueve cuadrantes, los cuales representan la unidad entera del punto que se desea graficar (**Figura 66**). En cada cuadrante, hay 16 orificios distribuidos en forma de cuadrícula, que permiten representar los valores decimales

del punto. Se busca representar un plano cartesiano en una superficie con relieves, por tanto, se agregaron columnas intermedias para facilitar el hallar el punto deseado mediante el sentido del tacto.

En cuanto a las escalas del eje xy , para cada una se diseñan nueve divisiones de cada cuadrante. Las divisiones permiten insertar hasta tres fichas de números y limitar su movimiento. Las fichas de números enteros están conformadas de dos placas unidas formando una esquina, tienen los números grabados y en braille, son 22 fichas. Por último, los pines de función se insertan en los orificios y en su parte superior tienen una sección central donde se envuelve una liga para formar la línea de la gráfica.

Figura 66

Proceso de fabricación del Graficador



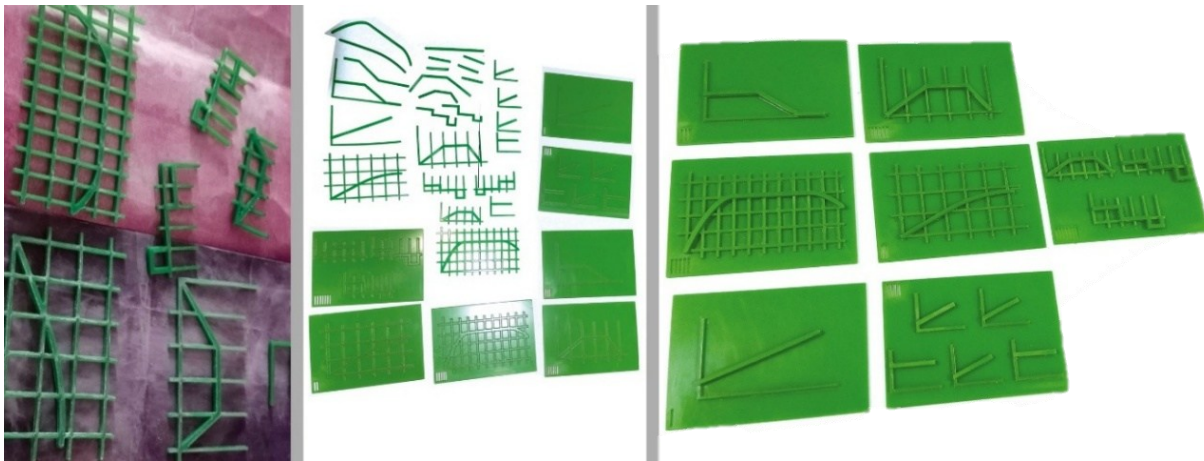
Fuente: La autora.

Las Gráficas en relieve se hacen a partir de tres niveles de lámina de PE de alta densidad de calibre 2 milímetros. En el primer nivel se corta una placa rectangular con el grabado del

contorno de la gráfica, en la esquina de la placa se sustrae una línea de material, o más dependiendo del número de la gráfica (**Figura 67**). En el segundo nivel se cortan los contornos de las gráficas y para el tercer nivel solo se corta la curva de la función. Se seleccionan las gráficas del movimiento rectilíneo uniforme en el examen de entendimiento de gráficas (Apéndice H, Rivera González & Quijano Hernández, 2017).

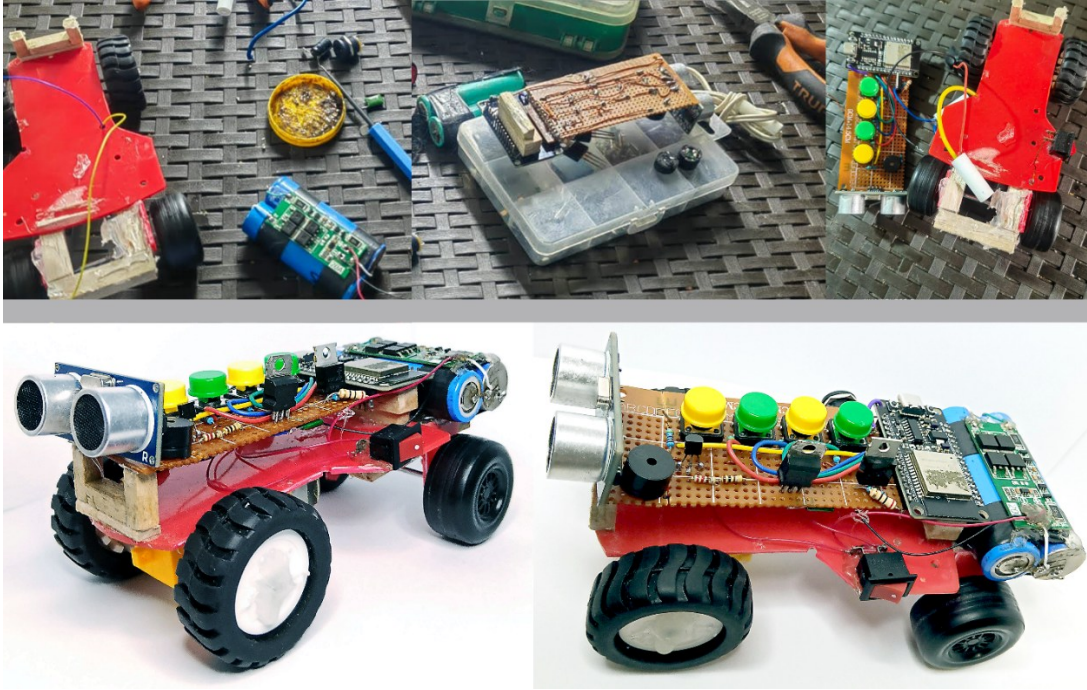
Figura 67

Proceso de fabricación de las Gráficas



Fuente: La autora.

La última revisión que se hizo al modelo del Carro con los profesores José y Adriana resultó en la necesidad de aumentar el volumen del sonido, ya que el ruido del salón de clases no permitió escuchar claramente las alertas (**Figura 68**). También se consideró necesario mejorar la fuente de poder del sistema, pues se apagaba ocasionalmente. Las modificaciones hechas al circuito fueron: añadir un transistor al reproductor de sonido para aumentar el volumen y cambiar a baterías de litio para que el circuito tenga más voltaje, además de revisar el cableado.

Figura 68*Revisión del modelo del Carro**Fuente:* La autora.

10. Desarrollo de la Fase 4: Validar

Al finalizar el desarrollo de la propuesta de diseño del material didáctico, se llegó a la Fase 4: Validar. Esta etapa buscó comprobar qué tanto los conceptos e ideas planteadas solucionan la problemática encontrada. El principal método de validación de la investigación constó de la comparación entre grupos, uno usando el material tradicional y el otro usando la propuesta de diseño. Durante el proceso de la investigación se trabajó con el colegio Jose Celestino Mutis, donde se realizaron las pruebas. Fue una investigación de tipo cuasi-experimental al no controlar todas las variables que pueden afectar el impacto del producto. Junto a los docentes se aplicó un examen

después de las actividades realizadas para comparar la aprehensión de los conceptos pertenecientes al MRU entre los grupos.

10.1 Planeación validaciones

En este apartado se describe el plan de validaciones del material didáctico que se ejecutó en el colegio, luego se presentan los resultados en el informe de validaciones.

10.1.1 Preparación y recursos

Para las comprobaciones se toma el modelo funcional previamente prototipado. La actividad necesita de una guía que contenga los fundamentos teóricos y las instrucciones de desarrollo. Luego la propuesta de diseño, **LineoFísicoLAB**, como se denominó, consta del módulo 1, **LineoMovil**, el módulo 2, **LineoGráfico** y la guía de desarrollo.

Esta guía depende del nivel académico de la clase donde se aplica el taller. En consecuencia, se elaboró una guía para los estudiantes de media, de décimo a onceavo (**Apéndice I**), y otra guía para los estudiantes de secundaria, de sexto a noveno (**Apéndice J**). Para el grupo control, que desarrolló sólo el taller escrito, se elaboró el taller para media (**Apéndice K**) y para secundaria (**Apéndice L**). El contenido para secundaria usó como referencia la página de UNIDADES DIDÁCTICAS CIENCIAS de Colombia aprende (MEN, 2021), el tema de rapidez. Para el contenido de media, se usó el documento Guía de apoyo Cinemática y Dinámica grado 10° por Carvajal Córdoba (s.f.) del INCI y el libro Física fundamental de Valero (1996).

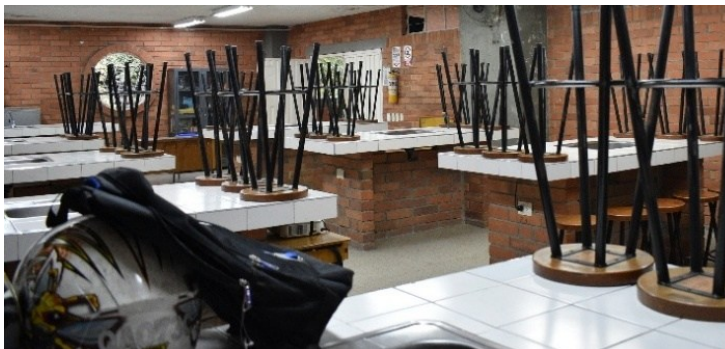
Conforme a los lineamientos del colegio Jose Celestino Mutis se trabajó con los profesores de física, Adriana Meza Rincón y José Ignacio Suarez Abreo, en el laboratorio de Física (**Figura 69**). En el momento de la prueba se cuenta con celulares y cámara para tomar la evidencia fotográfica, de video y audio. Se usaron copias impresas de las guías y talleres, y se les pidió a los

estudiantes usar lápices y calculadora para realizar la actividad. Se utilizó un cronómetro para medir el tiempo de forma precisa. Se tuvo en cuenta los siguientes parámetros:

- La prueba se realizó en el tiempo de la clase.
- 40 estudiantes máximo por salón.
- La primera clase fue de 2 horas con el profesor José.
- La segunda clase fue de 1 hora con la profesora Adriana.
- Ambas clases se realizaron en el laboratorio de física, una después de la otra.
- No hay comunicación entre los grupos.
- Los profesores monitorearon la actividad.

Figura 69

Laboratorio de física y cronometro



Fuente: La autora.

10.1.2 Hipótesis del experimento

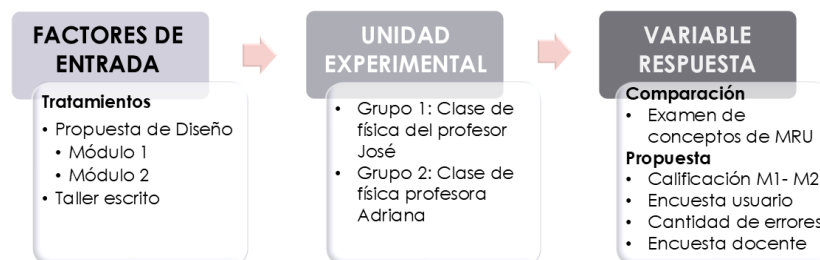
El uso del material didáctico diseñado mejora la aprehensión del concepto teórico del movimiento rectilíneo uniforme en los alumnos de la clase de física del colegio José Celestino Mutis.

10.1.3 Diseño del estudio

Mencionado anteriormente para los **tratamientos** se comparó la propuesta de diseño sobre los conceptos de distancia, tiempo y velocidad en el MRU, con un taller escrito de los mismos conceptos en el nivel de secundaria. En el esquema de la **Figura 70** se observa la estructura del experimento.

Figura 70

Estructura del experimento de diseño



Las variables respuesta comprueba que tan verdadera es la hipótesis planteada, el cómo el desarrollo de la investigación de diseño dio solución a la problemática. La definición de las variables respuesta y sus instrumentos de recolección se describen en la **Tabla 19**.

Tabla 19

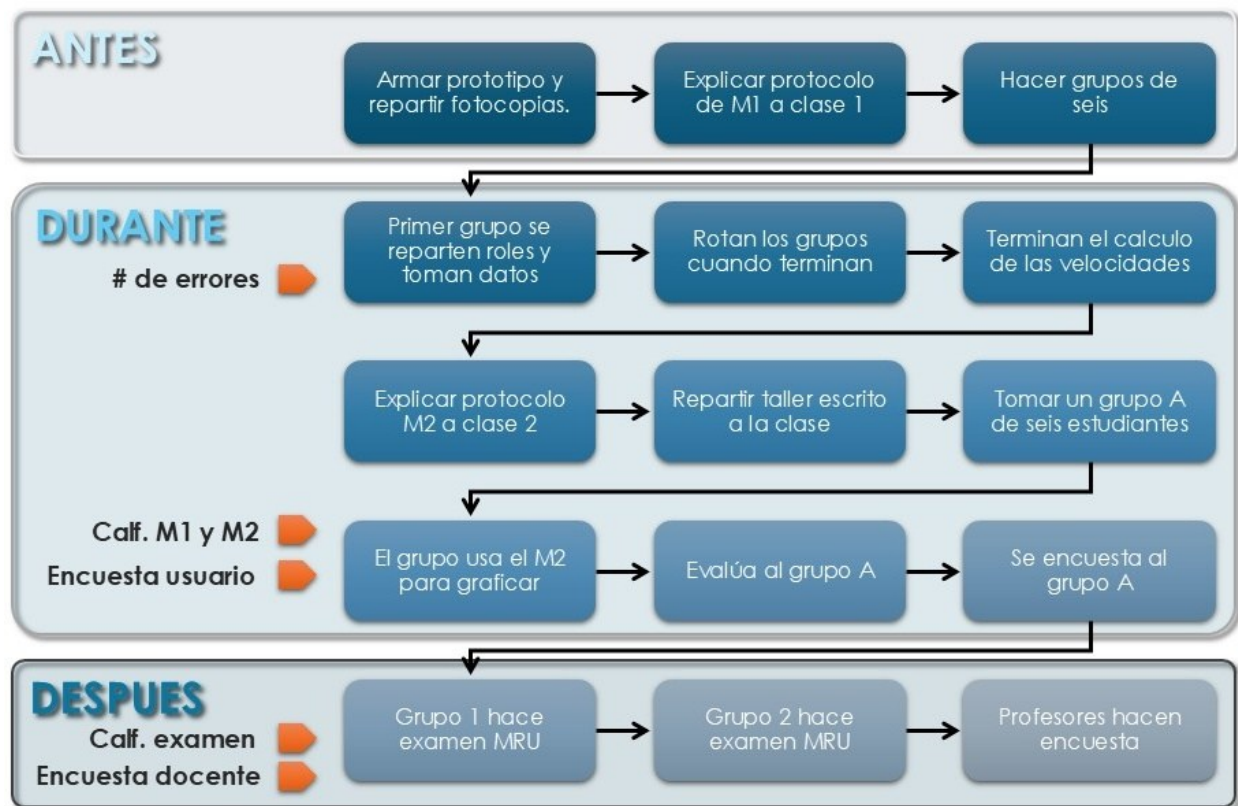
Definición de variables respuesta

Variable respuesta	Tipo de medición	Unidad	Escala de medida
1, Examen de conceptos de MRU			
Calificación de examen de opción múltiple en ambos grupos.	Razón	Porcentaje	Continua
Examen Apéndice M.			
2, Calificación de M1 y M2			
Calificación de las actividades desarrolladas en M1 y M2.	Razon	Porcentaje	Continua
Guia Apéndice J.			
3, Encuesta de dificultad usuario			
Calificación de dificultad uso de los componentes por el usuario Módulo 2 Encuesta Apéndice N.	Ordinal	1 a 5	Continua
4, Cantidad de errores			
Número de veces que se cometio errores en un componente. Video de uso.	Razón	Números naturales	Discreta
5, Encuesta docente			
Ecala de likert por requerimiento y comparación con otros metodos. Encuesta Apéndice O.	Ordinal	Desacuerdo - De acuerdo	Politémica

Como última parte de la preparación del estudio se definió el proceso de realización de las pruebas y los momentos en donde se hicieron las medidas de las variables respuesta. El diagrama se divide en tiempos de antes, durante y después como se muestra en la **Figura 71**.

Figura 71

Proceso de las pruebas



Fuente: La autora.

10.2 Informe de validaciones

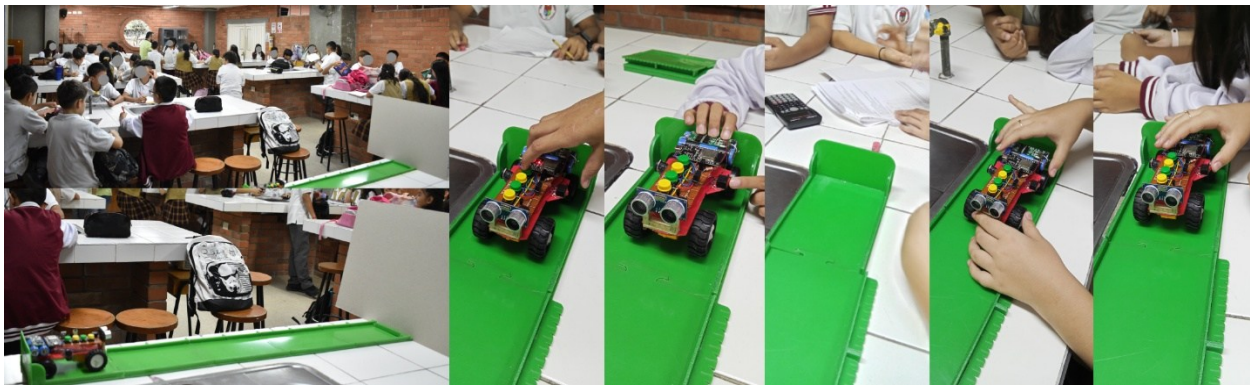
Se presentan los resultados de las pruebas hechas en el laboratorio de física. El primer paso fue discutir la organización y entregar el consentimiento informado a los docentes que se adjunta en el **Apéndice P**, ya firmado. Luego se dividen los resultados por los módulos, el examen y la encuesta docente.

10.2.1 Resultados módulo 1 LineoMovil

En la primera clase con el profesor José Ignacio Suarez Abreo participaron 36 estudiantes. Se dividieron en seis grupos y se repartió la guía. Cada grupo tomó turnos para hacer la medición de datos. Se reparten roles para usar el cronómetro, encender el auto, anotar los datos y calcular. Se presentan las fotografías de evidencias de cada grupo en la **Figura 72**.

Figura 72

Fotos de la primera clase en el módulo 1



Fuente: La autora.

La pista se armó para tener un recorrido de 80 cm, cada grupo tomó 4 datos de tiempo con el cronómetro y anotó las 4 distancias que aumentan en 20 cm. Para terminar la tabla cada grupo consultó la teoría en la guía y calculó la velocidad para cada par de tiempo y distancia. Los resultados se presentan en la **Tabla 20**. Además, se verificó si los tiempos fueron tomados correctamente y si se calculó la velocidad de forma correcta. Se tuvo en cuenta un error en donde se confundía el 7 con el 1 en el cronómetro. Las columnas del tiempo y la velocidad se califican un punto por dato y la columna de la distancia en dos puntos totales, dando 10 puntos máximo para cada grupo. En la Columna V2 se calculó la velocidad usando los datos para verificar las respuestas en V.

Tabla 20

Tablas de datos de la actividad y calificaciones

T	X	V	V2	T	X	V	V2	T	X	V	V2
1.5	20	12.82	13.333	1.75	20	17.39	11.429	1.43	20	13.98	13.986
2.15	40	18.6	18.605	2.71	40	14.76	14.76	2.53	40	15.81	15.81
3.93	60	15.26	15.267	4.06	60	14.77	14.778	3.4	60	17.64	17.647
5.06	80	15.8	15.81	5.71	80	14.01	14.011	4.75	80	16.84	16.842
3.5	2	3.5	9 G1	3	2	3.5	8.5 G2	4	2	4	10 G3
T	X	V	V2	T	X	V	V2	T	X	V	V2
1.53	20	13.07	13.072	1.53	20	13.07	13.072	1.21	20	16.52	16.529
2.12	40	18.86	18.868	2.87	40	13.93	13.937	1.62	40	24.69	24.691
3.81	60	15.79	15.748	3.87	60	15.5	15.504	3.03	60	19.8	19.802
5	80	0.06	16	5.15	80	15.53	15.534	5.59	80	14.31	14.311
3.5	2	2.5	8 G4	4	2	4	10 G5	2	2	2	6 G6

Después de corregir los errores entre el 7 y 1, los estudiantes generaron las gráficas de posición en función del tiempo en la **Figura 73** mediante GeoGebra. Luego se compararon todas las gráficas y los puntos de la velocidad (**Figura 74**), se excluyeron los resultados del grupo 6 por la toma incorrecta del tiempo.

Figura 73

Gráficas de posición vs tiempo

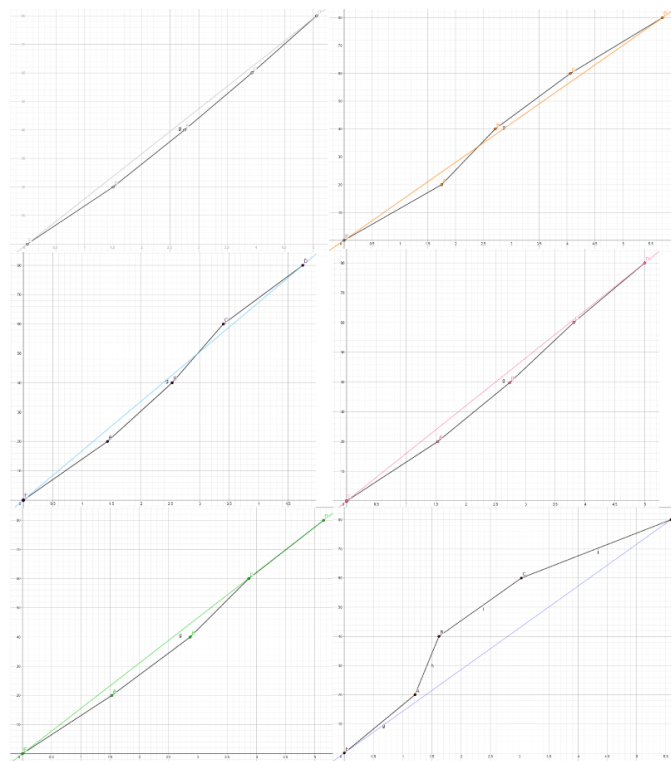
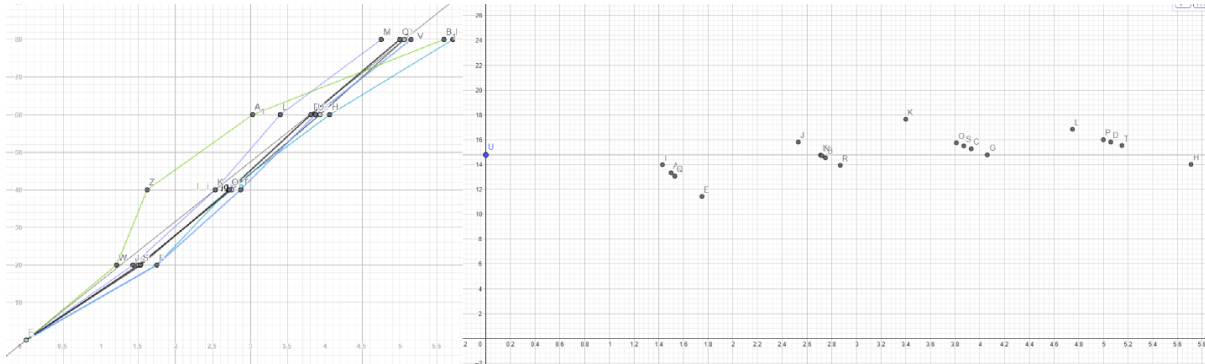


Figura 74*Comparación de gráficas y puntos de velocidad**Fuente:* La autora.

De la comparación de las gráficas se observa cuales datos generaron una función más lineal, descartando el grupo 6 por la diferencia significativa entre sus intervalos de tiempo. También se observa que hay un margen de error de 0.3 y 0.6 segundos en las medidas de los demás grupos. Para la velocidad se calcula el promedio entre los puntos graficados, que da 14.78 cm/s. Hay un margen de error de seis centímetros entre el menor resultado 11 cm/s y 17 cm/s aproximadamente.

En total cinco grupos obtuvieron una calificación sobre 80% logrando completar el taller en una nota aprobatoria (**Tabla 21**). El sexto grupo completó la tabla de datos, pero no generó una gráfica que se acerca a la lineal por la toma incorrecta de tiempos. El 83% de los estudiantes corresponde a 30 estudiantes de los 36 que asistieron, lo que comprueba la capacidad del material para ser usado como taller MRU.

Tabla 21


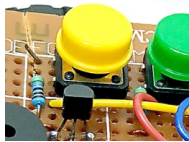
Calificaciones del grupo 1

Grupo	Pts.	%
G1	9	90%
G2	8.5	85%
G3	10	100%
G4	8	80%
G5	10	100%
G6	6	60%
TG	5/6	83%

El módulo fue accionado satisfactoriamente 24 veces (4 veces por grupo), en donde se logró hacer la toma de datos. Se registraron en video los errores que no permitieron tomar los datos. Se dividen en cantidad de errores por tipo de error en la **Tabla 22**.

Tabla 22

Número de errores del módulo 1

Componente			
	Interruptor de encendido , suena después de 1.5 segundos de activado para cargar el programa.	Botón 1 , suena 2 veces al ser presionado, se programa la velocidad 1.	Botón 4 , suena al ser presionado de forma larga, arranca el carro.
			
Error			
	Presiona los otros botones antes de que suene el final de la carga	Presiona muy suave o no presiona hasta que suene.	Presiona muy suave o no hace una presión larga hasta que suene.
G1	2	1	2
G2	1	1	2
G3	1	2	1
G4	0	0	1
G5	0	0	1
G6	0	1	0
Total	4	5	7

Según los resultados estos componentes necesitan mejorar en sus tiempos de accionar y señales sonoras. El interruptor toma tiempo al cargar y no da señales de que estaba cargando hasta que finaliza. Hay que verificar cuánto tiempo necesita que se accione el primer botón puesto que sólo se programó una presión larga para el cuarto botón; clarificar que debe terminar de sonar para

que quede registrado. Cambiar la presión larga del cuarto botón ya que interrumpe el arranque del motor y la toma de tiempos.

10.2.2 Resultados módulo 2 LineoGráfico

La segunda clase con la profesora Adriana Meza Rincón contó con 35 estudiantes. Se hizo un grupo A de seis estudiantes para probar el módulo 2. Los otros alumnos de la clase estudian el taller escrito sobre MRU. Con el grupo A se socializaron los conceptos del material y se hizo la actividad. Este grupo tiene una estudiante ciega, quien es el principal foco de la prueba y requiere que primero se haga una exploración táctil explicando los elementos. Luego se les dio la gráfica en relieve del ejercicio. Se presentan las fotografías de evidencias en la **Figura 75**.

Figura 75

Fotos de la segunda clase



Fuente: La autora.

Primero los estudiantes completaron la escala con los números. Luego debían graficar los puntos según la gráfica en relieve. Se piden 4 puntos claves, (1,2), (3,3), (8,3) y (9,2). Cada eje es medio punto, cuando se equivoca de orificio es menos 0.25 puntos. Al finalizar se le pidió al grupo que uniera los pines con ligas y formen la curva, lo que equivaldría a otro punto. En total son 6

puntos posibles de la actividad. Además, sobre la gráfica se hicieron dos preguntas evaluativas, con un punto cada una, siendo 8 puntos posibles. En la **Tabla 23** se registraron los resultados.

El grupo A completó la escala y la curva satisfactoriamente y tuvo errores menores en las coordenadas de los puntos. Para las preguntas contestaron correctamente la primera, siendo 1 cm/s, pero la segunda pregunta de si entre el segundo 3 y el segundo 8 cambia la posición, la contestaron de forma incorrecta, ya que el cambio es cero, la posición es constante en estos puntos. En la sumatoria los estudiantes obtuvieron una nota aprobada sobre 70%.

Tabla 23

Calificaciones del grupo A

Actividad		
Material	Tarea	Puntos
	Números en la escala	1
	Punto (1,2)	(1.25, 2) 0.75
	Punto (3,3)	(3,3) 1
	Punto (8,3)	(7,3) 0.5
	Punto (9,2)	(8.75, 2) 0.75
	Formar la curva	1
	Total	5/6
	Preguntas	
En el punto (3,3) ¿Cuánto es la velocidad?	Correcta	1
Entre el punto (3,3) y (8,3) ¿Cuánto es el cambio de posición?	Incorrecta	0
Total		6/8
Aprobado		75%

Fuente: La autora.




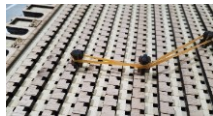
De la cuenta de errores (**Tabla 24**), se obtuvo que el componente crítico que necesita modificarse es la cuadrícula de orificios, ya que estos son cuadrados y las distancias entre cada uno confunde al usuario al estar demasiado cerca el uno del otro. En la escala la ranura esta

adyacente de la pared interna del contorno, lo que al ser detectada sólo por exploración táctil puede hacer que pase desapercibida.

También, se encontró que la forma de las fichas genera confusión sobre la correcta orientación de la pieza para la lectura del braille. Teniendo en cuenta que este necesita que se perciban los espacios vacíos en comparación de los puntos en relieve y el orden en que se encuentra para identificar qué número es. Al ser dos placas del mismo tamaño no se manipula la pieza en su correcta orientación. Finalmente, las ligas exceden el tamaño para estar en tensión entre punto y punto.

Tabla 24

Número de errores del módulo 2

Componente			
<p>Números. Piezas con braille para establecer los intervalos.</p> 	<p>Escala. Compartimentos que dividen la cuadrícula en 9x9 unidades.</p> 	<p>Cuadrícula. Cuadrantes de orificios que representan el plano cartesiano.</p> 	<p>Ligas. Forma la curva de la función.</p> 
Error			
No se encuentra el lado correcto para leer el braille	No se detecta la ranura para encajar el número.	Se confunde entre los orificios y son pequeños para encajar el pin de función.	La liga no queda templada y pasa por todos los puntos de función.
# de errores	1	2	3

Fuente: La autora.

Después de la actividad se hizo una encuesta para saber la percepción del grupo A en aspectos como dificultad y pertinencia del material. Se les pidió que respondieran cada pregunta calificando del 1 al 5. Los resultados se presentan en la **Tabla 25**.

Tabla 25*Encuesta percepción del usuario*

Pregunta		Calf.	
Del 1 al 5, siendo el 5 el peor.			
1	¿Qué tan difícil fue leer el braille?	3	
2	¿Qué tan difícil fue detectar los orificios donde se grafica?	4,5	
3	¿Qué tan difícil fue detectar la función con las ligas?	2	
4	¿Qué tan difícil fue detectar los compartimientos de las unidades en el eje x y en el eje y?	1	
5	¿Qué tan difícil fue detectar la curva de la función de las gráficas en relieve?	4	
6	¿Qué tan difícil fue detectar la cuadrícula y sus unidades en las gráficas en relieve?	3	
Del 1 al, 5 siendo el 5 el mejor.		17,5	58%
1	¿Qué tan interesante encuentra este material?	5	
2	¿Qué tanto siente que se aprendió con esta actividad?	4	
3	¿Qué opina de tener este tipo de material en clase?	5	
"Es bueno, ayuda bastante en las matematicas, Pocos son los instrumentos que estan adaptados para una persona con dicapacidad visual"		14	93%

Fuente: La autora.

Para el aspecto de dificultad en los componentes se obtuvo 17.5 puntos de los 30, siendo 30 la peor calificación que podría recibir el sistema, que equivalen al 58%, donde se encontraran puntos importantes de mejora. La curva de la función en la gráfica en relieve no se distingue suficientemente de la cuadrícula de referencia. Por otro lado, en aspectos del impacto del material a la clase obtuvo 93%, de los 15 puntos posibles, siendo 15 la mejor calificación, percibiendo un aporte positivo a la clase.

10.2.3 Examen de conceptos de MRU

Para evaluar los conceptos se agenda la siguiente clase de física en el horario, siendo la semana siguiente a la prueba realizada, pues los tiempos de las clases no alcanzaron para realizar el examen. Primero se evaluó la clase con el profesor José y luego la clase con la profesora Adriana. Se comparó los resultados de los dos grupos por pregunta y por nota aprobada. El examen contó

con cinco preguntas de cuatro opciones de respuesta y una sola respuesta correcta. La nota para aprobar es 3 aciertos sobre 5.

Para el análisis se excluyeron los resultados de los seis estudiantes del grupo A en la clase 2, ya que estos solo usaron el sistema para graficar y las preguntas eran de conceptos enfocados en el ejercicio del Módulo 1. Luego para tener la misma cantidad de respuestas en ambos grupos, se excluyeron 5 respuestas a la azar del otro grupo. En total se toman 29 estudiantes para los cálculos. Las tablas de datos están en el **Apéndice Q**.

En la **Tabla 26** se muestran los resultados. El grupo 1, que usó el material, tuvo 24 estudiantes aprobados, siendo el 82.8% del total. En comparación el grupo 2 tuvo 19 aprobados, el 65.5%. Hay un aumento de 17.3% que equivale a 5 estudiantes más aprobados.

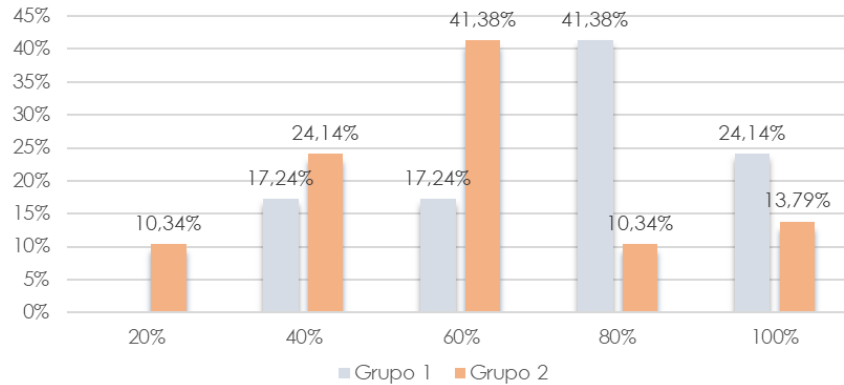
Tabla 26

Comparación de estudiante aprobados

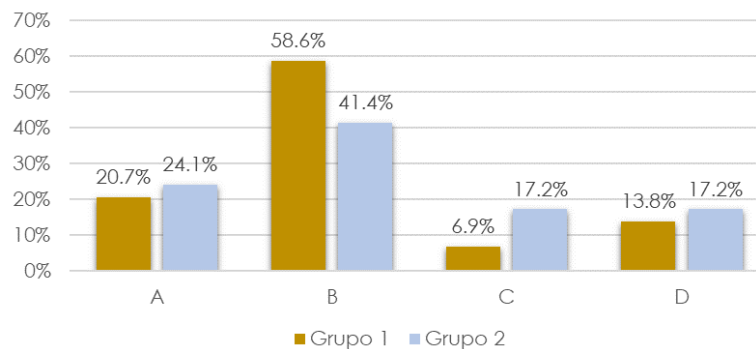
NOTAS	Grupo 1	Grupo 2
20%		3
40%	5	7
60%	5	12
80%	12	3
100%	7	4
APROBADOS	24	19
%	82,8%	65,5%

Fuente: La autora.

En la siguiente, **Figura 76**, se observa la distribución de las respuestas por notas de los dos grupos. El grupo 1 tiende a sacar 4/5 puntos que equivalen al 80% de la nota total. Mientras que el grupo 2 tiende a sacar entre 2/5 y 3/5 puntos siendo el 40% y el 60%. En el gráfico de barras el eje x equivale a la nota donde 1 es 5% repuestas correctas.

Figura 76*Porcentaje de cada nota**Fuente:* La autora.

Se le analizó el conteo para cada pregunta. La pregunta uno “¿Cuál es la distancia total que recorre el carro?” buscó comprobar la definición del concepto de distancia en el MRU, donde la respuesta correcta es la B, “La distancia más larga que recorrió el carro, hasta donde se detuvo”. El grupo 1 tiene 17.2% más respuestas correctas que el grupo 2, (**Figura 77**).

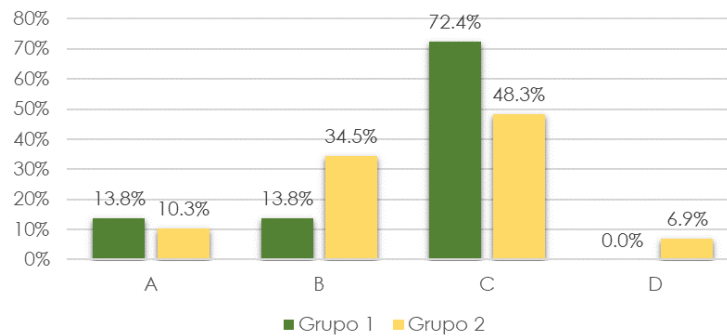
Figura 77*Porcentaje de respuestas de Pregunta 1**Fuente:* La autora.

Para la pregunta dos, trata de definir los intervalos que dan pie al análisis del movimiento y a la gráfica para la distancia. Se expresó, “Si quiero saber cómo se va moviendo el carro en

diferentes partes del camino, ¿qué puedo hacer?”. En la **Figura 78** un adicional de 24.1% del grupo 1 respondió correctamente la C, “Dividir todo el camino en partes iguales con puntos y medir en esos puntos.”

Figura 78

Porcentaje de respuestas de Pregunta 2

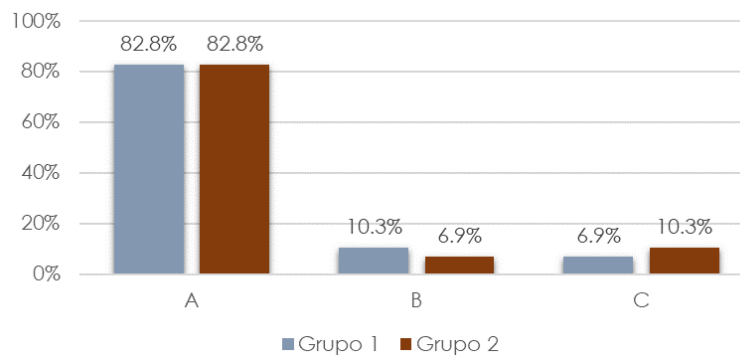


Fuente: La autora.

En la definición del tiempo para el MRU no hubo diferencia en las respuestas de los grupos, (**Figura 79**), El enunciado de la pregunta tres se lee “Si el carro recorre una distancia más larga, ¿qué pasa con el tiempo?” y la respuesta correcta era la A, “El tiempo va aumentando.”

Figura 79

Porcentaje de respuestas de Pregunta 3

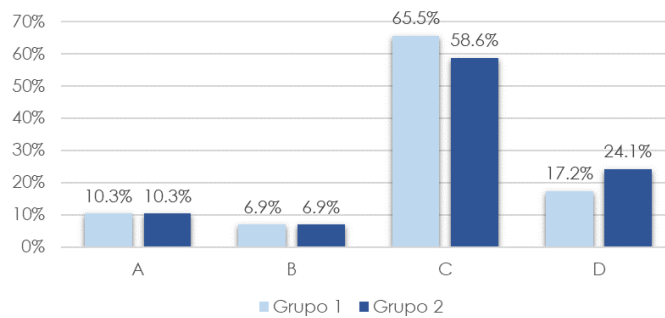


Fuente: La autora.

La pregunta cuatro, cuestiona el cómo se debe hacer el análisis del tiempo en el taller para generar los datos, “¿Para qué usamos el cronómetro en esta actividad?”. La respuesta C, “Para medir cuánto tiempo tarda en llegar a cada parte del camino” obtuvo un 6.9% más de respuestas en el grupo 1, como se muestra en la **Figura 80**.

Figura 80

Porcentaje de respuestas de Pregunta 4

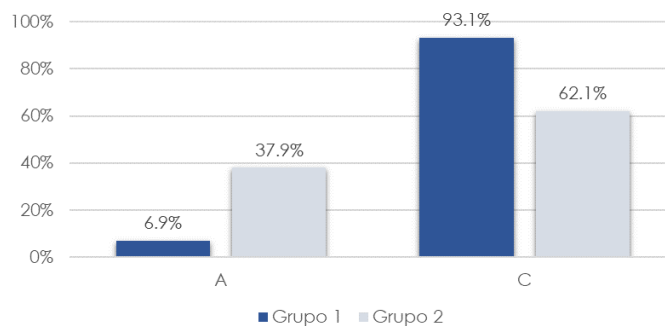


Fuente: La autora.

La última pregunta, se observan sus resultados en la **Figura 81**. Evalúa la definición del concepto de velocidad para el nivel secundario, se lee “Si ya sé la distancia y el tiempo, ¿cómo puedo calcular la velocidad?”. Un 31% de más estudiantes en el grupo 1, que en el grupo 2, eligieron la respuesta correcta. La C, “Dividiendo la distancia entre el tiempo.”

Figura 81

Porcentaje de respuestas de Pregunta 5



Fuente: La autora.

10.2.4 Encuesta docente

Después de las actividades los dos profesores encargados de las clases contestaron la encuesta docente a través de Google Form, con una escala de valoración ordinal entre -3 (muy en desacuerdo) y 3 (muy de acuerdo). Se les adjunto un video del grupo 1 con el módulo 1 y un video del grupo A con el módulo 2. También, se agregaron las gráficas de ambas actividades. Se hace una descripción de cada parte y su función (**Apéndice O**). En la **Tabla 27** se muestran las respuestas de los profesores.

Tabla 27

Resultados de la encuesta docente

C	Muy en	En desacuerdo	Ligeramente en	Ni de acuerdo ni en	Ligeramente de	De acuerdo	Muy de acuerdo			
O	desacuerdo		desacuerdo	desacuerdo	acuerdo					
D	-3	-2	-1	0	1	2	3			
Preguntas								Profesor 1	Profesor 2	
	1. El dispositivo permite simular de forma clara el Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU)									
FU03	¿Qué es lo mejor en este aspecto y que se debe mejorar para los dos Módulos?									
	Lo sencillo de manejar el prototipo y mejorar la bocina de sonido.								3	2
	La facilidad de interacción del estudiante, ya que puede palpar el recorrido del móvil.									
	2. El dispositivo facilita la simulación de gráficas de movimiento.									
US03	¿Qué es lo mejor en este aspecto y que se debe mejorar para los dos Módulos?									
	Facilita a los estudiantes reconocer las variables de posición y tiempo, por mejorar la toma de tiempo mas digital.								3	2
	La facilidad de interacción del estudiante, ya que puede palpar las gráficas e identificar el comportamiento de la función. Por mejorar, la revisión de algunas gráficas.									
	3. La retroalimentación sonora permite identificar con claridad el avance del movimiento.									
FU04	¿Qué es lo mejor en este aspecto y que se debe mejorar para los dos Módulos?									
	El sonido es una herramienta vital para está practica, se debe mejorar en la bocina para lugares con decibeles altos.								2	2
	El sonido le ayuda al estudiante a identificar diferentes momentos en el recorrido, por mejorar: la amplificación, ya que en grupos normalizados hay mucho ruido y le cuesta trabajo al estudiante con discapacidad visual identificar el sonido.									
	4. La señalización en alto relieve y braille facilita el reconocimiento de espacios y medidas clave.									
FU01	¿Qué es lo mejor en este aspecto y que se debe mejorar para los dos Módulos?									
	Esta parte esta muy bien diseñada y su reconocimiento de las medidas es sencillo de hacer.								3	3
	Es muy importante la interacción del estudiante con baja visión o visión nula. El material tiene relieves y texturas que le ayudan al estudiante a identificar las variables que se estudian en el movimiento rectilíneo uniforme.									
	5. El peso del dispositivo es adecuado para transportarlo fácilmente en un día de clases.									
FU02	¿Qué es lo mejor en este aspecto y que se debe mejorar para los dos Módulos?									
	La forma de armado es útil para que el prototipo sea de fácil manejo y su ensamble sea sencillo.								3	3
	El material es muy funcional y resistente a la manipulación de estudiantes. Sugerencia: diseñar una caja para guardarlo y que se pueda llevar todo en un solo paquete.									
	6. El dispositivo puede desarmarse fácilmente para optimizar el espacio durante el transporte.									
ES02	¿Qué es lo mejor en este aspecto y que se debe mejorar para los dos Módulos?									
	Que se puede armar con diferentes posiciones y su ensamble es fácil.								3	3
	Al ser desarmable, se optimiza el espacio cuándo hay que guardarlo o transportarlo. Se sugiere un empaque adecuado, en donde las piezas encajen y no se muevan mientras se traslada el material de un lugar a otro, para garantizar así que las piezas no se vayan a dañar.									
	7. ¿Qué otros aspectos o cualidades de los módulos considera que aportan a la clase que ayuden a los estudiantes a aprender?									
	La elaboración de gráficos es importante para interpretar el movimiento									
	Considero que debe diseñarse una guía de trabajo en Braille, para que la interacción del estudiante con discapacidad visual sea completa, en donde reciba la instrucción para el ensamble de algunas piezas y se le explique paso a paso el procedimiento, de tal manera que pueda seguir las instrucciones y valerse por sí mismo.									

Cada numeral corresponde a uno de los requerimientos del cuadro de valoración de alternativas. Para el primer aspecto, “Permite simular el MRU.”, se obtuvo una opinión favorable ya que se define un recorrido que se delimita al tacto, asegura la misma fricción y un recorrido homogéneo. Se tiene en cuenta que el movimiento rectilíneo uniforme es un movimiento ideal.

El segundo, “Permite simular las gráficas de movimiento.” Se destaca que permite identificar las variables de distancia y tiempo de forma separada por los ejes xy . En cuanto a la función puede identificar su comportamiento a través del tacto, y no de forma abstracta, solo con las coordenadas y la escala como se hace en los talleres escritos con descripción de imágenes. Se debe mejorar en las gráficas en relieve la veracidad teórica de la curva de la función, pues algunas grafican incluyen líneas que no son parte de la curva.

En cuanto al tercer aspecto, “Retroalimentación del movimiento a través del sonido.” Las propuestas sonoras en el recorrido son favorables e importantes, pero para el lugar de uso necesita aumentar los decibeles, los alumnos en el salón de clase generan bastante ruido interfiriendo con el sonido del *buzzer*.

El cuarto, “Señalización con alto relieve y braille de los espacios y elementos claves, así como las medidas.” Tuvo una opinión completamente favorable en cuanto a su fácil reconocimiento de las medidas. Tiene relieves y texturas que ayudan a identificar las unidades de las variables y fichas de los números en braille.

Para el quinto aspecto, “Peso cómodo para transportar en un día de clase.” Se destaca la división en piezas con materiales livianos y su resistencia a la manipulación de los estudiantes. Énfasis en la necesidad de un empaque para transportar juntos los módulos.

El último aspecto, “Desarmar para ocupar un espacio optimizado al transportar.” Obtuvo una opinión muy favorable porque se puede ajustar la distancia con piezas que se desensamblan.

Se reitera la necesidad de un empaque que contenga todas las piezas y las mantenga quietas para que no choquen entre sí.

En la pregunta general, la séptima, Se destaca el uso en conjunto del graficador y el simulador del movimiento y su importancia para aprender los conceptos de MRU. Además, se recomienda tener una versión de guía de trabajo en braille, donde se explique el uso ensamblado y talleres a realizar, de forma que el estudiante con diversidad funcional visual se valga por sí mismo y desarrolle las actividades por sí solo.

La segunda parte de la encuesta (**Tabla 28**), se les preguntó a los profesores su comparación con experiencias anteriores enseñando a estudiantes con diversidad funcional visual. Se utilizó una escala ordinal entre 1 (mucho peor) y 5 (mucho mejor). Compararon el material con otros métodos como talleres, diapositivas, simuladores. Uno de los profesores tiene un ejemplo de taller de MRU, la guía se encuentra en **Apéndice R**.

Tabla 28

Percepción de comparación con otros métodos

Escala						Calificación		
Mucho peor	1	2	3	4	5	Mucho mejor	Profesor 1	Profesor 2
Preguntas								
8. En comparación con otros métodos, este dispositivo facilita una comprensión con experiencia física del Movimiento Rectilíneo Uniforme							5	5
9. El dispositivo fomenta más la participación activa del estudiante que otros recursos							5	5
10. Es más accesible para estudiantes con diversidad funcional visual que otros métodos.							5	5
11. Este recurso facilita la interacción de los estudiantes ciegos con las gráficas de posición y velocidad más que otras herramientas.							5	5
12. Permite mayor interacción de diferentes aspectos sensoriales con los conceptos en comparación con otros materiales didácticos.							5	5
13. El uso del dispositivo promueve una experiencia con mayor recordación que otros métodos tradicionales.							5	5

10.3 Retroalimentación

De acuerdo con los resultados de las pruebas realizadas se proponen cambios que mejoran el uso del dispositivo y el cumplimiento de su función. En la **Tabla 29** se muestra cada componente y las subpartes de estos que necesitan cambios.

Tabla 29

Retroalimentación y cambios por componentes

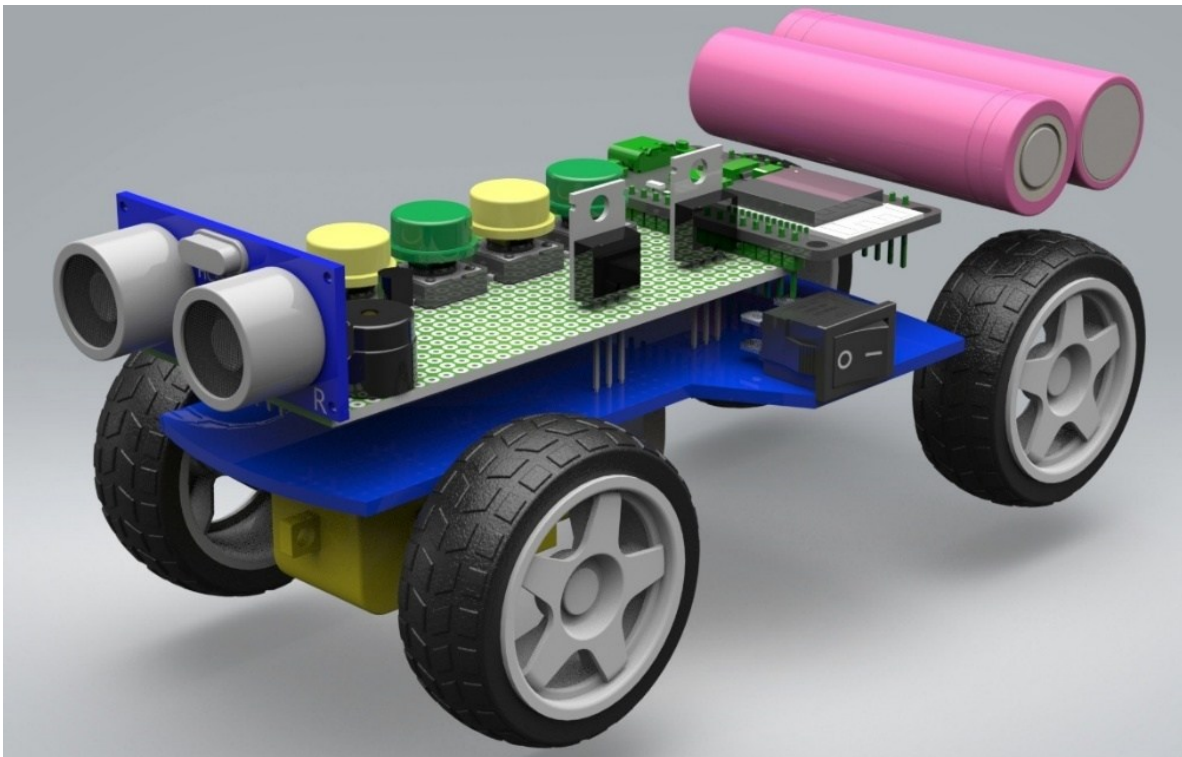
Componente	Retroalimentación	Cambios
Carro		
Tiempos de carga del interruptor y de los botones.	Tiempos de carga muy largo y presión larga para los botones.	Reducir los <i>delays</i> y cambiar la duración de la presión en los botones.
Sensor de proximidad	El motor le hace interferencia y no lee más allá de 80 cm con 8v.	Volver a la versión de 3.5 voltios para la placa ESP32. Considerar cambiar a un motor de paso.
Pista		
Ruta Final	La meta solo frena el auto para impedir que se dañe.	Incluir la barrera de 12x12 cm o más para que el sensor de proximidad haga la lectura sin necesidad de una pared.
Separadores cada diez centímetros.	No hay indicador de táctil de a cuánta distancia se encuentran.	Agregar los decímetros en braille.
Graficador		
Cuadrícula	Los orificios son cuadrados y muy pequeños.	Disminuir el número de orificios por cuadrante y intercalar el relieve tanto en horizontal como en vertical.
Fichas de números	Se dificulta encontrar la orientación del braille.	Diferenciar la parte que va incrustada en la ranura de la escala, posicionándola en el centro posterior de la ficha y haciéndola cilíndrica.
Ranura de la escala	Se confunde y pasa desapercibida al tacto.	Hacer la ranura en el centro.
Gráficas en relieve		
Curva de la función	Las gráficas de velocidad tiene líneas verticales en la curva que no corresponden a la función. No se diferencia al tacto las líneas de la cuadrícula de referencia con la curva de la gráfica	Corregir el corte de la curva. Hacer la cuadrícula con un relieve más bajo y agrega puntos clave la curva de la función.

11. Diseño de detalle

En este apartado se desarrolla los componentes para el diseño de apariencia del Carro en el módulo 1. En primera instancia se posicionan los componentes electrónicos y demás elementos que son parte de la estructura. En la **Figura 82**, se muestra el modelado virtual del prototipo real con sus respectivas medidas. Sobre este se modelan las partes de la carcasa que protegerá los elementos electrónicos soldados.

Figura 82

Modelado virtual de los componentes del prototipo real



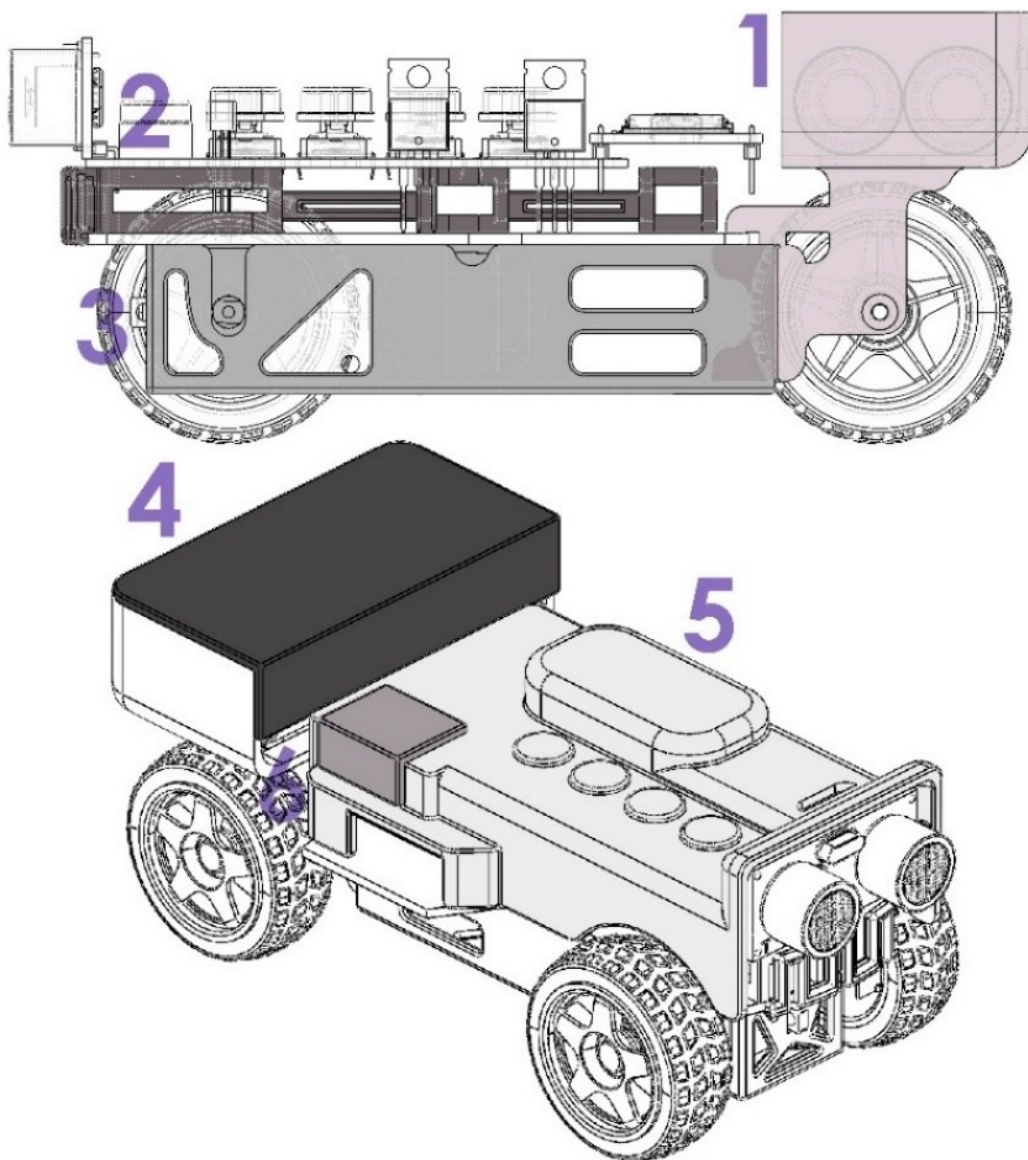
Fuente: La autora.

El diseño de las piezas se presenta en la **Figura 83**. La primera pieza es el compartimiento para las dos baterías de litio, en la parte inferior de este va el eje de las llantas traseras. La segunda

pieza sostiene la placa de los circuitos y el ESP32. La tercera pieza permite alinear el eje delantero del motor con el eje trasero. La cuarta pieza es la tapa de las baterías, así como la sexta pieza es la tapa de conector del ESP32. Finalmente, la quinta pieza protege todos los elementos eléctricos y deja espacio para el interruptor, los botones y el *buzzer* de sonido.

Figura 83

Vista de dibujo de las seis piezas del Carro

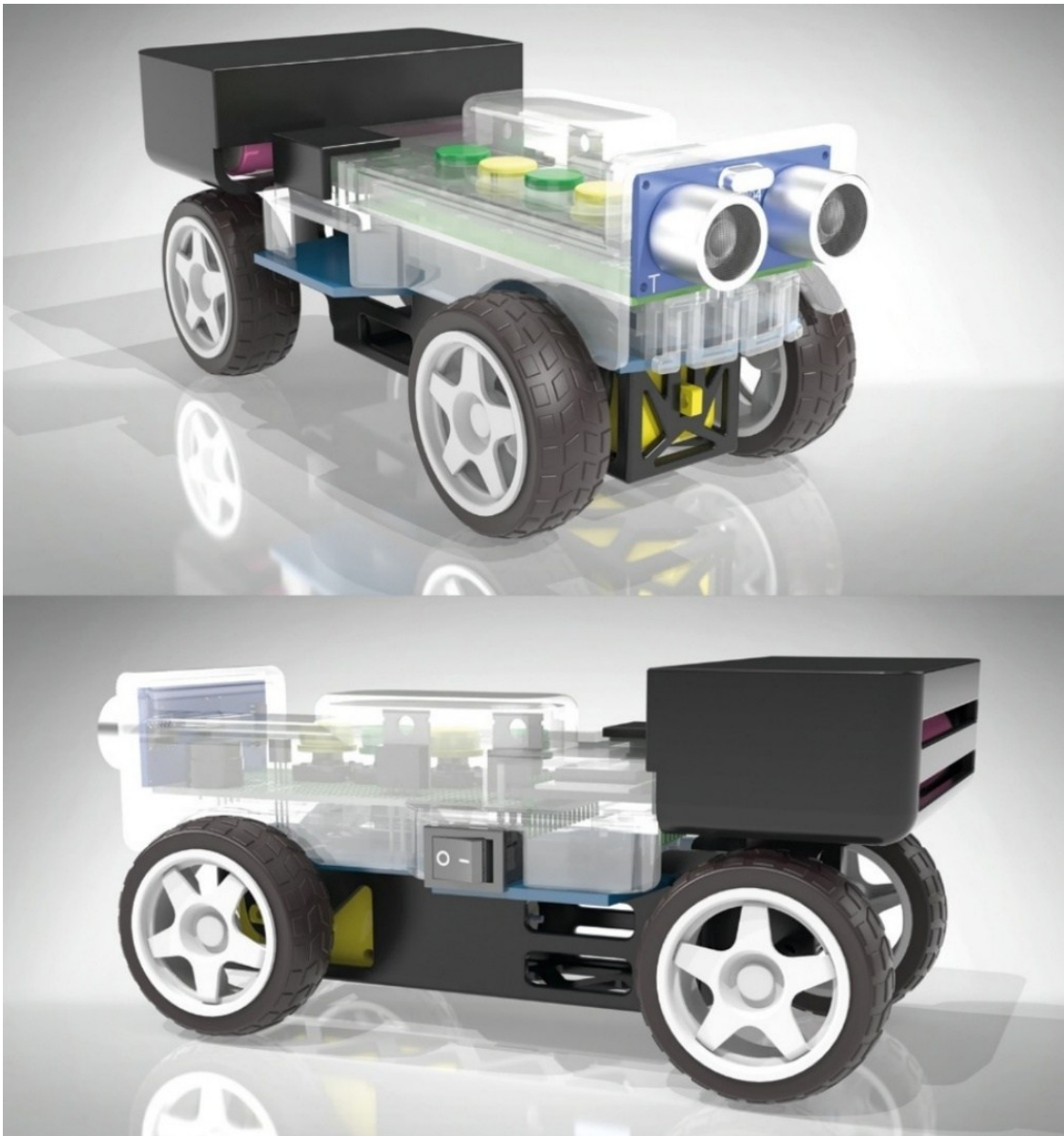


Fuente: La autora.

Luego se hizo una representación virtual del acabado de los materiales en el modelo virtual completo. Se usó plástico negro para las tapas y los ejes, y resina transparente para la cubierta y la estructura. Se muestran los resultados en la **Figura 84**.

Figura 84

Render de apariencia del Carro



Fuente: La autora.

El modelo final de la carcasa se hizo en impresión 3D en resina. En la **Figura 85** se presentan los dos módulos con todas sus piezas.

Figura 85

Fotografías del modelo final



Fuente: La autora.

12. Conclusiones

El desarrollo de este proyecto permitió crear un material didáctico para el contexto de la clase de física en el colegio José Celestino Mutis. La actividad generó experiencias que permitieron que los estudiantes analizaran el movimiento rectilíneo uniforme en un objeto físico. Facilitando la relación de las magnitudes: velocidad, distancia y tiempo con la toma de medidas y cálculos de

un problema real en el primer Módulo. Luego en el segundo Módulo, con el uso de una cuadrícula tridimensional se ubicaron puntos en los ejes xy , además de la numeración de las escalas. Para terminar, al unir los puntos con elásticos los estudiantes entendieron la construcción de graficas con datos que representan el MRU.

En la primera etapa del proyecto se pudo identificar las necesidades de los estudiantes que asisten al colegio. Se hizo una encuesta a una clase de once y dos entrevistas a dos estudiantes con diversidad funcional visual. También se consultó con una docente de ciencias naturales que asiste a estudiantes con ceguera en la biblioteca Gabriel Turbay. Con este insumo se orientó el proyecto para atender las necesidades sensoriales de ambos grupos de estudiantes, así como los requerimientos teóricos.

Para las alternativas primero se estableció un diagrama morfológico de funciones a las que se asignan posibles componentes; estos se combinaron para generar las tres alternativas. Se usaron los requerimientos para elegir una alternativa mediante un cuadro de valoración, además para elegir cuáles requerimientos se priorizaron para evaluar, se usó una encuesta del modelo KANO con los dos profesores de física del colegio. Ellos también dieron retroalimentación de las alternativas con una malla receptora.

Mediante bocetos y pruebas se definieron las medidas de las partes, luego se diseñó el flujo del programa del carro y se maquetó el diagrama eléctrico. En el prototipado, primero se ajustó el modelo del carro, teniendo en cuenta que a partir de este se diseñó la pista. Se hicieron los modelados virtuales para el Módulo 1 y Módulo 2, de los cuales se sacaron planos de corte para construir los prototipos. Adicionalmente se hizo una guía teórica y un taller escrito para comparar con el modelo final.

Con los modelos funcionales se probó el material didáctico en una clase y se hizo un taller escrito en la otra clase. Luego se hizo una evaluación de cinco preguntas sobre los conceptos del MRU, además de otras pruebas. En los resultados de comparación de grupos se encontró un aumento de **17.3%** de estudiantes aprobados en el grupo con el material diseñado, **LineoFísicoLAB**. Siendo cinco estudiantes más aprobados y en general se mejoraron las calificaciones. Los profesores dieron retroalimentación con una escala de Likert para los requerimientos planteados y sugerencias de mejora.

Se puede destacar que el diseño permite una dinámica de trabajo en equipo, así como la intervención de diferentes sentidos, lo que hace posible su uso por diferentes estudiantes a la vez para que formen saberes en conjunto. Los sonidos, formas y dinámicas hacen más interesante y llamativa la actividad del MRU, logrando captar la atención del estudiante a través de la curiosidad.

Se tiene en consideración mejorar las instrucciones y tiempos de la actividad para la cantidad de estudiantes de la clase. Fortalecer las bases teóricas, la aplicación y explicaciones más pedagógicas para el nivel de saberes de los alumnos. Se enfatizó en tener una versión con Braille de estos y un empaque para proteger los componentes.

En cuanto al objetivo general de la investigación que dice: “Diseñar un material didáctico de apoyo en el aprendizaje de graficas de movimiento para mejorar la aprehensión del concepto teórico del movimiento rectilíneo uniforme en estudiantes de la clase de física del colegio José Celestino Mutis”, este se considera cumplido. El modelo funcional construido logró usarse en el contexto de la clase de física permitiendo a los estudiantes analizar un movimiento rectilíneo uniforme y plantear su gráfica. Cinco de los seis grupos de estudiantes de la clase 1 obtuvieron una nota de aprobado en la actividad que fue desarrollada junto a la asistencia del maestro. En la actividad del Módulo 2, el grupo pequeño de estudiantes obtuvo una calificación de 6/8, aprobando

también su actividad. El diseño permitió a los docentes tener un ejemplo sobre el cual basar su explicación del contenido teórico y poner en práctica el conocimiento de los estudiantes. Como se mencionó anteriormente, también se usó una evaluación de conceptos que se comparó con el otro grupo que usó un material tradicional. Los resultados fueron mejores en el grupo con el diseño propuesto, comprobando que la experiencia dejó conocimientos más afianzados en el grupo de la propuesta que en el grupo con solo un taller escrito en las clases de física. De igual forma al volver a la pregunta de diseño: “¿En cuánto aumenta la aprehensión de conceptos del MRU de las gráficas de movimiento cinemáticas el uso de un material didáctico inclusivo en las personas con diversidad funcional visual?” según la comparación el porcentaje es de 17.3% en la muestra estudiada. Debido a los problemas logísticos y de cronograma solo una persona con DFV probó el segundo Módulo. De forma esta información sirvió para probar los componentes formales que se propusieron para esta población.

En conclusión, este proyecto de investigación logra formular estrategias mediante el diseño para apoyar el aprendizaje del MRU. Teniendo en cuenta que sólo plantea una de las posibles soluciones para los conceptos del movimiento rectilíneo uniforme. Se comprueba que el uso de señales sonoras en el movimiento y el estudio de problemas físicos con modelos reales llama más la curiosidad y atención de los alumnos. Es necesario el desarrollo de diferentes estrategias para integrar a todos los estudiantes en aulas cada vez más inclusivas, además de proponer ideas para captar la atención del estudiante y crear experiencias significativas. Con el diseño se puede trabajar al lado de los docentes para aportar a la creación de objetos y experiencias de aprendizaje, como se hizo con los profesores del colegio José Celestino Mutis.

12.1 Limitaciones y recomendaciones.

Durante el planteamiento de esta investigación se dificultó encontrar una institución que contara con estudiantes con DFV. Se encontraron lugares donde se brinda asistencia a personas con ceguera o baja visión de todas las edades, pero la muestra de estudiantes en secundaria o media era limitada. Al final se optó por hacer una solicitud de información a la secretaria de educación de la alcaldía de Bucaramanga recomendada por una asesora del INCI. De esta forma se trabajó con la secretaria de educación inclusiva para encontrar la institución José Celestino Mutis. Donde contaba con estudiantes con DFV en diferentes grados y un asesor tiflólogo que orientaba a los estudiantes. Se debe tener en cuenta que aun así los estudiantes de esta población tienden a tener baja asistencia y hubo ocasiones en las que no se encontraban presentes para las actividades. Adicionalmente algunos se retiraron de la institución.

Otra estrategia que se usa en investigaciones con esta población es bloquear la vista de usuarios sin DFV con bandas de tela para simular las condiciones que se necesitan para validar el dispositivo. Pero en el caso de la variable a verificar se consideró que no era adecuado este planteamiento, puesto que el cómo se adquiere conocimiento no es una experiencia aislada de un sentido, sino que las personas con DFV tienden a apoyarse y agudizar otros sentidos para procesar la información. Al tapar los ojos de una persona sin DFV en una actividad que no es de percepción inmediata de la información a través de los sentidos si no que en cambio tiene más que ver como el cerebro afianza e integra más el aprendizaje a través una actividad conjunta, no se esperarían resultados concluyentes. Además, según las condiciones de la institución de que las actividades sean en las horas de clase de física como parte del proceso de aprendizaje de los estudiantes, esa estrategia, aunque plausible para la experimentación no tenía justificación pedagógica en el

cronograma de la materia. Estas condiciones fueron para garantizar la seguridad y la calidad de aprendizaje de los estudiantes.

En cuanto al prototipo final se optó por dejar los modelos funcionales de validación, con algunos ajuste estéticos del modelo del Carro, sin desarrollar un prototipo final ajustado. Debido a que, al ser dos módulos con sus respectivos subsistemas, los cambios hallados en la retroalimentación implican una inversión que ya supera los costos previstos para el proyecto. También, para las mejoras en componentes electrónicos se necesita más investigación y asesoría.

En esta investigación no se realizó una medida de retención del conocimiento a lo largo del tiempo, que es lo ideal para este tipo de variable, conforme al contexto del cronograma escolar y la baja asistencia de los estudiantes de la población objetivo. Una investigación de ese estilo implicaría más tiempo y recursos tanto de la investigadora como de la institución.

Del resultado final de la investigación se recomienda diseñar un empaque que proteja y permita transportar cómodamente los modulo. De los resultados de las evaluaciones de errores y encuestas se debe empezar por redimensionar el Módulo 2, el tablero del graficador, para hacer menos subdivisiones permitiendo ubicar más raídamente los puntos, así como ajustar las perforaciones en tamaño y formas cilíndrica para que el ensamble de los pines sea más suave. También, los relieves de los cuadrantes se pueden intercalar permitiendo guiarse verticalmente para hallar las filas con mayor facilidad. De esa misma evaluación se debe calibrar los tiempos de carga del Carro puesto que generan confusión a la hora de presionar los botones, hacer ajustes a la cantidad de corriente que llega a la placa y como afecta a el lector ultrasónico o en su defecto aislar el sensor completamente o cambiarlo por uno infrarrojo más precisos. Otra recomendación importante es tener disponible el manual y las guías en braille y en digital compatible con los narradores.

Para evolucionar la propuesta se puede empezar por rampas y cambios en la programación para estudiar la aceleración y desaceleración. El cambio a un motor de paso permite más estabilidad y precisión en la sincronización de los sonidos aun cuando se cambia el movimiento en uno no lineal. Con sensores para seguidor de línea se podría estudiar el movimiento circular y aumentar la velocidad en distancias más largas. El dispositivo y sus dinámicas despertó interés en los estudiantes al medir y predecir sus magnitudes físicas, es pertinente seguir usando la tecnología no solo para hacer la clase más interactiva sino más incluyente.

Referencias Bibliográficas

- Berciano, A., Jiménez-Gestal, C., & Salgado, M. (2022). Razonamiento y aprehensión ante una tarea geométrica: análisis de la pertinencia didáctica de una trayectoria de aprendizaje en educación infantil. *Bolema: Boletim De Educação Matemática*, 36(72), 332–357. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v36n72a15>
- Carvajal Córdoba, F. R. (s.f.). *Guía de apoyo Cinemática y Dinámica grado 10° de educación media*. INCI. <https://www.inci.gov.co/guia-de-apoyo-educativo>
- Castro Castillo, D. C., & Tuay Sigua, R. N. (2021). Inclusión educativa de estudiantes con diversidad funcional visual en clases de ciencias naturales: Un análisis desde la política pública. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 16(2). <https://doi.org/10.14483/23464712.16836>
- Congreso de Colombia (8 de febrero, 1994). Ley 115 de 1994. Ley general de educación. Diario Oficial 41.214. Recuperado el 1 de noviembre de 2022 de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=292>
- Constitución Política de Colombia [Const]. Art. 13. 7 de julio de 1991 (Colombia).
- Constitución Política de Colombia [Const]. Art. 47. 7 de julio de 1991 (Colombia).
- DANE (2022). *Nota Estadística - Estado actual de la medición de la discapacidad en Colombia*. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/discapacidad/nota_estadistica_Estado%20actual_de_la_medici%C3%B3n_de_discapacidad_en%20Colombia.pdf
- Decreto 1421 de 2017 Presidencia de la República de Colombia. Por el cual se reglamenta en el marco de la educación inclusiva la atención educativa a la población con discapacidad. Agosto 29 de 2017. <http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=30033428>

- Echazarra, A., & Schwabe, M. (2019). *Colombia - Country Note - PISA 2018 Results*. OECD Publishing. https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018_CN_COL_ESP.pdf
- Fernández, I. (2015). Juego serio: gamificación y aprendizaje. *Comunicación y Pedagogía* 281-282. <http://www.centrocp.com/juego-serio-gamificacion-aprendizaje>
- Gómez López, N. (2020). *Física general*. Universidad Abierta para Adultos.
- Hahn, M. E., Mueller, C. M., & Gorlewicz, J. L. (2019). The Comprehension of STEM Graphics via a Multisensory Tablet Electronic Device by Students with Visual Impairments. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 113(5), 404–418. <https://doi.org/10.1177/0145482X19876463>
- Horzum, T., & Arıkan, A. (2019). Understanding the polygon with the eyes of blinds. *International Journal of Progressive Education*, 15(1), 116–164. <https://doi.org/10.29329/ijpe.2019.184.8>
- INCI (s.f.). *Glosario*. Instituto Nacional para Ciegos. <https://inci.gov.co/transparencia/25-glosario>
- INCI (2020). *Caracterización de usuarios*. Instituto Nacional para Ciegos. <https://inci.gov.co/sites/default/files/CARACTERIZACION%20DE%20USUARIOS.docx>
- Krath, J., Schürmann, L., & von Korfflesch, H. F. O. (2021). Revealing the theoretical basis of gamification: A systematic review and analysis of theory in research on gamification, serious games and game-based learning. *Computers in Human Behavior*, 125, 106963. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106963>
- MEN (2017). *Documento de orientaciones técnicas, administrativas y pedagógicas para la atención educativa a estudiantes con discapacidad en el marco de la educación inclusiva*. https://siteal.iep.unesco.org/sites/default/files/sit_accion_files/11144.pdf

- MEN (2016). *Derechos Básicos de Aprendizaje*.
https://www.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/files_public/2022-06/DBA_C.Naturales-min.pdf
- MEN (2021). *CIENCIAS UNIDAD DIDACTICA ¿Con qué rapidez me debo mover para llegar en 5 minutos desde mi casa al colegio?* Colombia Aprende.
https://contenidosparaaprender.colombiaaprende.edu.co/G_6/S/menu_S_G06_U01_L05/index.html
- Menchén Bellón, F. (21 de enero de 2020). *Cómo rescatar el concepto de aprehender para ser creativos*. Cuadernos de pedagogía.
<https://www.cuadernosdepedagogia.com/Content/Documento.aspx?params=H4sIAAAAAAEAMtMSbH1czUwMDAyNDQzNrRUK0stKs7Mz7M1MjAyMDA0MITLy09JDXFxti3NS0INy8xLTQEpyUyrdMIPDqksSLVNS8wpTIVLTcrPz0YxKR5mAgD602k5YwAAAA==WKE>
- OCDE (2019). *PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>
- Olivares Pérez, A. (27 de noviembre de 2024). La visión humana: un viaje fascinante a través del sentido de la vista. PHYSIOS. <https://www.inci.gov.co/blog/objeto-y-servicios-del-inc>
- Organización de las Naciones Unidas (13 de diciembre de 2006). *Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad y protocolo facultativo*. Recuperado el 1 de noviembre de 2022 de <https://www.un.org/disabilities/documents/convention/convoptprot-s.pdf>
- Parra Dussan, C. (3 de abril de 2018). *Objeto y servicios del INCI*. INCI: Instituto Nacional para Ciegos. Recuperado el 4 de junio de 2023 de <https://www.inci.gov.co/blog/objeto-y-servicios-del-inc>

- Pires, A. C., Bakala, E., González-Perilli, F., Sansone, G., Fleischer, B., Marichal, S., & Guerreiro, T. (2022). Learning maths with a tangible user interface: Lessons learned through participatory design with children with visual impairments and their educators. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 32, 100382. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100382>
- Psiquiatría. (s. f.). *Aprensión*. En *Glosario – Diccionario médico de Psiquiatría.com*. <https://psiquiatria.com/glosario/aprension>
- Ramos Aguiar, L. R., Álvarez Rodríguez, F. J., Madero Aguilar, J. R., Navarro Plascencia, V., Peña Mendoza, L. M., Quintero Valdez, J. R., Vázquez Pech, J. R., Mendieta Leon, A., & Lazcano Ortiz, L. E. (2023). Implementing Gamification for Blind and Autistic People with Tangible Interfaces, Extended Reality, and Universal Design for Learning: Two Case Studies. *Applied Sciences*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/app13053159>
- Regader, B. (27 de julio de 2023). *La Teoría del Aprendizaje de Jean Piaget*. Psicología y Mente. Recuperado el 20 de octubre de 2023 <https://psicologiymente.com/desarrollo/teoria-del-aprendizaje-piaget>
- Reiners, T., & Wood, L. C. (2015). Gamification in education and business. En *Gamification in Education and Bus.* (p. 710). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-10208-5>
- Rivera Gonzalez, J., & Quijano Hernández, M. H. (2017). *IMPLEMENTACION Y EVALUACION DE UNA PROPUESTA DIDACTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA CINEMATICA LINEAL Y SU REPRESENTACION GRAFICA, REALIZADO CON ESTUDIANTES DE DECIMO GRADO DE UNA INSTITUCION EDUCATIVA DEL MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA* [recurso electronico] (502nd ed.). UIS.

- Romañach, J., & Lobato, M. (mayo de 2005). *Diversidad funcional, nuevo término para la lucha por la dignidad en la diversidad del ser humano*. Foro de Vida Independiente. http://forovidaindependiente.org/wp-content/uploads/diversidad_funcional.pdf
- Santafé, Y. (2017). Fortalecimiento de competencias científicas en la asignatura de física para estudiantes de undécimo grado en Colombia. *Eco matemático*, 8(1). 34-42. <https://doi.org/10.22463/17948231.1473>
- Sauerwein, E., Bailom, F., Matzler, K., & Hinterhuber, H. H. (1996, February). The Kano model: How to delight your customers. In *International working seminar on production economics* (Vol. 1, No. 4, pp. 313-327).
- Sganzerla, M. A. R., & Geller, M. (2020). Tecnologia assistiva na construção do conceito de número: Um estudo envolvendo ações de estudantes com deficiência visual e professores. *Acta Scientiae*, 22(4), 155–179. <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.5591>
- Sirokman, G., Barlow, R., Rodriguez, A., Clark, A., & Fogg, L. (2023, June). The use of 3D printed media to improve the accessibility of engineering educational materials. In *2023 ASEE Annual Conference & Exposition*. ASEE. <https://peer.asee.org/44466>
- Tahir, M. S. M., Hanif, N. H. H. M., & Yusuf, H. M. (2019). *Numerical Braille Module for Learning Simple Mathematical Operations*. En *2019 7th International Conference on Mechatronics Engineering (ICOM)* (pp. 1–5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICOM47790.2019.8952054>
- Tippens, P. E. (2011). *Física: Conceptos y aplicaciones* (Séptima edición revisada). México, D.F. McGraw-Hill Interamericana.
- UNESCO (2016). *Aportes para la enseñanza de las ciencias naturales (TERCE)*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000244733.locale=en>

- UNESCO (4 de febrero de 2021). *Aprender ciencias en las escuelas primarias de América Latina: ¿cómo revertir las tendencias?* UNESCO en español. Recuperado el 1 de noviembre de 2022 de <https://www.unesco.org/es/articles/aprender-ciencias-en-las-escuelas-primarias-de-america-latina-como-revertir-las-tendencias>
- UNESCO (2022). *Estudio Regional Comparativo y Explicativo (ERCE 2019): Reporte nacional de resultados; Colombia.* OREALC/UNESCO Santiago. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000382849.locale=en>
- Valero, M. (1996). *Física fundamental* (Decimosexta reimpresión). Colombia, Bogotá. Editorial Norma S.A.
- van Roy, R., & Zaman, B. (2017). Why Gamification Fails in Education and How to Make It Successful: Introducing Nine Gamification Heuristics Based on Self-Determination Theory. En M. Ma & A. Oikonomou (Eds.), *Serious Games and Edutainment Applications: Volume II* (pp. 485–509). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51645-5_22
- Xiao, Y., & Hew, K. F. T. (2023). Intangible rewards versus tangible rewards in gamified online learning: Which promotes student intrinsic motivation, behavioral engagement, cognitive engagement and learning performance? *British Journal of Educational Technology*, 00, 1–21. <https://doi.org/10.1111/bjet.13361>

Apéndices

Apéndice A. Entrevista semiestructurada para estudiantes con diversidad funcional visual

Experiencia de una alumna ciega

- I. La protagonista de nuestra historia se llama paulita. Paulita, tiene 14 años, es una chica ciega, le encanta correr y va al colegio la rosita en Floridablanca.
- II. A paulita le gusta coleccionar carritos pequeños y jugar con ellos. Sabe que entre más fuerza empuje el carrito más rápido se mueve.
- III. Paulita en sus clases de física le cuentan sobre la velocidad, la aceleración, la distancia.
- IV. El profesor de paulita habla de fórmulas, de gráficas, de números y letras y magnitudes. Pone ejercicios y deja tareas.
- V. Paulita entiende la física como tediosa, aburrida y mecánica. Aparte confusa al usar letras y números. Un poco inútil no entiende como se relaciona con la vida real. También, hay cosas que no siente que le expliquen de buena forma. Como las gráficas y los esquemas.
- VI. Para esto el profesor de paulita le dejo unas guías en formato WORD sobre cinemática, estas se pueden leer con un narrador del computador. Traen descripciones en palabras de todos los esquemas y graficas. Además de ejercicios para resolver.
- VII. Paulita encuentra que, sí, tiene más información, pero las guías tienen la misma temática de clase, explicar cosa, poner ejercicios resueltos, luego dejar otro ejercicios para ella.

- VIII. Lo que piensa de la física no cambia, aunque a ella le gusten actividades que son de física, como correr o jugar con carros. Estudiarla no es algo que le guste.
- IX. Como paulita hay muchos chicos que no les gusta la física y la idea es hacer un juguete o material que cambie esto. Por tanto, vamos a entre todos analizar las partes del problema con un objetivo en mente, proponer algo que haga que paulita se motive más por la cinemática, y que aprenda mejor.

Primera parte problemas

¿Qué cosas, personas, herramientas, objetos o situaciones considera impiden o hacen difícil aprender física y graficas en la historia de paulita? ¿Cuál sería el problema principal y el secundaria en la situación de paulita?

¿Desde tu experiencia que causa que no quieras aprender física o que se te dificulte? ¿Por qué crees que la gente no se motiva aprender física y graficas?

¿Te han brindado algún tipo de material, documento en audio, documento en relieve u objeto educativo para aprender física? ¿Qué te gusta de estos objetos, que te disgusta de estos objetos? ¿Por qué los usarías y porque no?

¿Qué juguetes has usado y cuales te gusta, por qué? ¿Qué problemas has encontrado en los juguetes que has probado, que resulta difícil con ellos y que no te permite divertirte con ellos?

Segunda parte necesidades

¿En la historia que necesidades tiene paulita para motivarse a aprender físicas y graficas?1..1

¿De las cosas que puede usar un profesor en clase como guidas impresa o libros, que necesitan para que puedas aprender con ellas? ¿que necesitas para aprender mejor?

¿Qué necesita hacer para que motive y enseñe mejor un material?

Tercera parte deseos

¿Qué es lo que deseas del producto que ayude a paulita, que características, partes o que haga que, como debe ser el juego?

¿Qué es algo que deseas se use para aprender cinemática, física o graficas? ¿O no existe?

¿Para jugar, que deseas en un juguete, en un juego de mesa, que sería genial y sorprendente, que te divierte de un juguete de mesa, aplicación, juego de armar?

¿cuál sería una recompensa en clase o en tú casa que te motive a hacer algo, que tipos de juegos te gustan o juegos que hagan en clase?

Cuarta parte posibles soluciones

¿Qué tipo de juguete u objeto ayudaría a paulita para aprender mejor y motivarse a estudiar física?

¿Qué juegos te han enseñado algo, como eran, que te divertía de ellos? ¿De los juguetes o juegos de mesa que conoces, cual sería bueno para esto?

¿Qué técnicas como braille, sonidos descriptivos, texturas, relieves, deben usarse, que les falta, cuales se te ocurren? ¿Qué te gusta usar a ti, que sientes que se te dificulta?

¿Hay herramientas que usan sonidos o tacto u otras técnicas que te ayuden a hacer cosas como jugar deporte, usar el transporte público, usar el teléfono, u otras? ¿Cómo se usan para darte información?

Apéndice B. Consentimiento informado para entrevistas con los estudiantes

ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL

Consentimiento informado



Elaborado 11 febrero de 2024

Encuesta diagnóstica del contexto problema para un material didáctico de cinemática

Estimado participante o representante legal:

Para el desarrollo del proyecto de grado del programa de Diseño industrial de la Universidad Industrial de Santander (UIS) sede Bucaramanga se realiza esta actividad en la que Jessenia Pabon código 2160491, estudiante de pregrado del programa, es investigadora principal, así como Vaslak Rojas Torres es director del proyecto.

Le expresado que lea atentamente el siguiente documento para que en conocimiento de todos los parámetros aquí detallados nos pueda dar una respuesta afirmativa de si aprueba la realización de esta actividad y el uso de la información generada a partir de esta.

1. **Introducción y propósito del estudio:** En la primera fase de este estudio se busca generar datos sobre la causas y necesidades de la situación problema. Como parte de la metodología de diseño de un dispositivo como material didáctico de la física cinemática lineal. En función de ayudar al proceso de aprendizaje de los estudiantes, ya sea, se encuentre en situación de discapacidad visual o no.

La actividad consiste en una entrevista o encuesta no estructurada en la que el participante actúa de informante conforme a sus experiencia como estudiante de la institución educativa. Abordar la calidad de la educación mediante la retroalimentación de los estudiantes en el sistema educativo nos permite encontrar estrategias que den resultados significativo para su proceso. Las herramientas como proyectos de ciencia permiten al estudiante experimentar y dar contexto a los saberes teóricos que se explican en el aula. Por ello, existe oportunidad desde el proceso de diseño para aportar en esta área, desde el objetivo de desarrollar productos físicos.

2. **Selección de los participantes:** Se toma un rango de los grados de secundaria a media en donde se encuentran los estudiantes que quieran voluntariamente participar en este estudio, al ser estos posibles usuarios del producto, se espera que tenga un nociones básicas de la materia de física y sus procesos. Además, los estudiantes que se encuentren en situación de discapacidad visual se esperan poder entender la experiencia usando objetos de aprendizajes diseñados para apoyar su proceso.

3. **Procedimiento:** Si su respuesta es afirmativa en permitir la participación se realizarán los siguientes procesos en un solo día, con una duración aproximada de media hora a cuarenta y cinco minutos.

3.1. Las pruebas se realizarán a la hora del día que el participante esté libre de clase, con la supervisión de la profesora de física. La investigadora lo guiara en el desarrollo de toda la actividad.

3.2. El usuario debe tomar asiento en un solón de la institución, que permita al estudiante escuchar las preguntas de la investigadora con claridad.

3.3. Primero la investigadora comunica que va a iniciar la grabación de audio y se presenta. Luego pregunta por el nombre, colegio, edad y grado del estudiante.

3.4. La primera parte de la entrevista se presenta una historia inventada de una estudiante que encuentra algunos problemas en su proceso de aprendizaje. Con el propósito de contextualizar al estudiante participante en la situación y este enfoque sus respuestas.

- 3.5. Se tienen las preguntas ya formuladas en un guion en cuatro categorías: problemas, necesidades, deseos y posibles soluciones. Adicionalmente conforme sea necesario se pueden agregar preguntas para obtener información más completa.
- 3.6. En última instancia se finaliza la grabación y se le agradece al estudiante por su participación. Además, se entrega un galleta si así lo desea por su ayuda en el proceso.
4. **Repositorio de audio:** Se registrará únicamente el audio con el compromiso de que este material solo será usado con fines académicos y usted puede retirar su permiso de uso cuando lo desee.
5. **Riesgos y beneficios esperados:** La actividad se realiza en la planta física de la institución educativa con supervisión del docente de física que fue asignado por la institución para acompañar este proceso.
6. **Confidencialidad:** La información que usted suministra solo será compartida con los investigadores y el director del proyecto de grado con fines académico y no será divulgada hacia otros entes ni personas ajenas al equipo de trabajo. Sin embargo, los resultados y conclusiones de esta pueden ser divulgados en contexto de interés académico, como son congresos o ponencias. Cumpliendo con guardar el anonimato de los participantes.
7. **Derecho a rehusar o abandonar el estudio:** Siendo consciente de la disponibilidad, así como valorando el carácter voluntario de su participación puede en cualquier momento desistir de realizar la prueba o interrumpir su participación sin necesidad de alguna réplica o justificación formal.
8. **Declaración del participante:** Doy mi afirmación de que he comprendido todo lo aquí expuesto con total claridad, me expreso mi permiso de la participación voluntaria del estudiante a mi cargo para participar de la investigación titulada: "Encuesta diagnóstica del contexto problema para un material didáctico de cinemática".

Nombre completo del participante: _____

Nombre completo del representante legal: _____

Firma: _____ C.C. _____

Declaración de los investigadores: Como investigadora principal aclaro que se dio a conocer todo lo relacionado a propósitos, procedimientos, confidencialidad y tratamiento de datos a los posibles participantes, así como se dejó en total claridad la comprensión de este por los participantes.

Investigadora

Jessenia Pabón Pabón C.C. 1095953172

Jpabon2508@gmail.com

Estudiante pregrado Diseño Industrial

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingeniería Físico mecánicas

Teléfonos: 3178012839

Apéndice C. Encuesta diagnostica al grupo 11-3



Encuesta diagnostica contexto del problema material didáctico cinemática

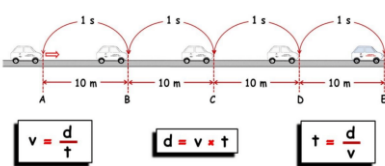
Nombre: _____ Grado: _____ Edad: _____

Responda las siguientes preguntas teniendo en cuenta la información dada y su experiencia como estudiante en la temática de la encuesta.

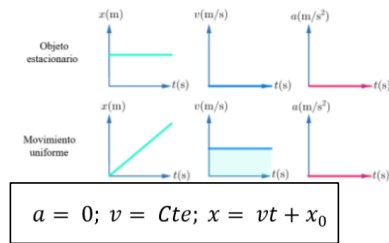
Dentro del estudio de la física existe la **cinemática**, esta busca describir el movimiento de los objetos a través del tiempo. El primer movimiento que describe la cinemática es el **Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU)**. En el MRU el objeto se mueve desde un **punto A** a un **punto B** en **línea recta** y con una **velocidad constante** en un tiempo determinado.

Como se muestra en el **ESQUEMA 1**, con sus respectivas ecuaciones escalares.

Movimiento Rectilíneo Uniforme (M.R.U.)



Aparte una de las formas de expresar este tipo de movimiento es mediante gráficas, llamadas, **Gráficas de Movimiento Cinemáticas**. Con las ecuaciones de estas en función del desplazamiento, la velocidad y la aceleración.



Teniendo en cuenta su experiencia aprendiendo el **Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU)** conteste las siguiente preguntas.

1. Marque como se siente respecto al enunciado: **Cuando me enseñaron el MRU en mis clases lo aprendí completamente.**

- Totalmente en desacuerdo
- Parcialmente en desacuerdo
- indeciso
- Parcialmente de acuerdo
- Totalmente de acuerdo

2. Marque como se siente respecto al enunciado: **Con todas las actividades y estrategias de la clase de MRU aprendí fácilmente.**

- Totalmente en desacuerdo
- Parcialmente en desacuerdo
- indeciso
- Parcialmente de acuerdo
- Totalmente de acuerdo

3. Enumere siendo 1 el mejor, con cuales de estas actividades se aprende mejor el MRU

- ___ Exámenes evaluativos
 - ___ Guías de teoría y ejercicios en casa
 - ___ Proyectos experimentales de clase
 - ___ Proyectos individuales o en grupo para la casa
 - ___ Exposiciones
 - ___ Ejercicios para resolver en clase
 - ___ Profesor resolviendo ejercicios y explicando teoría
- Sugiera otras _____

4. ¿Describe qué te disgusta o es difícil de estas actividades? _____

5. Enumere, siendo 1 el peor, cuales de las partes del MRU fueron más difíciles de aprender:

- ___ Entender las ecuaciones
- ___ Graficar en el plano cartesiano
- ___ El sistema de unidades y sus conversiones
- ___ Relacionar los problemas reales con sus variables físicas
- ___ Vectores
- ___ Proceso algebraico y matemático para resolver problemas
- ___ Argumentar con teoría y conceptos físicos
- ___ Entender las gráficas de movimiento
- ___ Entender esquemas y enunciados
- ___ Deducir el desplazamiento, velocidad y aceleración a partir de gráficas.

- ___ Entender la relación de la magnitudes anteriores
- ___ Ejercicios o experimentos con experimentos físicos

Cuales otras _____
 6. ¿Describe qué te disgusta o es difícil de entender de estos conceptos? qué necesidades surgen al aprender MRU _____

7. ¿Qué buenas experiencias has tenido con proyectos de experimentos en clase de física?

8. Marque como se siente respecto al enunciado: **Es bueno que la nota del curso dependa de otras actividades aparte de los exámenes.**

- Totalmente en desacuerdo
- Parcialmente en desacuerdo
- indeciso
- Parcialmente de acuerdo
- Totalmente de acuerdo

9. ¿En que tipo de proyectos o actividades puedes demostrar que aprendiste el MRU y te gustan?

10. ¿Has usado juguetes educativos? Si o No
¿Cuáles?

- ___ Arduino
- ___ Robots Lego para programación
- ___ Laboratorio de kit químico
- ___ Libros con audio de ingles
- ___ Juguetes sobre magnetismo o circuitos
- ___ Operando, sobre las partes del cuerpo

otros _____

11. ¿cómo deseas tú que fuera un material didáctico para el MRU?
¿Qué lo haría divertido e interesante?

12. Marca las que consideras son características de este juguete, enuméralas siendo 1 la más importante.

- ___ Personajes o diferentes roles
- ___ Competencias y rankings
- ___ Niveles y retos
- ___ Elementos para armar y manipular a gusto
- ___ Voces y sonidos de ambiente
- ___ Historia y narrativa
- ___ Poder elegir un camino a gusto, te deja explorar
- ___ Premios y personalización
- ___ Trabajo en grupos y socialización
- ___ Aplicaciones de la vida real de física

Sugiere _____

13. Marca 1 siendo el más importante, las característica físicas del material didáctico serían?

- ___ El liviano, lo puedo llevar a cualquier lado
- ___ Estéticamente se relaciona con la física o ciencia
- ___ Manual de instrucciones o guía
- ___ Las partes no son pequeñas
- ___ Usa electricidad
- ___ Tiene luces
- ___ Se puede desarmar para guardar
- ___ Es de plástico
- ___ Es de madera
- ___ Es de metal,

Otras _____

14. Marque como se siente respecto al enunciado: **Cuando comparto respuestas con mis compañeros aprendo más.**

- Totalmente en desacuerdo
- Parcialmente en desacuerdo
- indeciso
- Parcialmente de acuerdo
- Totalmente de acuerdo

15. Marque como se siente respecto al enunciado: **Cuando tengo un objeto físico o un experimento entiendo más que con un esquema de ejercicio en papel.**

- Totalmente en desacuerdo
- Parcialmente en desacuerdo
- indeciso
- Parcialmente de acuerdo
- Totalmente de acuerdo

16. Marque como se siente respecto al enunciado: **Entiendo mejor los ejercicios con contextos de la vida real.**

- Totalmente en desacuerdo
- Parcialmente en desacuerdo
- indeciso
- Parcialmente de acuerdo
- Totalmente de acuerdo

17. ¿Qué te motiva a estudiar la física, con qué cosas que te gusten relacionas la física?

18. ¿Considerar que un material didáctico, estilo juego de mesa con elementos de física puede apoyar el proceso de enseñanza? ¿por qué?

19. ¿Marca que colores relacionas con la física de cinemática?

- ___ Azul
- ___ Verde
- ___ Rojo
- ___ Naranja
- ___ Negro

Otro _____

20. Marca que tipo de formas las relacionas con la física cinemática

- ___ Triángulos, cuadrados, formas básicas
- ___ Formas complejas, hexágonos, triángulos irregulares, cubos primas.
- ___ Circuitos y ramificaciones fractales
- ___ Ondas y graficas curvas complejas
- ___ Flechas vectores, líneas de rutas rectas

Otras _____

21. De que temáticas puede ser un material didáctico de cinemática.

- ___ Carrera de autos
- ___ Astronautas, el espacio
- ___ Cohetes
- ___ Futbol
- ___ Patinaje
- ___ Natación

Sugiere _____

otroas _____

Apéndice D. Encuesta de modelo Kano para requerimientos



NOMBRE Y FIRMA: _____

OCUPACIÓN: _____ FECHA: _____

Por favor responda la siguiente encuesta de acuerdo a su conocimiento como docente de física. Se utiliza el modelo KANO para el análisis de características del producto. En la columna uno encuentra las características funcionales (positivo) y en la columna dos, las características en su estado disfuncional (negativo). Debe responder honestamente como cada enunciado lo hace sentir respecto al material didáctico del movimiento rectilíneo uniforme, marcando con una

☒ x una opción de respuesta entre (1,2,3,4 y 5)

<p>1. Si el material didáctico tiene una dinámica inicial en donde se exploran las piezas y su propósito en las actividades, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero. 	<p>2. Si el material didáctico no tiene una dinámica inicial en donde se exploran las piezas y su propósito en las actividades, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
<p>3. Si el material didáctico ayuda en el desarrollo algebraico y matemático dentro de la actividad, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero. 	<p>4. Si el material didáctico no incluye soporte para el desarrollo algebraico y matemático dentro de la actividad, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
<p>5. Si el material didáctico cuenta con marcadores sonoros del movimiento rectilíneo en la actividad, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero. 	<p>6. Si el material didáctico solamente produce el movimiento rectilíneo en la actividad, sin sonido, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
<p>7. Si el material didáctico presenta relieves altos y braille en los elementos claves, así como las medidas, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero. 	<p>8. Si el material didáctico no usa braille ni relieves ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
<p>9. Si el material didáctico permite simular el movimiento rectilíneo uniforme en la actividad, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero. 	<p>10. Si el material didáctico no produce el movimiento rectilíneo uniforme en la actividad, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
<p>11. Si el material didáctico cuenta con elementos para graficar el movimiento, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero. 	<p>12. Si el material didáctico no incluye graficar el movimiento en la actividad, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.

<p>13. Si las actividades del material son aplicaciones de física en la vida cotidiana, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero. 	<p>14. Si las actividades del material no están relacionadas con la vida cotidiana, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
<p>15. Si el material didáctico tiene un peso que permite transportarlo en un día de clase, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero. 	<p>16. Si el material didáctico tiene un peso elevado para llevarlo de clase a clase, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
<p>17. Si el material didáctico es tanto de uso individual como en equipo, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero. 	<p>18. Si el material didáctico no cuenta con actividades para equipo o individuales, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
<p>19. Si las actividades permiten usar los conceptos aprendidos para avanzar, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero. 	<p>20. Si las actividades no retoman los conceptos aprendidos anteriormente ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
<p>21. Si las actividades se pueden terminar en el tiempo de la clase, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero. 	<p>22. Si las actividades toman más de una clase, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
<p>23. Si el material del Braille es resistente al constante tacto, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero. 	<p>24. Si el material del Braille se deteriora al constante tacto, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
<p>25. Si hay retroalimentación de las respuestas correctas, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero. 	<p>26. Si no se dan las respuestas correctas, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.

<p>27. Si el material didáctico se puede desarmar para transportarlo, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero. 	<p>28. Si el material didáctico es una sola pieza que no se desarma, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
<p>29. Si el material didáctico tiene elementos de armado que impactan la actividad, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero. 	<p>30. Si el material didáctico tiene elementos de armado que no hacen cambios en la actividad, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
<p>31. Si el material didáctico viene con actividades de fácil comprensión, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero. 	<p>32. Si el material didáctico viene con actividades complicadas de entender, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
<p>33. Si el material didáctico presenta texturas de alto contraste al tacto en sus diferentes elementos, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero. 	<p>34. Si el material didáctico tiene texturas casi iguales en sus elementos, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
<p>35. Si el material didáctico es resistente a la continua manipulación y transporte, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero. 	<p>36. Si el material didáctico no soporta mucha manipulación y movimientos para ser transportado, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
<p>37. Si el material didáctico tiene texturas agradables al tacto, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero. 	<p>38. Si el material didáctico no cuenta con texturas especiales, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
<p>39. Si el material didáctico es minimalista con formas básicas y relacionadas a la física, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero. 	<p>40. Si el material didáctico no es de un estilo estético definido, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.

<p>41. Si los elementos tienen un tamaño que no dificulta su manipulación, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero. 	<p>42. Si algunos elementos tienen un tamaño que requiere movimientos precisos y buena agudeza visual, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
<p>43. Si el material didáctico viene con un manual en Braille y su versión digital compatible para lector con audio., ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero. 	<p>44. Si el material didáctico viene con un manual sin braille o versión digital, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
<p>45. Si los textos del material didáctico son en macrotipo (tamaños de más de 16 puntos por pulgada), ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero. 	<p>46. Si los textos del material didáctico son de menos de 16 puntos, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
<p>47. Si los colores del material didáctico son aptos para personas con ceguera a los colores, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero. 	<p>48. Si los colores del material didáctico no tienen un contraste alto, ¿cómo se siente?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta. 2. Lo espero. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.

Apéndice E. Análisis Kano de Profe. Adriana y Profe. Ignacio

FUNCIONALES		
REQ.	P.A	P.I
1	2	1
2	2	1
3	1	1
4	1	1
5	1	1
6	2	1
7	1	1
8	2	1
9	2	1
10	1	1
11	1	1
12	1	1
13	2	1
14	1	1
15	2	1
16	1	1
17	1	1
18	1	1
19	1	1
20	1	1
21	1	1
22	1	1
23	2	1
24	1	1

DISFUNCIONALES		
REQ.	P.A	P.I
1	4	5
2	3	4
3	4	3
4	4	2
5	5	5
6	3	5
7	5	4
8	5	5
9	4	2
10	3	5
11	3	4
12	5	5
13	4	4
14	3	2
15	3	4
16	5	4
17	5	4
18	5	5
19	5	4
20	5	4
21	5	4
22	5	4
23	5	4
24	5	3

REQ.	P.A	P.I
1	I	O
2	I	A
3	A	A
4	A	A
5	O	O
6	I	O
7	O	A
8	M	O
9	I	A
10	A	O
11	A	A
12	O	O
13	I	A
14	A	A
15	I	A
16	O	A
17	O	A
18	O	O
19	O	A
20	O	A
21	O	A
22	O	A
23	M	A
24	O	A

M>O>A>I
4,3,2,1

I	A	A+
I		I
		A
		A
		O
I	A	A+
A		A
O		O
I		I
A		A
		A
		O
I		I
		A
I		I
A		A
A		A
A		A
A		A
A	O	O+
A		A

#	Descripción	v	KANO
26	Macró tipo en elementos textuales.	2	O+
5	Permite simular el MRU.	5	O
9	Peso cómodo para transportar en un día de clase.	4	O
14	Materiales resistentes al tacto constante para Braille.	4	O
21	Resistencia de manipulación y transporte.	3	O
1	Previa exploración táctil de sus partes y definición de su uso en el material.	5	A+
6	Permite simular las graficas de movimiento.	5	A+
3	Retroalimentación del movimiento a treves del sonido.	5	A
4	Señalización con alto relieve y braille de los espacios y elementos claves así como las medidas.	5	A
7	Actividades relacionadas a aplicaciones de la física en la vida real.	5	A
11	Avanzar usando los conceptos aprendidos.	4	A
13	Controlar la duración de la sesión de juego para horas de clase.	4	A
16	Desarmar para ocupar un espacio optimizado al transportar.	4	A
18	Las mecánicas de juego son fáciles de entender.	3	A
20	Materiales con alto contraste en su textura al tacto.	3	A
22	Texturas agradables al tacto.	3	A
23	Estéticamente de estilo minimalista, fácil de identificar solo al tacto y relacionado a la física.	3	A
24	Tamaño de las piezas para manipular medio.	2	A
25	Manual en Braille y versión digital compatible para lector en audio.	2	A
27	Colores con contraste alto.	2	A
2	Facilitar el desarrollo algebraico y matemático.	5	I
10	Puede ser usado individual o trabajar en equipo.	4	I
15	Retroalimentación de las respuestas correctas a los ejercicios.	4	I
17	Elementos de armado que impacten el juego.	4	I

26	Macró tipo en elementos textuales.	2	O+	TECNICA
5	Permite simular el MRU.	5	O	
9	Peso cómodo para transportar en un día de clase.	4	O	
14	Materiales resistentes al tacto constante para Braille.	4	O	TECNICA
21	Resistencia de manipulación y transporte.	3	O	TECNICA
1	Previa exploración táctil de sus partes y definición de su uso en el material.	5	A+	TECNICA
6	Permite simular las graficas de movimiento.	5	A+	
3	Retroalimentación del movimiento a treves del sonido.	5	A	
4	Señalización con alto relieve y braille de los espacios y elementos claves así como las medidas.	5	A	
7	Actividades relacionadas a aplicaciones de la física en la vida real.	5	A	TECNICA
11	Avanzar usando los conceptos aprendidos.	4	A	TECNICA
13	Controlar la duración de la sesión de juego para horas de clase.	4	A	TECNICA
16	Desarmar para ocupar un espacio optimizado al transportar.	4	A	

5	Permite simular el MRU.	5	O
9	Peso cómodo para transportar en un día de clase.	4	O
6	Permite simular las graficas de movimiento.	5	A+
3	Retroalimentación del movimiento a treves del sonido.	5	A
4	Señalización con alto relieve y braille de los espacios y elementos claves así como las medidas.	5	A
16	Desarmar para ocupar un espacio optimizado al transportar.	4	A

Apéndice F. Código ESP32 del Carro

```

1  const int delta = 20;
2
3  const int boton1 = 4; // Pin del primer botón
4  const int boton2 = 16; // Pin del segundo botón
5  const int boton3 = 17; // Pin del tercer botón
6  const int boton4 = 5; // Pin del cuarto botón
7  const int ledChannel = 0;
8  const int motor = 23;
9  const int frequency = 1000;
10 const int resolution = 8;
11 //-----
12 const int EchoPin = 19;
13 const int TriggerPin = 21;
14 double distance, distance_ini, velocidad;
15 //-----
16 int pinBuzzer = 22;
17 int Do = 261;
18 int Re = 293;
19 int Mi = 329;
20 int Fa = 349;
21 int Sol = 392;
22 int La = 440;
23 int Si = 493;
24 int duracion = 500;
25 int retardo = 1000;
26 const int velocidad1 = 240;
27 const int velocidad2 = 290;
28 const int velocidad3 = 340;
29 bool flag = LOW;
30
31 const float comp_240 = -3;
32 const float comp_290 = -5;
33 const float comp_340 = -7;
34 //-----
35 //Prototipos de las funciones
36 void tono_arranque();
37 double medirDistancia();
38 void tono_error();
39 void tono_10();
40 void tono_fin();
41 //-----
42 #define SOUND_SPEED 0.0343
43
44 //+++++
45 //+++++
46 void setup() {
47   Serial.begin(9600);
48   Serial.print("\nIniciando Rutina: ");
49   pinMode(motor, OUTPUT);
50   pinMode(boton1, INPUT_PULLUP);
51   pinMode(boton2, INPUT_PULLUP);
52   pinMode(boton3, INPUT_PULLUP);
53   pinMode(boton4, INPUT_PULLUP);
54   pinMode(TriggerPin, OUTPUT); // Sets the trigPin as an Output
55   pinMode(EchoPin, INPUT); // Sets the echoPin as an Input
56
57   delay(500);
58
59   ledcAttachChannel(motor, frequency, resolution, ledChannel);
60
61   delay(1000);
62
63   tono_fin();
64   velocidad = 0;
65   Serial.print("\nVelocidad seleccionada: ");
66   Serial.print(velocidad);

```

```

67
68 while (flag == LOW or velocidad == 0) {
69   if (digitalRead(boton4) == HIGH) {
70     Serial.println("Botón 4 presionado");
71     delay(200);
72   }
73   if (digitalRead(boton1) == HIGH && flag == LOW) {
74     velocidad = velocidad1;
75     Serial.print("\nVelocidad seleccionada: ");
76     Serial.print(velocidad);
77     tone(pinBuzzer, Do, 200);
78     delay(300);
79     flag = LOW;
80   }
81   if (digitalRead(boton2) == HIGH && flag == LOW) {
82     velocidad = velocidad2;
83     Serial.print("\nVelocidad seleccionada: ");
84     Serial.print(velocidad);
85     tone(pinBuzzer, Do, 200);
86     delay(300);
87     tone(pinBuzzer, Re, 200);
88     delay(300);
89     flag = LOW;
90   }
91   if (digitalRead(boton3) == HIGH && flag == LOW) {
92     velocidad = velocidad3;
93     Serial.print("\nVelocidad seleccionada: ");
94     Serial.print(velocidad);
95     tone(pinBuzzer, Do, 200);
96     delay(300);
97     tone(pinBuzzer, Re, 200);
98     delay(300);
99     tone(pinBuzzer, Mi, 200);
100    delay(300);
101    flag = LOW;
102  }
103  if (flag == LOW) {
104    if (digitalRead(boton4) == HIGH and velocidad != 0) {
105      delay(1000); // Esperar 1 segundo para confirmar la presión larga
106      if (digitalRead(boton4) == HIGH) {
107        Serial.println("Rutina Activada");
108        flag = HIGH; // Cambiar el estado de flag para salir del ciclo
109      }
110    }
111  }
112 }
113 delay(50);
114
115 distance_ini = medirDistancia();
116
117
118 tono_arranque();
119
120 if (velocidad == velocidad1) { // For 240 speed
121   delay(200); // Shorter delay
122 } else if (velocidad == velocidad2) { // For 280 speed
123   delay(300); // Medium delay
124 } else { // For 350 speed
125   delay(400);
126 } // Keep longer delay
127
128
129
130 delay(50);
131
132 ledcWrite(motor, velocidad);
133 }

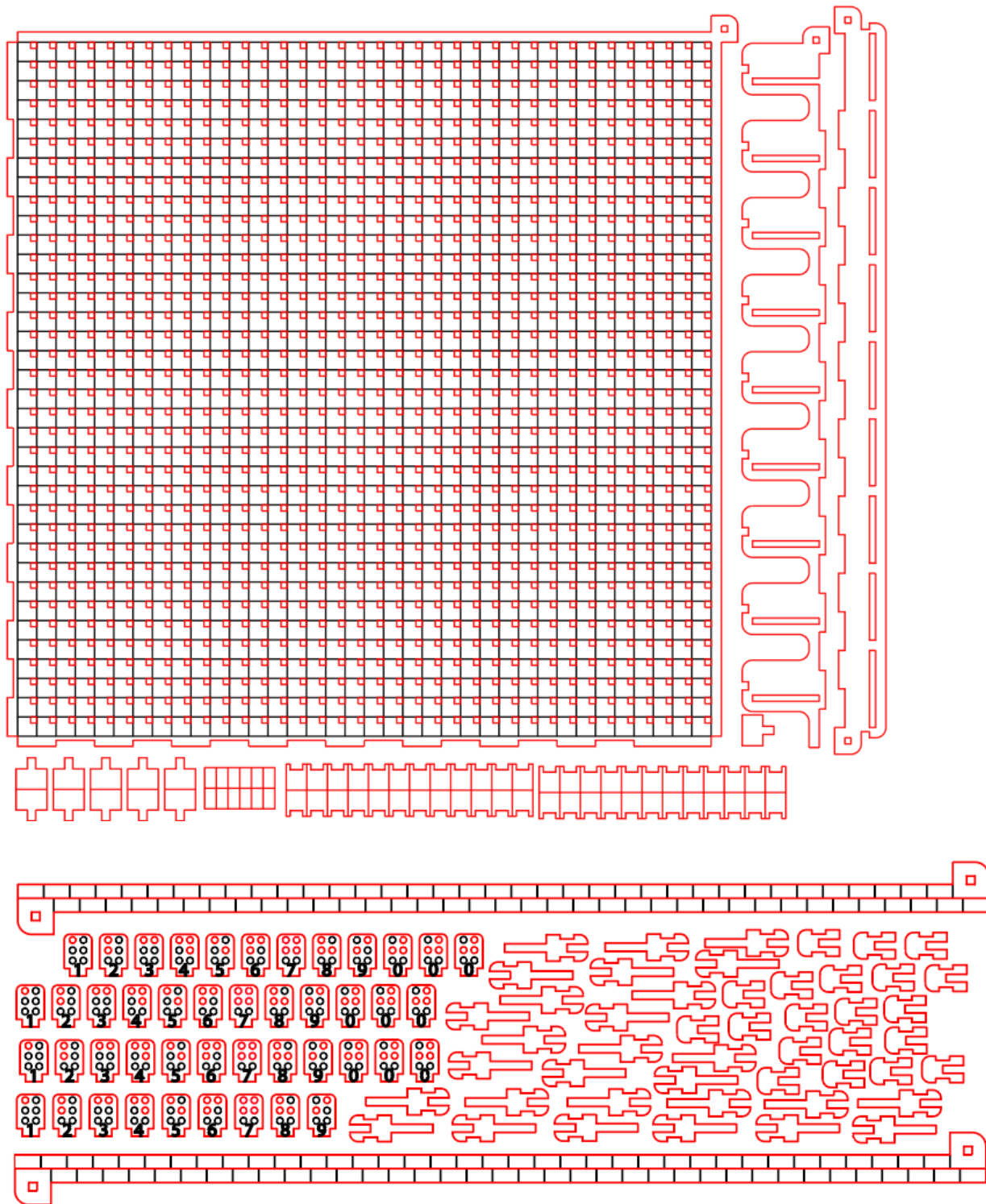
```

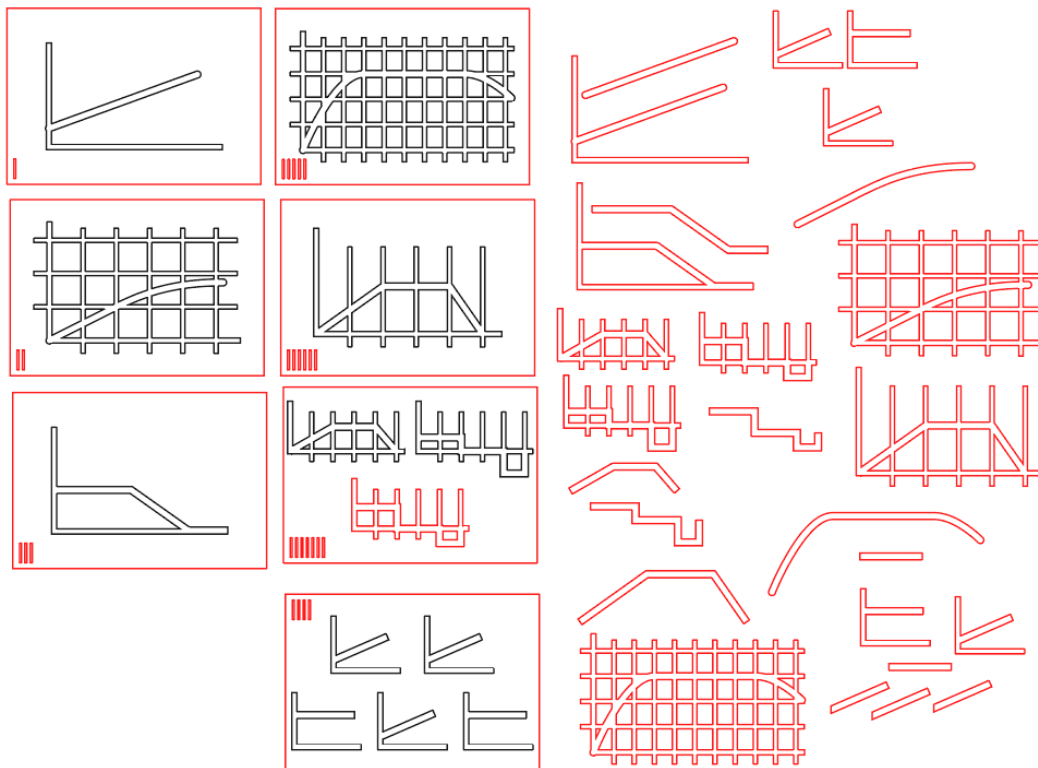
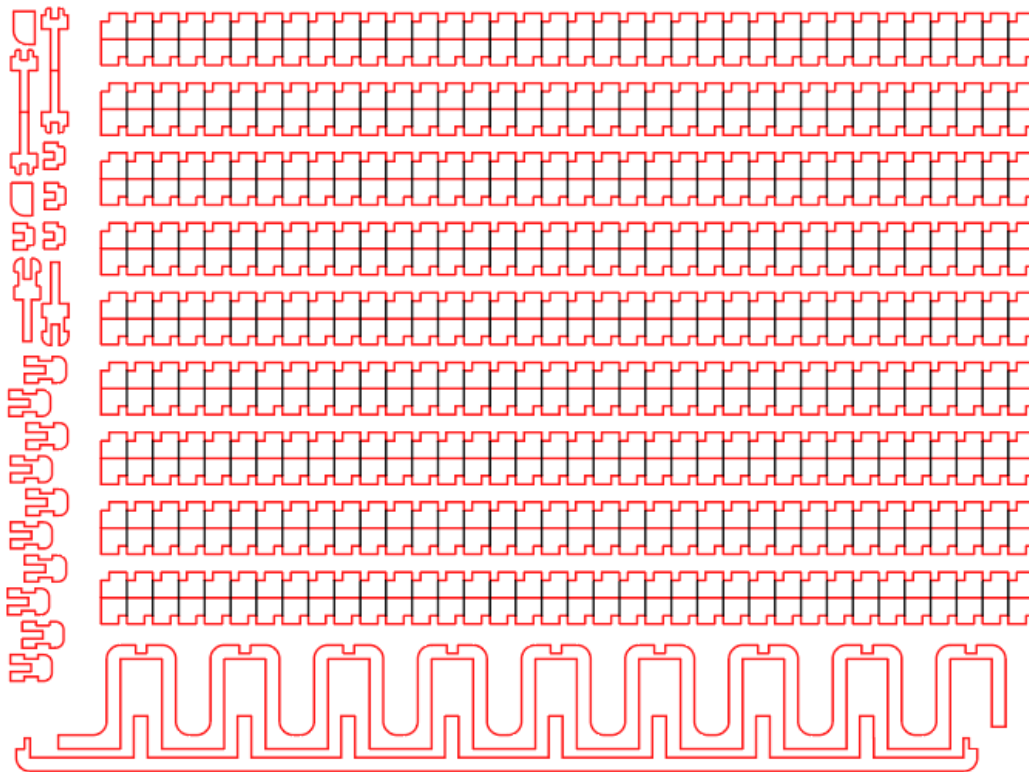
```

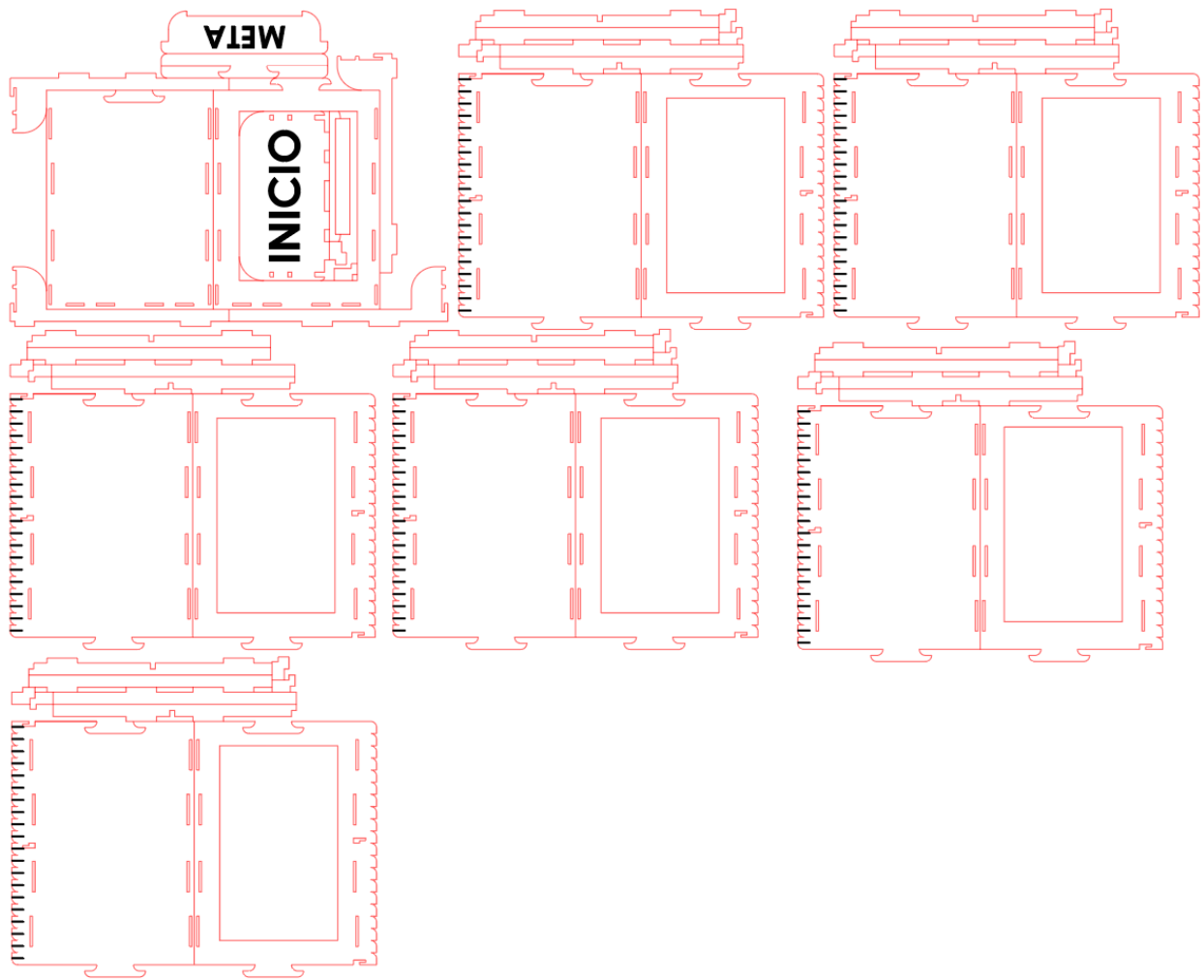
135 //+++++
136 void loop() {
137   distance = medirDistancia(); //Llama a medirDistancia
138   Serial.print("\nDistancia: ");
139   Serial.println(distance);
140   Serial.print(" - Distancia ini: ");
141   Serial.println(distance_ini);
142   //Serial.print(" - velocidad: ");
143   //Serial.println(velocidad);
144
145   float compensation;
146   if (velocidad == velocidad1) compensation = comp_240;
147   else if (velocidad == velocidad2) compensation = comp_290;
148   else if (velocidad == velocidad3) compensation = comp_340;
149
150   if (distance <= distance_ini - delta - compensation) {
151     tono_10();
152     distance_ini = distance_ini - delta;
153   }
154
155   if (distance <= 5) {
156     ledcWrite(motor, 0); // Stop motor
157     while (1) { // Keep running until power off
158       tono_fin(); // Play end tone repeatedly
159       delay(100); // Small delay between tone repetitions
160     }
161   } else {
162     ledcWrite(motor, velocidad);
163   }
164   delay(5);
165 }
166 //+++++
167 //+++++
168
169
170 //-----
171 void tono_10() {
172   tone(pinBuzzer, Fa, 200);
173 }
174 //-----
175 void tono_arranque() {
176   tone(pinBuzzer, Re, duracion);
177   delay(1000);
178   tone(pinBuzzer, Re * 2, duracion);
179   // delay(retardo);
180   // tone(pinBuzzer, Re * 2, duracion * 2);
181   //delay(retardo * 2);
182 }
183 //-----
184 double medirDistancia() {
185   double distancia = 0;
186   double duracion = 0;
187   digitalWrite(TriggerPin, LOW);
188   delayMicroseconds(2); // CAMBIO
189   digitalWrite(TriggerPin, HIGH);
190   delayMicroseconds(10); //CAMBIO
191   digitalWrite(TriggerPin, LOW);
192   //Mide el tiempo entre pulsos (microsegundos)
193   duracion = pulseIn(EchoPin, HIGH) / 2;
194   //Pasamos de tiempo a distancia (cm)
195   distancia = duracion / 29.2;
196   return distancia;
197 }
198 //-----
199 void tono_error() {
200   tone(pinBuzzer, Si, 100);
201   delay(100);
202 }
203 //-----
204 void tono_fin() {
205   tone(pinBuzzer, Re, 200);
206   delay(200);
207   tone(pinBuzzer, La, 200);
208   delay(200);
209 }
210

```

Apéndice G. Planos de corte







Apéndice H. Examen TUG-K solo preguntas MRU

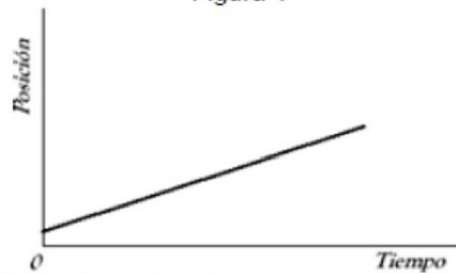
Nombre y apellido: _____

Grado, Grupo: _____ Edad: _____ Genero: _____

1. La Figura 1 representa la gráfica de posición respecto al tiempo del movimiento rectilíneo de un objeto, ¿Cuál de las siguientes es la mejor interpretación?

- (A) El objeto se mueve con una aceleración constante y distinta de cero.
- (B) El objeto no se mueve.
- (C) El objeto se mueve con una velocidad constante que aumenta uniformemente.
- (D) El objeto se mueve a velocidad constante.
- (E) El objeto se mueve con aceleración que aumenta uniformemente.

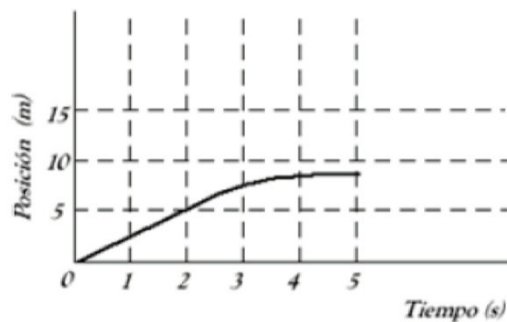
Figura 1



2. En la Figura 2 se ilustra la gráfica de posición respecto al tiempo de un objeto moviéndose en línea recta. La velocidad en el instante $t = 2$ s es:

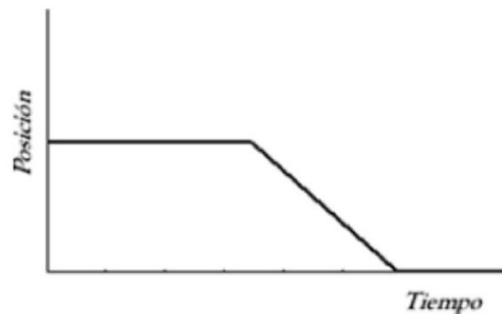
- (A) 0.4 m/s
- (B) 2.0 m/s
- (C) 2.5 m/s
- (D) 5.0 m/s
- (E) 10.0 m/s

Figura 2



3. En la Figura 3 se ilustra la gráfica de posición respecto al tiempo del movimiento rectilíneo de un objeto, ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es la correcta?
- (A) El objeto rueda sobre una superficie horizontal, después cae rodando por una pendiente y finalmente se para.
- (B) El objeto no se mueve al principio, después cae rodando por una pendiente y finalmente se para.
- (C) El objeto se mueve a velocidad constante, después frena hasta que se para.
- (D) El objeto no se mueve al principio, después se mueve hacia atrás y finalmente se para.
- (E) El objeto se mueve sobre una superficie horizontal, luego se mueve hacia por una pendiente y después sigue moviéndose.

Figura 3



7. Considere las siguientes gráficas, observando los diferentes ejes:

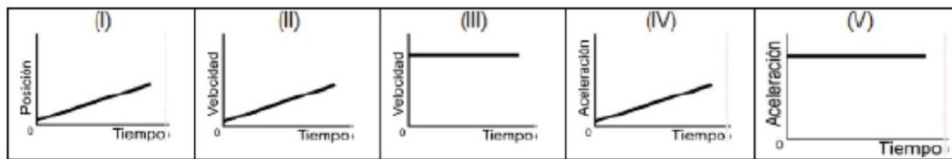


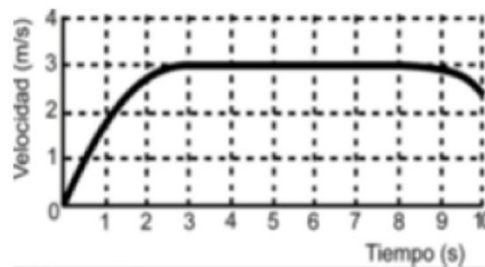
Figura 7

- ¿Cuáles de ellas representan un movimiento a velocidad constante?
- (A) I, II y IV
- (B) I y III.
- (C) II y V.
- (D) Solo la IV.
- (E) Solo la V.

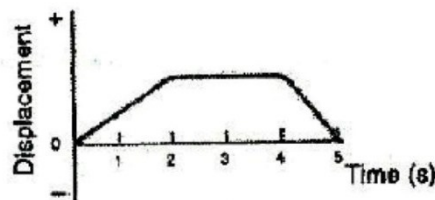
10. La Figura 10 ilustra la gráfica de velocidad respecto al tiempo de un objeto que se mueve en línea recta. De acuerdo con esta gráfica, ¿Qué distancia recorre el objeto durante el intervalo de tiempo comprendido entre $t = 4\text{ s}$ y $t = 8\text{ s}$?

- (A) 0.75 m
- (B) 3.0 m
- (C) 4.0 m
- (D) 8.0 m
- (E) 12.0 m

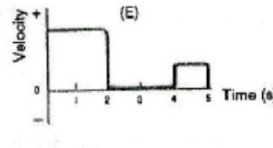
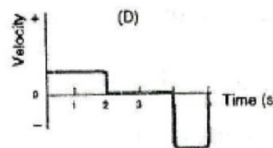
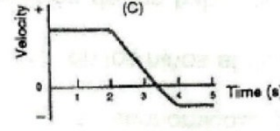
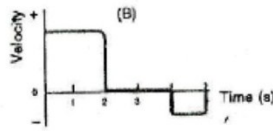
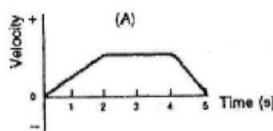
Figura 10



13. La siguiente es la gráfica de desplazamiento en función del tiempo de un objeto, durante un intervalo de tiempo de 5 segundos.



¿Cuál de las siguientes graficas de velocidad (velocity) en función del tiempo (time), representa mejor el movimiento del objeto durante el mismo intervalo de tiempo?



Apéndice I. Guía de desarrollo LineoFísicoLAB Media**Ficha de teoría y taller LineoFísicoLAB**

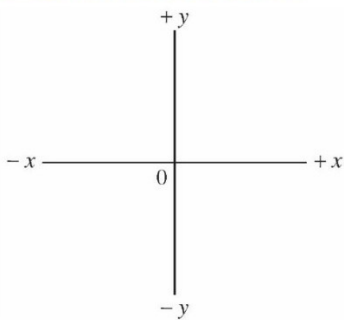
Módulo 1 y 2 de Cinemática para estudiantes de media

Referencia:

Guías en ciencias naturales del INCI y Física Fundamental I, Michel Valero.

¿Qué es el Movimiento Rectilíneo Uniforme?

Dentro del campo de la **Física mecánica**, se encuentra la **cinemática**, que es la descripción de cómo se mueven los objetos. En este material se estudiará la descripción del movimiento a lo largo de una trayectoria en línea recta, es decir, un movimiento traslacional unidimensional o el Movimiento Rectilíneo Uniforme, si se cumple la velocidad constante.

¿Qué es el Marco de referencia?**Imagen 3.** Plano cartesiano

Descripción de la Imagen 3. Plano cartesiano estándar en el cual dos rectas se intersectan perpendicularmente. El punto de interacción es el origen 0. La recta horizontal recibe el nombre de las x , a la derecha $+x$ y a la izquierda $-x$ (menos x). La recta vertical recibe el nombre de las y , hacia arriba $+y$, y hacia abajo $-y$ (menos y).

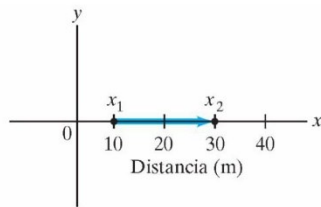
En física con frecuencia se dibuja un sistema de **ejes coordenados**, (Imagen 3) para representar un marco de referencia. Siempre podemos elegir la posición del origen (0). Los ejes x y y siempre son perpendiculares entre sí. Cualquier punto sobre el plano se especifica dando las coordenadas x y y .

¿Qué es el Desplazamiento?

Para el movimiento unidimensional, a menudo elegimos el eje x como la línea a lo largo de la cual se lleva a cabo el movimiento. La **posición** de un objeto en cualquier momento se define como el valor de su coordenada x .

El **desplazamiento** es el *cambio de posición* del objeto. Es decir, el *desplazamiento muestra que tan lejos está el objeto del punto de partida, diferente al recorrido total* hecho por el objeto.

Imagen 5. Vector distancia



Descripción de la Imagen 5. Vector distancia. La flecha que empieza en 10 y termina en 30 en el eje x positivo, representa el desplazamiento $x_2 - x_1$ (x_2 menos x_1). Las distancias están en metros.

Suponga que, en un momento inicial, llamado t_1 , el objeto está sobre el eje x en una posición x_1 del sistema coordenado que se muestra en la Imagen 5. En algún tiempo posterior, t_2 , suponga que el objeto se ha movido a una posición x_2 . El desplazamiento del objeto es $x_2 - x_1$ (x_2 menos x_1) y se representa mediante la flecha gruesa que apunta hacia la derecha en la Imagen 5. Es conveniente escribir:

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

La ecuación se lee, delta de $x = x_2$ menos x_1 .

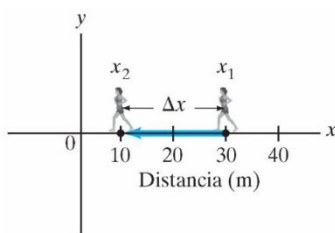
Donde el símbolo Δ (letra griega delta) significa "cambio en". Así que Δx significa "el cambio en x " o "cambio en la posición", que es el desplazamiento.

Suponga que $x_1 = 10,0$ m y $x_2 = 30,0$ m. Entonces,

$$\Delta x = x_2 - x_1 = 30,0 \text{ m} - 10,0 \text{ m} = 20,0 \text{ m}$$

Por lo que el desplazamiento es de 20,0 m en la dirección positiva (Imagen 5).

Imagen 6. Distancia x negativo



Descripción de la Imagen 6. Ahora considere un objeto que se mueve hacia la izquierda. En este caso, una persona inicia su movimiento en $x_1 = 30,0$ m y camina hacia la izquierda hasta la posición $x_2 = 10,0$ m. De modo que su desplazamiento es

$$\Delta x = x_2 - x_1 = 10,0 \text{ m} - 30,0 \text{ m} = -20,0 \text{ m}, \text{ vector apunta la izquierda.}$$

¿Cómo se calcula la Velocidad?

El movimiento rectilíneo es uniforme si su velocidad v es constante. El término **velocidad** se usa para indicar tanto la *magnitud* o el valor numérico de qué tan rápido se mueve un objeto, como la *dirección* en la que se mueve. La **velocidad promedio** se define en términos del *desplazamiento*:

$$\text{Velocidad promedio} = \text{desplazamiento} \div \text{tiempo}$$

$$\text{Velocidad promedio} = (\text{posición final} - \text{posición inicial}) \div \text{tiempo}$$

Que se lee, velocidad promedio = (posición final menos posición inicial) sobre tiempo

En general para analizar el movimiento unidimensional de un objeto, suponga que en un momento dado llamado t_1 , el objeto está en la posición x_1 del eje x de un sistema coordenado, y que en un tiempo posterior t_2 , el objeto se ha movido a la posición x_2 .

El **tiempo transcurrido** es $\Delta t = t_2 - t_1$ (delta de $t = t_2$ menos t_1) y durante este intervalo de tiempo el desplazamiento del objeto fue $\Delta x = x_2 - x_1$ (delta de $x = x_2$ menos x_1). La velocidad promedio, definida como el **desplazamiento** dividido entre el **tiempo transcurrido**, puede escribirse como:

$$\bar{v} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

La ecuación que se lee, v barra = $(x_2$ menos $x_1)$ sobre $(t_2$ menos $t_1)$ = delta de x sobre delta de t .

Según la ecuación y el plano cartesiano común, La dirección de la velocidad promedio es siempre la misma que la del desplazamiento calculado. Advierta que siempre es importante elegir el *tiempo transcurrido* o *intervalo de tiempo*, $t_2 - t_1$ (t_2 menos t_1), es decir, el tiempo que transcurre durante nuestro periodo de observación elegido.

Despeje de ecuaciones escalares para usar

En el caso del movimiento rectilíneo uniforme las ecuaciones vectoriales se transforman en ecuaciones escalares.

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad x = v\Delta t \quad t = \frac{\Delta x}{v}$$

La ecuación de la velocidad se lee, $v = \text{delta de } x \text{ sobre delta de } t$.

La ecuación del desplazamiento se lee, $x = \text{velocidad multiplicada por tiempo}$.

La ecuación del tiempo se lee, $t = \text{delta de } x \text{ sobre la velocidad}$.

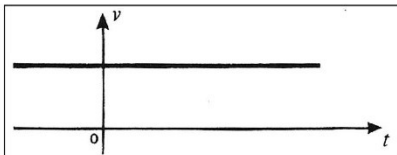
Representación grafica

La **velocidad** será constante. Entonces para deducir la ecuación de la **posición** se toma la velocidad media en un tiempo inicial cero t_0 y se despeja x .

$$v = \bar{v} = \frac{x - x_0}{t - t_0} = \frac{x - x_0}{t}$$

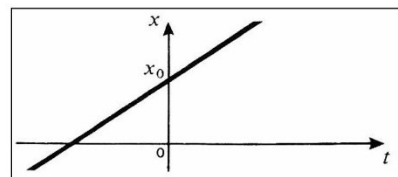
Se deduce, $x = vt + x_0$

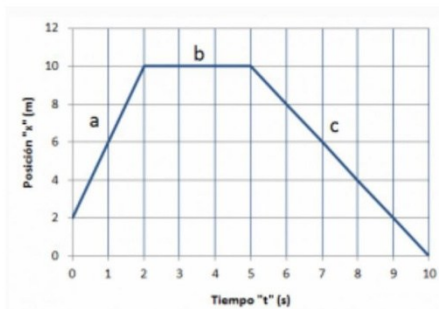
$$v = \text{Constante}; x = vt + x_0$$



La grafica de la función que representa la constante de velocidad será una línea horizontal recta paralela al eje t .

En cuanto a la función de la posición $x = v \text{ por } t + x_0$ es una recta inclinada con pendiente de la constante v que corta el eje x en x_0 como se muestra en la Figura 7.



EJEMPLO Interpreta la Grafica de movimiento

En la imagen se observa el movimiento de un objeto dividido en tres tramos a, b y c. El eje horizontal representa el tiempo de 0 a 10 en segundos. El eje vertical muestra la posición de 0 a 12 en metros.

En el tramo a, el objeto parte desde los 2 metros en el segundo 0 y llega a los 10 metros en el segundo 2, línea inclinada a la derecha. En el tramo b, desde el segundo 2 hasta el segundo 5, la línea es completamente horizontal en la posición de 10 metros. Finalmente, en el tramo c, el objeto se desplaza desde los 10 metros hasta los 0 metros entre los segundos 5 y 10, en una línea recta descendente.

- 1) Describe el movimiento en cada tramo
- 2) Calcula velocidad en cada tramo

PLANTEAMIENTO

Primero se toma la definición del desplazamiento para entender el movimiento del objeto. Segundo se usa la ecuación de la velocidad.

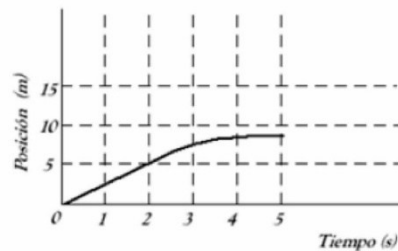
SOLUCIÓN

- 1) En a el objeto se mueve en MRU y se desplaza, delta de $x = 10 \text{ m} - 2 \text{ m} = 8 \text{ m}$. A la derecha
En b el objeto está detenido.
En c el objeto se desplaza, delta de $x = 0 - 10 \text{ m} = -10 \text{ m}$. A la izquierda
- 2) Velocidad en a, $v = 10 \text{ m} - 2 \text{ m}$ sobre $2 \text{ s} = 4 \text{ m/s}$. Velocidad en b es cero.
Velocidad en c, $v = 0 - 10 \text{ m}$ sobre $10 \text{ s} - 5 \text{ s} = -2 \text{ m/s}$

1. Se ilustra la gráfica 2 de posición respecto al tiempo de un objeto moviéndose en línea recta. La velocidad en el instante $t = 2$ s es:

- (A) 0.4 m/s
- (B) 2.0 m/s
- (C) 2.5 m/s
- (D) 5.0 m/s
- (E) 10.0 m/s

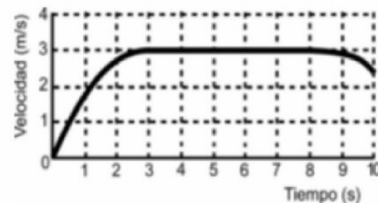
La gráfica 2, El eje horizontal representa el tiempo en segundos de 0 a 5 s, de intervalos de 1 en 1 y el eje vertical representa la posición en metros de 0 a 15 m, de intervalos de 5 en 5.



Desde el tiempo 0 hasta el segundo 2, la gráfica es una curva creciente lineal que inicia en 0 y llega hasta los 5 metros. Luego, la pendiente de la curva disminuye y hace que se curve para que en los segundos 4 y 5 la línea se vuelve casi horizontal.

2. La Figura ilustra la gráfica 3 de velocidad respecto al tiempo de un objeto que se mueve en línea recta. De acuerdo con esta gráfica 3, ¿Qué distancia recorre el objeto durante el intervalo de tiempo comprendido entre $t = 4$ s y $t = 8$ s?

- (A) 0.75 m
- (B) 3.0 m
- (C) 4.0 m
- (D) 8.0 m
- (E) 12.0 m



Gráfica 3, El eje horizontal representa el tiempo desde 0 hasta 10 segundos, con intervalos de 1 en 1, y el eje vertical la velocidad desde 0 hasta 4 m/s, con intervalos de 1 en 1. Desde $t = 0$ hasta $t = 3$ s, la velocidad aumenta de forma curva hasta alcanzar los 3 m/s. Luego, entre $t = 3$ s y $t = 8$ s, la velocidad se mantiene constante en 3 m/s. Finalmente, de $t = 8$ s a $t = 10$ s, la velocidad disminuye gradualmente.

Explicación del funcionamiento.

Uso del módulo 1

- I. Crear 3 grupos de 4, y asignar una velocidad a cada uno.
- II. Repartir roles, Rol de accionador del carro, Rol de registro con el cronometro, Rol de cálculo, Rol del tablero y socializador de la teoría.
- III. Primero accionar auto por el grupo.
- IV. Registrar cada tiempo con el cronometro en cada pitido cada 20 centímetros.
- V. Hacer los cálculos de las velocidades en cada intervalo, ignorando el ultimo al detenerse el auto. Distancia 100 cm.
- VI. Registrar la tabla de datos y transcribirla al tablero.
- VII. Repetir con los grupos hasta comparar los resultados de las tres velocidades.

Uso del módulo 2

- I. Seguir con los grupos creados.
- II. Repartir roles, Rol de fichas del eje y, Rol de fichas de eje x, con el cronometro, Rol de cálculo, Rol del poner los puntos y unirlos con la liga.
- III. Con las piezas en relieve y la descripción, graficar los dos problemas.
- IV. Resolver los dos problemas.
- V. Evidencia fotográfica de las dos graficas armadas.

Apéndice J. Guía de desarrollo LineoFísicoLAB Secundaria

Material Didactico

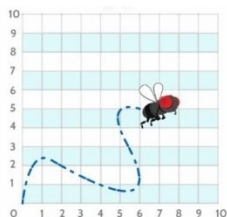
Referencia: <https://contenidosparaaprender.colombiaaprende.edu.co> Ciencia Naturales

Nombre: _____ Grado- Grupo: _____ Edad: _____

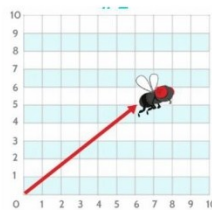
¿Qué es el Movimiento Rectilíneo Uniforme?

La física **cinemática** es la descripción de cómo se mueven los objetos. En este material se estudiará la descripción del movimiento de los objetos a lo largo de una **línea recta**, es decir, el **Movimiento Rectilíneo Uniforme**, ya que su velocidad es **constante**.

¿Qué es el Desplazamiento?



La **Trayectoria**, es la "curva" que une posiciones sucesivas de un objeto, es decir la dirección que sigue el desplazamiento de una persona u objeto.



El **desplazamiento** es el recorrido en línea recta desde un lugar inicial a un lugar final que hizo el objeto

Desplazamiento D

El desplazamiento es el cambio de posición de un objeto. En el ámbito de la física, el desplazamiento es un vector cuyo **origen** es la posición del cuerpo en un instante de tiempo que se considera **inicial**, y su **extremo** es la posición del cuerpo en un instante considerado tiempo **final**.

$$x_2 - x_1$$

Al hablar de desplazamiento se hace en términos de magnitud con su respectiva unidad de medida, dirección y sentido; es una cantidad de tipo vectorial.

¿Qué es Posición y Tiempo?

Posición P

La **posición** de un objeto es aquella información que permite localizarlo en el espacio en un instante de tiempo determinado. Necesitamos obtener doble información, una que tiene que ver con medidas espaciales y otra con una medida del tiempo; ambas son necesarias pues los cuerpos materiales constantemente cambian de posición a medida que transcurre el tiempo.

Tiempo T

El tiempo también es conocido como el período de duración en el que se desarrolla una acción o la parte del movimiento que se estudia. La unidad de tiempo es el segundo.

¿Cómo se calcula la Velocidad?

El movimiento rectilíneo es uniforme si su velocidad v es constante.

El término **velocidad** se usa para indicar tanto la *magnitud* o el valor numérico de qué tan rápido se mueve un objeto, como la *dirección* en la que se mueve. La **velocidad promedio** se define en términos del *desplazamiento*:

$$\text{Velocidad} = \text{desplazamiento} \div \text{tiempo}$$

$$\text{Velocidad} = (\text{posición final} - \text{posición inicial}) \div \text{tiempo}$$

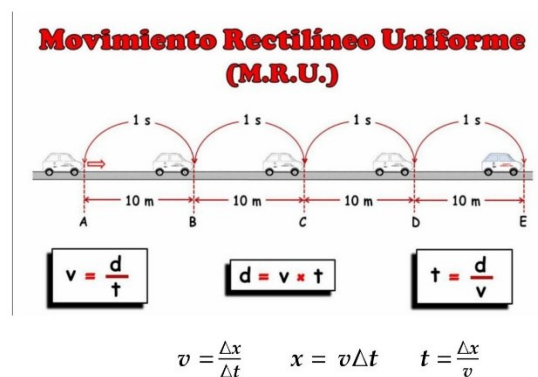
Cuando queremos conocer la velocidad de solo un intervalo conocido. Como comparar usando el tiempo que queremos calcular como t_1 con el t_2 como el final

$$\bar{v} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

La ecuación que se lee, velocidad = $(x_2 \text{ menos } x_1)$ sobre $(t_2 \text{ menos } t_1)$ = delta de x sobre delta de t .

Despeje de ecuaciones para usar

En el caso del movimiento rectilíneo uniforme las ecuaciones vectoriales se transforman en ecuaciones escalares.

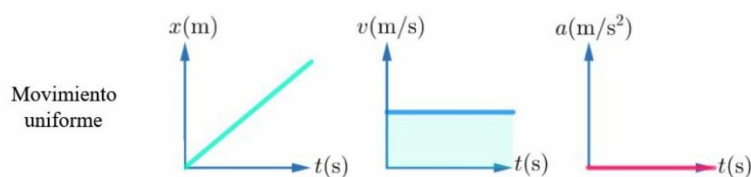


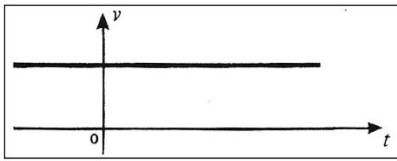
La ecuación de la velocidad se lee, $v = \text{delta de } x \text{ sobre delta de } t$.

La ecuación del desplazamiento se lee, $x = \text{velocidad multiplicada por delta del tiempo}$.

La ecuación del tiempo se lee, $t = \text{delta de } x \text{ sobre la velocidad}$.

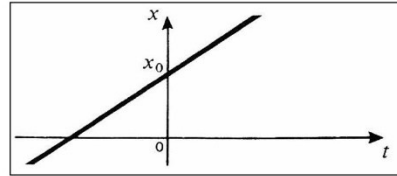
Representación grafica





La grafica de la función que representa la constante de velocidad será una línea horizontal recta paralela al eje t .

En cuanto a la función de la posición $x = v \text{ por } t + x_0$ es una recta inclinada con pendiente de la constante v que corta el eje x en x_0 como se muestra en la Figura 7.

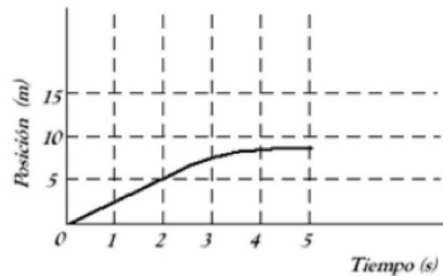


Practiquemos

- Se ilustra la gráfica 2 de posición respecto al tiempo de un objeto moviéndose en línea recta. La velocidad en el instante $t = 2$ s es:
 - (A) 0.4 m/s
 - (B) 2.0 m/s
 - (C) 2.5 m/s
 - (D) 5.0 m/s
 - (E) 10.0 m/s

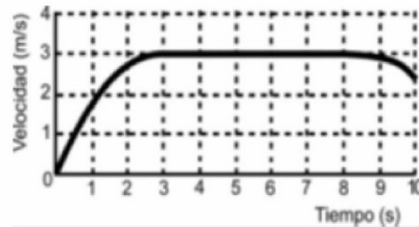
La gráfica 2, El eje horizontal representa el tiempo en segundos de 0 a 5 s, de intervalos de 1 en 1 y el eje vertical representa la posición en metros de 0 a 15 m, de intervalos de 5 en 5.

Desde el tiempo 0 hasta el segundo 2, la gráfica es una curva creciente lineal que inicia en 0 y llega hasta los 5 metros. Luego, la pendiente de la curva disminuye y hace que se curve para que en los segundos 4 y 5 la línea se vuelve casi horizontal.



- La Figura ilustra la gráfica 3 de velocidad respecto al tiempo de un objeto que se mueve en línea recta. De acuerdo con esta gráfica 3, ¿Qué distancia recorre el objeto durante el intervalo de tiempo comprendido entre $t = 4$ s y $t = 8$ s?
 - (A) 0.75 m
 - (B) 3.0 m
 - (C) 4.0 m
 - (D) 8.0 m
 - (E) 12.0 m

Grafica 3, El eje horizontal representa el tiempo desde 0 hasta 10 segundos, con intervalos de 1 en 1, y el eje vertical la velocidad desde 0 hasta 4 m/s, con intervalos de 1 en 1. Desde $t = 0$ hasta $t = 3$ s, la velocidad aumenta de forma curva hasta alcanzar los 3 m/s. Luego, entre $t = 3$ s y $t = 8$ s, la velocidad se mantiene constante en 3 m/s. Finalmente, de $t = 8$ s a $t = 10$ s, la velocidad disminuye gradualmente.



Explicación del funcionamiento de los módulos.

Uso del módulo 1

- I. Crear 3 grupos de 4, y asignar una velocidad a cada uno.
- II. Repartir roles, Rol de accionador del carro, Rol de registro con el cronometro, Rol de cálculo, Rol del tablero y socializador de la teoría.
- III. Primero accionar auto por el grupo.
- IV. Registrar cada tiempo con el cronometro en cada pitido cada 20 centímetros.
- V. Hacer los cálculos de las velocidades en cada intervalo, ignorando el ultimo al detenerse el auto. Distancia 100 cm.
- VI. Registrar la tabla de datos y transcribirla al tablero.
- VII. Repetir con los grupos hasta comparar los resultados de las tres velocidades.

Uso del módulo 2

- I. Seguir con los grupos creados.
- II. Repartir roles, Rol de fichas del eje y, Rol de fichas de eje x, con el cronometro, Rol de cálculo, Rol del poner los puntos y unirlos con la liga.
- III. Con las piezas en relieve y la descripción, graficar los dos problemas.
- IV. Resolver los dos problemas.
- V. Evidencia fotográfica de las dos graficas armadas.

Tabla de resultados del carro

	T(S)	X(CM)	V(x/t)
A			
B			
C			
D			
F			

1. ¿Cómo te sentiste con este material?
2. ¿Califica de 1 (malo) al 5 (bueno) que tan interesante te pareció este material didáctico?
3. ¿Califica de 1 al 5 que tan fácil de entender te pareció este material didáctico?
4. ¿Califica de 1 al 5 que tan útil te parecieron las funciones de este material didáctico?

Apéndice K. Taller escrito Control Media**Taller escrito MEDIA**

Referencia:

Guías en ciencias naturales del INCI y Física Fundamental I, Michel Valero.

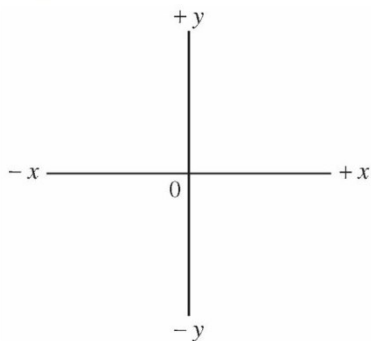
¿Qué es el Movimiento Rectilíneo Uniforme?

Dentro del campo de la **Física mecánica**, se encuentra la **cinemática**, que es la descripción de cómo se mueven los objetos.

En este material se estudiará la descripción de un objeto que se mueve a lo largo de una trayectoria en línea recta, es decir, un movimiento traslacional unidimensional o el Movimiento Rectilíneo Uniforme.

¿Qué es el Marco de referencia?

Imagen 3. Plano cartesiano



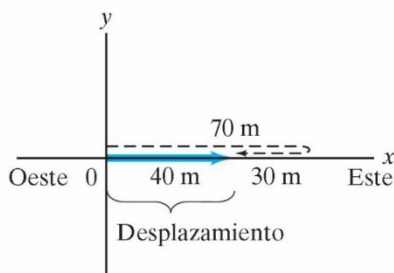
Descripción de la Imagen 3. Plano cartesiano. Plano cartesiano estándar en el cual dos rectas se intersectan perpendicularmente. El punto de interacción es el origen 0. La recta horizontal recibe el nombre de las x , a la derecha $+x$ y a la izquierda $-x$ (menos x). La recta vertical recibe el nombre de las y , hacia arriba $+y$, y hacia abajo $-y$ (menos y).

Al especificar el movimiento de un objeto, hay que indicar la dirección del movimiento. En física con frecuencia se dibuja un sistema de **ejes coordenados**, (Imagen 3) para representar un marco de referencia. Siempre podemos elegir la posición del origen (0). Los ejes x y y siempre son perpendiculares entre sí. Cualquier punto sobre el plano se especifica dando las coordenadas x y y .

¿Qué es el Desplazamiento?

Para el movimiento unidimensional, a menudo elegimos el eje x como la línea a lo largo de la cual se lleva a cabo el movimiento. La **posición** de un objeto en cualquier momento se define como el valor de su coordenada x .

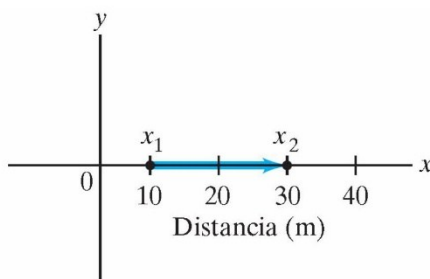
Imagen 4. Vector ubicado en plano



Descripción de la Imagen 4. Vector ubicado en plano. Una persona camina 70 m hacia el este (eje x positivo) y luego 30 m hacia el oeste (eje x negativo). La distancia total recorrida es 100 m (el camino recorrido se muestra con la línea punteada negra que va desde 0 hasta 100 m y se devuelve 30 m hasta quedar en 40 m); pero el desplazamiento, que se muestra con una flecha más gruesa, es de 40 m hacia el este (desde 0 hasta 40 m).

El **desplazamiento** es el cambio de posición del objeto. Es decir, el desplazamiento muestra que tan lejos está el objeto del punto de partida, diferente al recorrido total hecho por el objeto. En la Imagen 4. La distancia total recorrida es de 100 m, pero el desplazamiento es sólo de 40 m, ya que la persona está ahora a sólo 40 m del punto de partida.

Imagen 5. Vector distancia



Descripción de la Imagen 5. Vector distancia. La flecha que empieza en 10 y termina en 30 en el eje x positivo, representa el desplazamiento $x_2 - x_1$ (x_2 menos x_1). Las distancias están en metros.

Suponga que, en un momento inicial, llamado t_1 , el objeto está sobre el eje x en una posición x_1 del sistema coordenado que se muestra en la Imagen

5. En algún tiempo posterior, t_2 , suponga que el objeto se ha movido a una posición x_2 . El desplazamiento del objeto es $x_2 - x_1$ (x_2 menos x_1) y se representa mediante la flecha gruesa que apunta hacia la derecha en la Imagen 5. Es conveniente escribir:

$$\Delta x = x_2 - x_1 \quad \text{La ecuación se lee, delta de } x = x_2 \text{ menos } x_1.$$

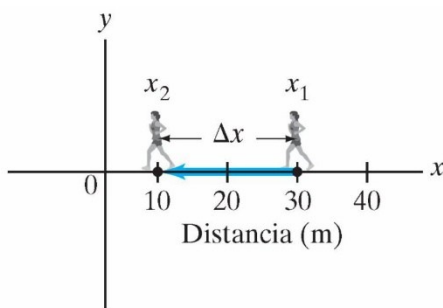
Donde el símbolo Δ (letra griega delta) significa "cambio en". Así que Δx significa "el cambio en x " o "cambio en la posición", que es el desplazamiento.

Suponga que $x_1 = 10,0$ m y $x_2 = 30,0$ m. Entonces,

$$\Delta x = x_2 - x_1 = 30,0 \text{ m} - 10,0 \text{ m} = 20,0 \text{ m}$$

Por lo que el desplazamiento es de 20,0 m en la dirección positiva (Imagen 5).

Imagen 6. Distancia x negativo



Descripción de la Imagen 6. Ahora considere un objeto que se mueve hacia la izquierda. En este caso, una persona inicia su movimiento en $x_1 = 30,0$ m y camina hacia la izquierda hasta la posición $x_2 = 10,0$ m. De modo que su desplazamiento es

$$\Delta x = x_2 - x_1 = 10,0 \text{ m} - 30,0 \text{ m} = -20,0 \text{ m}, \text{ vector apunta la izquierda.}$$

¿Cómo se calcula la Velocidad?

El movimiento rectilíneo es uniforme si su velocidad v es constante. El término **velocidad** se usa para indicar tanto el valor numérico o *magnitud* de qué tan rápido se mueve un objeto, como la *dirección* en la que se mueve. La **velocidad promedio** se define en términos del *desplazamiento*:

$$\text{Velocidad promedio} = \text{desplazamiento} \div \text{tiempo}$$

$$\text{Velocidad promedio} = (\text{posición final} - \text{posición inicial}) \div \text{tiempo}$$

Que se lee, velocidad promedio = (posición final menos posición inicial) sobre tiempo

En general para analizar el movimiento unidimensional de un objeto, suponga que en un momento dado llamado t_1 , el objeto está en la posición x_1 del eje x de un sistema coordinado, y que en un tiempo posterior t_2 , el objeto se ha movido a la posición x_2 . El **tiempo transcurrido** es $\Delta t = t_2 - t_1$ (delta de $t = t_2$ menos t_1) y durante este intervalo de tiempo el desplazamiento del objeto fue $\Delta x = x_2 - x_1$ (delta de $x = x_2$ menos x_1). La

velocidad promedio, definida como el *desplazamiento dividido entre el tiempo transcurrido*, puede escribirse como:

$$\bar{v} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

La ecuación que se lee, v barra = $(x_2$ menos $x_1)$ sobre $(t_2$ menos $t_1)$ = delta de x sobre delta de t .

Donde v representa velocidad y la barra sobre la v es un símbolo estándar que significa "promedio". (Algunos autores la llaman también "velocidad media").

Para el caso usual del eje $+x$ dirigido hacia la derecha, La dirección de la velocidad promedio es siempre la misma que la del desplazamiento.

Advierta que siempre es importante elegir (y especificar) el *tiempo transcurrido* o *intervalo de tiempo*, $t_2 - t_1$ (t_2 menos t_1), es decir, el tiempo que transcurre durante nuestro periodo de observación elegido.

Despeje de ecuaciones escalares para usar

En el caso del movimiento rectilíneo uniforme las ecuaciones vectoriales se transforman en ecuaciones escalares.

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad x = v\Delta t \quad t = \frac{\Delta x}{v}$$

La ecuación de la velocidad se lee, v = delta de x sobre delta de t .

La ecuación del desplazamiento se lee, x = velocidad multiplicada por tiempo.

La ecuación del tiempo se lee, t = delta de x sobre la velocidad.

EJEMPLO Distancia recorrida por un ciclista

¿Qué distancia puede recorrer un ciclista en 2,5 h a lo largo de un camino recto, si su velocidad promedio es de 18 km/h?

PLANTEAMIENTO

Se requiere encontrar la distancia recorrida, de manera que se despeja Δx (delta de x) de la ecuación.

SOLUCIÓN

Reescribimos la ecuación como:

$$\Delta x = \bar{v} \cdot \Delta t$$

La ecuación que se lee, delta de x = v barra · (v promedio) por delta de t.

Y encontramos:

$$\Delta x = \bar{v} \Delta t = \left(18 \frac{\text{Km}}{\text{h}} \right) (2,5 \text{ h}) = 45 \text{ Km}$$

La ecuación que se lee, delta de x = v barra (v promedio) por delta de t = (18 km sobre h) (2,5 h) = 45 Km.

Practiquemos

1. Si usted va manejando a 110 km/h a lo largo de una carretera recta y se distrae durante 2,0 s, ¿qué distancia recorre en este periodo de falta de atención?
2. Una pelota que rueda se mueve desde $x_1 = 3,4$ cm hasta $x_2 = 4,2$ cm durante el tiempo desde $t_1 = 3,0$ s hasta $t_2 = 5,1$ s. ¿Cuál es su velocidad promedio?

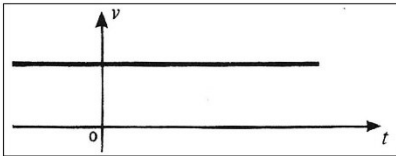
Representación grafica

La **velocidad** será constante. Entonces para deducir la ecuación de la **posición** se toma la velocidad media en un tiempo inicial cero t_0 y se despeja x .

$$v = \bar{v} = \frac{x - x_0}{t - t_0} = \frac{x - x_0}{t}$$

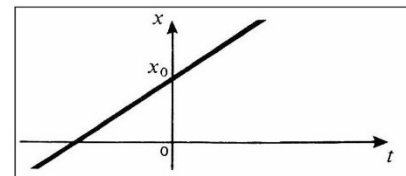
Se deduce, $x = vt + x_0$

$v = \text{Constante}; x = vt + x_0$

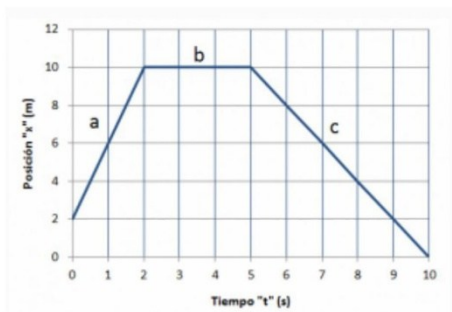


La grafica de la función que representa la constante de velocidad será una línea horizontal recta paralela al eje t .

En cuanto a la función de la posición $x = v \text{ por } t + x_0$ es una recta inclinada con pendiente de la constante v que corta el eje x en x_0 como se muestra en la Figura 7.



EJEMPLO Interpreta la Grafica de movimiento



En la imagen se observa el movimiento de un objeto dividido en tres tramos a, b y c. El eje horizontal representa el tiempo de 0 a 10 en segundos. El eje vertical muestra la posición de 0 a 12 en metros.

En el tramo a, el objeto parte desde los 2 metros en el segundo 0 y llega a los 10 metros en el segundo 2, línea inclinada a la derecha. En el tramo b, desde el segundo 2 hasta el segundo 5, la línea es completamente horizontal en la posición de 10 metros. Finalmente, en el tramo c, el objeto se desplaza desde los 10 metros hasta los 0 metros entre los segundos 5 y 10, en una línea recta descendente.

- 1) Describe el movimiento en cada tramo
- 2) Calcula velocidad en cada tramo

PLANTEAMIENTO

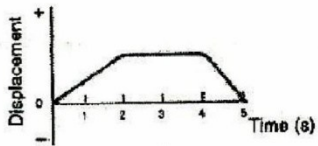
Primero se toma la definición del desplazamiento para entender el movimiento del objeto. Segundo se usa la ecuación de la velocidad.

SOLUCIÓN

- 1) En a el objeto se mueve en MRU y se desplaza, delta de $x = 10 \text{ m} - 2 \text{ m} = 8 \text{ m}$. A la derecha
En b el objeto está detenido.
En c el objeto se desplaza, delta de $x = 0 - 10 \text{ m} = -10 \text{ m}$. A la izquierda
- 2) Velocidad en a, $v = 10 \text{ m} - 2 \text{ m}$ sobre $2 \text{ s} = 4 \text{ m/s}$. Velocidad en b es cero.
Velocidad en c, $v = 0 - 10 \text{ m}$ sobre $10 \text{ s} - 5 \text{ s} = -2 \text{ m/s}$

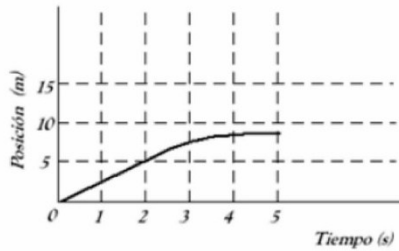
Practiquemos

1. Hallar el x del tramo de 0 a 2 segundos con una velocidad de 5 m/s. Luego hallar la velocidad del tramo de 4 a 5 segundos.



Descripción de la Grafica 1. En el eje horizontal se presenta la variable t (s) con intervalos de 1 en 1 desde 0 hasta 5. En el eje vertical la variable x (m), no hay números. La curva se divide en tres tramos de 0 a 2 segundos sube en línea inclinada, de 2 a 4, esta horizontal, y de 4 a 5 baja en línea inclinada hasta llegar a cero.

2. Se ilustra la gráfica 2 de posición respecto al tiempo de un objeto moviéndose en línea recta. La velocidad en el instante $t = 2 \text{ s}$ es:
 - (A) 0.4 m/s
 - (B) 2.0 m/s
 - (C) 2.5 m/s
 - (D) 5.0 m/s
 - (E) 10.0 m/s

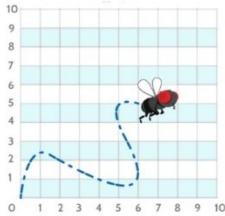


La gráfica 2, El eje horizontal representa el tiempo en segundos de 0 a 5 s, de intervalos de 1 en 1 y el eje vertical representa la posición en metros de 0 a 15 m, de intervalos de 5 en 5. Desde el tiempo 0 hasta el segundo 2, la gráfica es una curva creciente lineal que llega hasta los 5 metros. Luego, la pendiente de la curva disminuye y hace que se curve para que en los segundos 4 y 5 la línea se vuelve casi horizontal.

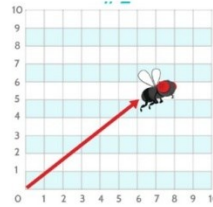
Apéndice L. Taller escrito Control Secundaria

(Control) Taller escritoReferencia: <https://contenidosparaaprender.colombiaaprende.edu.co> Ciencia Natural

Nombre: _____ Grado- Grupo: _____ Edad: _____

¿Qué es el Desplazamiento?

La **Trayectoria**, es la "curva" que une posiciones sucesivas de un objeto, es decir la dirección que sigue el desplazamiento de una persona u objeto.



El **desplazamiento** es el recorrido en línea recta desde un lugar inicial a un lugar final que hizo el objeto

Desplazamiento D

El desplazamiento es el cambio de posición de un objeto. En el ámbito de la física, el desplazamiento es un vector cuyo **origen** es la posición del cuerpo en un instante de tiempo que se considera **inicial**, y su **extremo** es la posición del cuerpo en un instante considerado tiempo **final**.

$$x_2 - x_1$$

Al hablar de desplazamiento se hace en términos de magnitud con su respectiva unidad de medida, dirección y sentido; es una cantidad de tipo vectorial.

¿Qué es Posición y Tiempo?**Posición P**

La **posición** de un objeto es aquella información que permite localizarlo en el espacio en un instante de tiempo determinado. Necesitamos obtener doble información, una que tiene que ver con medidas espaciales y otra con una medida del tiempo; ambas son necesarias pues los cuerpos materiales constantemente cambian de posición a medida que transcurre el tiempo.

Tiempo T

El tiempo también es conocido como el período de duración en el que se desarrolla una acción o la parte del movimiento que se estudia. La unidad de tiempo es el segundo.

¿Cómo se calcula la Velocidad?

El movimiento rectilíneo es uniforme si su velocidad v es constante.

El término **velocidad** se usa para indicar tanto la *magnitud* o el valor numérico de qué tan rápido se mueve un objeto, como la *dirección* en la que se mueve. La **velocidad promedio** se define en términos del *desplazamiento*:

$$\text{Velocidad} = \text{desplazamiento} \div \text{tiempo}$$

Velocidad = (posición final – posición inicial) ÷ tiempo

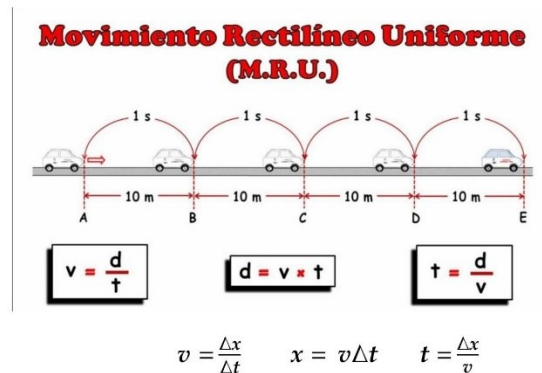
Cuando queremos conocer la velocidad de solo un intervalo conocido. Como comparar usando el tiempo que queremos calcular como t1 con el t2 como el final

$$\bar{v} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

La ecuación que se lee, velocidad = (x₂ menos x₁) sobre (t₂ menos t₁) = delta de x sobre delta de t.

Despeje de ecuaciones para usar

En el caso del movimiento rectilíneo uniforme las ecuaciones vectoriales se transforman en ecuaciones escalares.

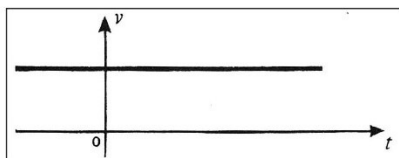
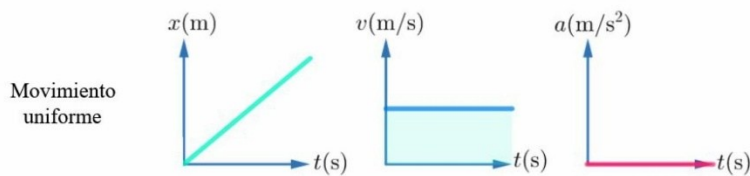


La ecuación de la velocidad se lee, v = delta de x sobre delta de t.

La ecuación del desplazamiento se lee, x = velocidad multiplicada por delta del tiempo.

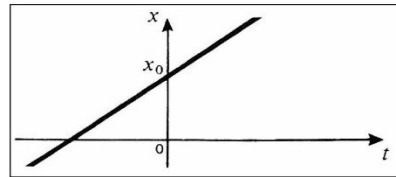
La ecuación del tiempo se lee, t = delta de x sobre la velocidad.

Representación grafica

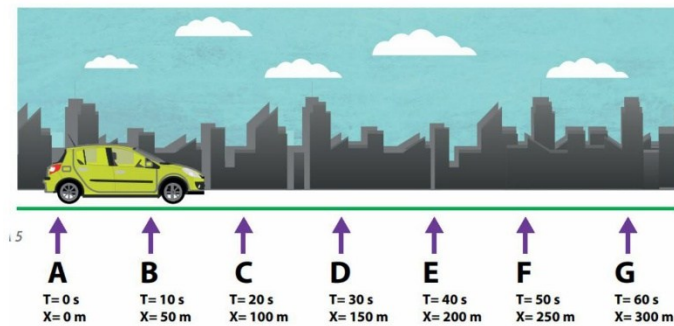


La grafica de la función que representa la constante de velocidad será una línea horizontal recta paralela al eje t.

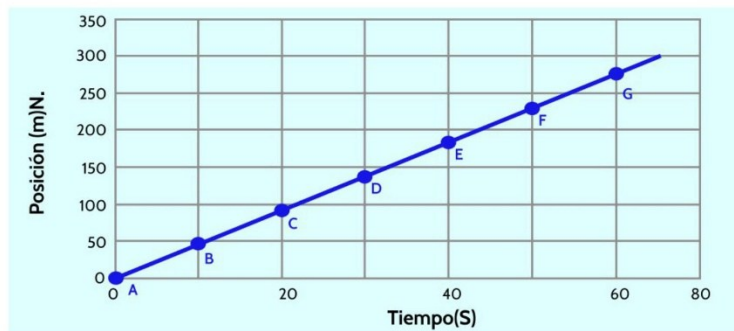
En cuanto a la función de la posición $x = v \text{ por } t + x_0$ es una recta inclinada con pendiente de la constante v que corta el eje x en x_0 como se muestra en la Figura 7.



Considera a un objeto que se mueve en línea recta, como por ejemplo un automóvil que viaja por una autopista recta. Imagina que tomamos alguna información, tal como su posición y tiempo en momentos distintos El Punto A será el punto que tomaremos como referencia, o como origen. La tabla de la derecha ilustra los datos de posición y tiempo observados Observa que a medida que el tiempo transcurre el auto se mueve de una forma uniforme.



	T(S)	X(M)
A	0	0
B	10	50
C	20	100
D	30	150
E	40	200
F	50	250



EJEMPLO Distancia recorrida por un ciclista

¿Qué distancia puede recorrer un ciclista en 2,5 h a lo largo de un camino recto, si su velocidad promedio es de 18 km/h?

PLANTEAMIENTO

Se requiere encontrar la distancia recorrida, de manera que se despeja Δx (delta de x) de la ecuación.

SOLUCIÓN

Reescribimos la ecuación como:

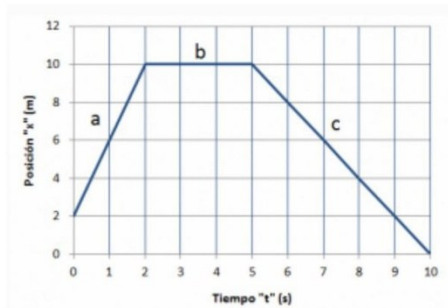
$$\Delta x = \bar{v} \cdot \Delta t$$

La ecuación que se lee, delta de x = v barra · (v promedio) por delta de t.

Y encontramos:

$$\Delta x = \bar{v} \Delta t = \left(18 \frac{Km}{h} \right) (2,5 h) = 45 Km$$

La ecuación que se lee, delta de x = v barra (v promedio) por delta de t = (18 km sobre h) (2,5 h) = 45 Km.

EJEMPLO Interpreta la Grafica de movimiento

En la imagen se observa el movimiento de un objeto dividido en tres tramos a, b y c. El eje horizontal representa el tiempo de 0 a 10 en segundos. El eje vertical muestra la posición de 0 a 12 en metros.

En el tramo a, el objeto parte desde los 2 metros en el segundo 0 y llega a los 10 metros en el segundo 2, línea inclinada a la derecha. En el tramo b, desde el segundo 2 hasta el segundo 5, la línea es completamente horizontal en la posición de 10 metros. Finalmente, en el tramo c, el objeto se desplaza desde los 10 metros hasta los 0 metros entre los segundos 5 y 10, en una línea recta

descendente.

- 1) Describe el movimiento en cada tramo
- 2) Calcula velocidad en cada tramo

PLANTEAMIENTO

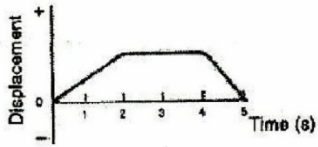
Primero se toma la definición del desplazamiento para entender el movimiento del objeto. Segundo se usa la ecuación de la velocidad.

SOLUCIÓN

- 1) En a el objeto se mueve en MRU y se desplaza, delta de x = 10 m – 2 m = 8 m. A la derecha
En b el objeto está detenido.
En c el objeto se desplaza, delta de x = 0 – 10 m = - 10 m. A la izquierda
- 2) Velocidad en a, v = 10 m – 2 m sobre 2 s = 4 m/s. Velocidad en b es cero. Velocidad en c, v = 0 – 10 m sobre 10 s – 5 s = -2 m/s

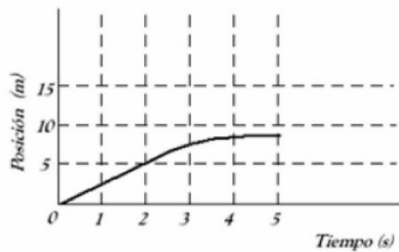
Practiquemos

1. Hallar el x del tramo de 0 a 2 segundos con una velocidad de 5 m/s. Luego hallar la velocidad del tramo de 4 a 5 segundos.



Descripción de la Gráfica 1. En el eje horizontal se presenta la variable t (s) con intervalos de 1 en 1 desde 0 hasta 5. En el eje vertical la variable x (m), no hay números. La curva se divide en tres tramos de 0 a 2 segundos sube en línea inclinada, de 2 a 4, esta horizontal, y de 4 a 5 baja en línea inclinada hasta llegar a cero.

2. Se ilustra la gráfica 2 de posición respecto al tiempo de un objeto moviéndose en línea recta. La velocidad en el instante $t = 2$ s es:
- (A) 0.4 m/s
 (B) 2.0 m/s
 (C) 2.5 m/s
 (D) 5.0 m/s
 (E) 10.0 m/s



La gráfica 2, El eje horizontal representa el tiempo en segundos de 0 a 5 s, de intervalos de 1 en 1 y el eje vertical representa la posición en metros de 0 a 15 m, de intervalos de 5 en 5. Desde el tiempo 0 hasta el segundo 2, la gráfica es una curva creciente lineal que llega hasta los 5 metros. Luego, la pendiente de la curva disminuye y hace que se curve para que en los segundos 4 y 5 la línea se vuelve casi horizontal.

Apéndice M. Examen de conceptos de MRU Secundaria

NOMBRE - GRADO - GRUPO - EDAD

Evaluación de saberes - TALLER CONTROL

Taller sobre la velocidad de un carro en una pista recta. Se mide con un cronómetro el tiempo, se crea la tabla de datos y se grafica. Ejemplo.

ANÁLISIS DE LAS GRÁFICAS

Considera a un objeto que se mueve en línea recta, como por ejemplo un automóvil que viaja por una autopista recta. Imagina que tomamos alguna información, tal como su posición y tiempo en momentos distintos

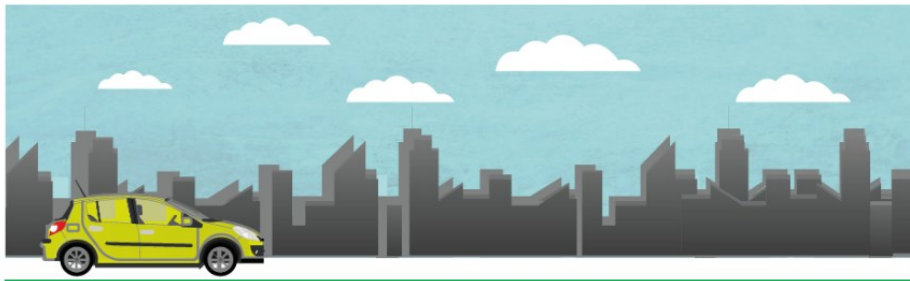


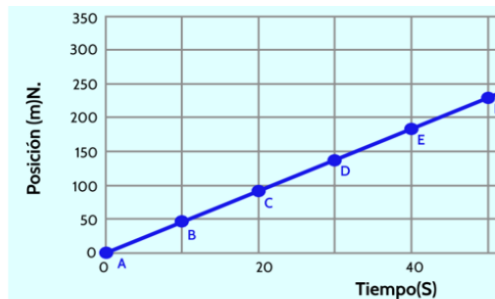
FIGURA 5

↑ A	↑ B	↑ C	↑ D	↑ E	↑ F	↑ G
T= 0 s X= 0 m	T= 10 s X= 50 m	T= 20 s X= 100 m	T= 30 s X= 150 m	T= 40 s X= 200 m	T= 50 s X= 250 m	T= 60 s X= 300 m

El Punto A será el punto que tomaremos como referencia, o como origen.

T(S) Es el tiempo en segundos. X(M) es la distancia en metros.

	T(S)	X(M)
A	0	0
B	10	50
C	20	100
D	30	150
E	40	200
F	50	250



1. ¿Cuál es la distancia total que recorre el carro?
 - La primera distancia que se midió.
 - La distancia más larga que recorrió el carro, hasta donde se detuvo.
 - La distancia hasta la mitad del camino.
 - El promedio de todas las distancias medidas.

2. Si quiero saber cómo se va moviendo el carro en diferentes partes del camino, ¿qué puedo hacer?
 - Sumar todos los tiempos.
 - Sacar el promedio de todas las distancias.
 - Dividir todo el camino en partes iguales con puntos y medir en esos puntos.
 - Restar el tamaño del carro de la distancia total.

3. Si el carro recorre una distancia más larga, ¿qué pasa con el tiempo?
 - El tiempo va aumentando.
 - Va a tardar menos tiempo.
 - El tiempo no cambia.
 - El tiempo se borra.

4. ¿Para qué usamos el cronómetro en esta actividad?
 - Para medir el ritmo del carro.
 - Para saber desde dónde empezó el carro.
 - Para medir cuánto tiempo tarda en llegar a cada parte del camino.
 - Para saber cuánta distancia recorre.

5. Si ya sé la distancia y el tiempo, ¿cómo puedo calcular la velocidad?
 - Multiplicando la distancia por el tiempo.
 - Sumando todos los tiempos.
 - Dividiendo la distancia entre el tiempo.
 - Diciendo si el carro fue lento o rápido sin hacer cuentas.

Apéndice N. Encuesta de dificultad usuario

Del 1 al 5, siendo el 5 el peor.

- 1.¿Qué tan difícil fue leer el braille?
- 2.¿Qué tan difícil fue detectar los orificios donde se grafica?
- 3.¿Qué tan difícil fue detectar la función con las ligas?
- 4.¿Qué tan difícil fue detectar los compartimientos de las unidades en el eje x y en el eje y?
- 5.¿Qué tan difícil fue detectar la curva de la función de las gráficas en relieve?
- 6.¿Qué tan difícil fue detectar la cuadrícula y sus unidades en las gráficas en relieve?

Del 1 al 5, siendo el 5 el mejor.

- 1.¿Qué tan interesante encuentra este material?
- 2.¿Qué tanto siente que se aprendió con esta actividad?
- 3.¿Qué opina de tener este tipo de material en clase?

Apéndice O. Encuesta docente en Google Form

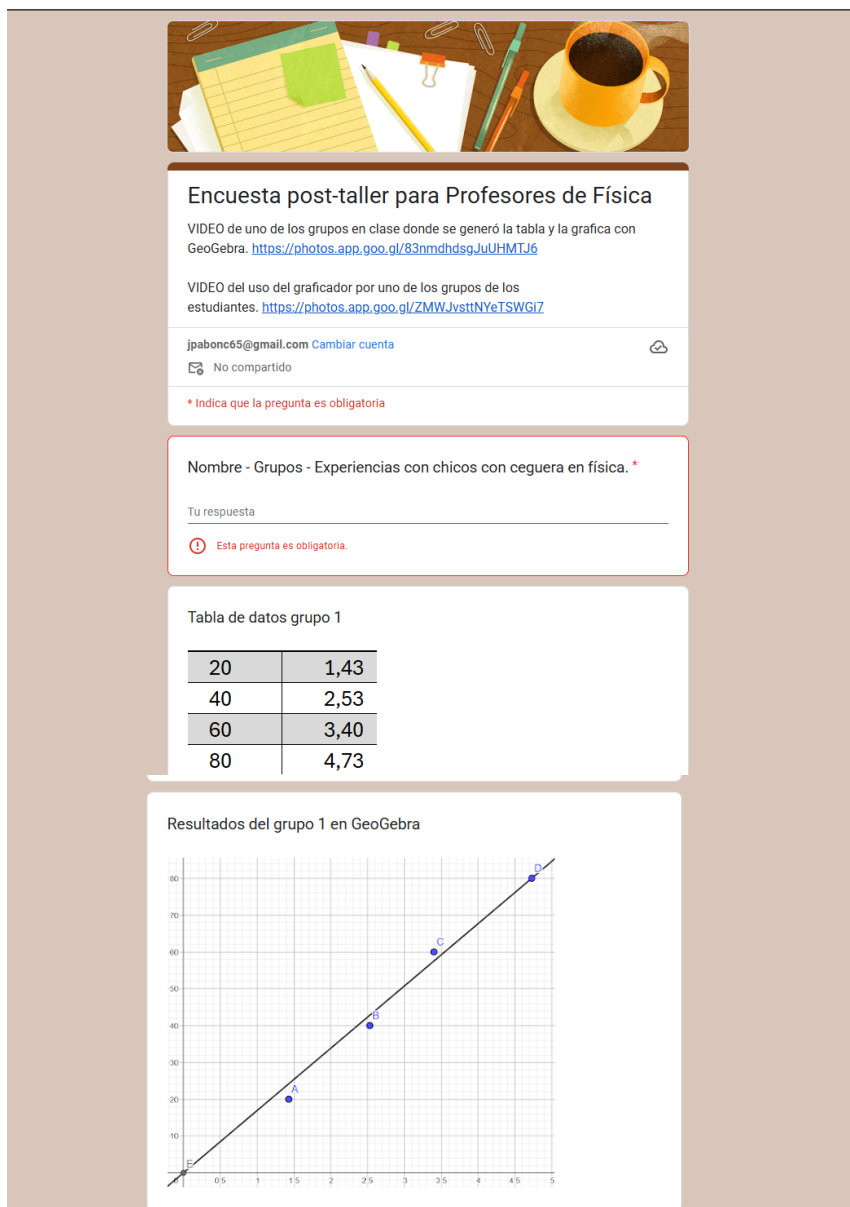
Enlace:

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScHGwyCFcTm0HudRt3aarJWunjvKOWHkTLilnwIBa6nR4ZH4g/viewform?usp=dialog>

Enlace Videos:

1. <https://drive.google.com/file/d/1tvvn6IaQor66LGBfHgaej8z0KgBxT1q/view?usp=sharing>

2. <https://drive.google.com/file/d/1NFjnBe9VVwrC11QoLT7-YsPX7mm6L9UV/view?usp=sharing>



Encuesta post-taller para Profesores de Física

VIDEO de uno de los grupos en clase donde se generó la tabla y la grafica con GeoGebra. <https://photos.app.goo.gl/83nmdhdsgJuUHMTJ6>

VIDEO del uso del graficador por uno de los grupos de los estudiantes. <https://photos.app.goo.gl/ZMWJvstNYeTSWGIZ>

jpabonc65@gmail.com [Cambiar cuenta](#)

No compartido

* Indica que la pregunta es obligatoria

Nombre - Grupos - Experiencias con chicos con ceguera en física. *

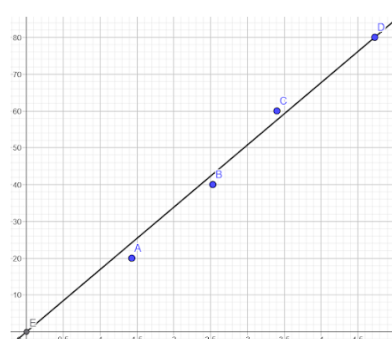
Tu respuesta

Esta pregunta es obligatoria.

Tabla de datos grupo 1

20	1,43
40	2,53
60	3,40
80	4,73

Resultados del grupo 1 en GeoGebra



Modulo 1 Carro en carril

El dispositivo que ejecuta el movimiento rectilíneo uniforme.

Foto de muestra no seleccionar nada



Carro, con sonido cada 20 cm, tres velocidades, detenido automático.



Pista con inicio y meta para conservar las distancias, con 6 secciones de 20 cm.



Pestañas redondeadas para delimitar centímetros al tacto con divisores de secciones cada 10 cm.

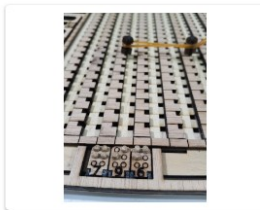
Módulo 2 Graficador

El dispositivo que ejecuta el movimiento rectilíneo uniforme.

Foto de muestra no seleccionar nada



Plano cartesiano de 9 x 9 unidades y sus subdivisiones de tres casillas. De a cuatro orificios por unidad. Carriles verticales y horizontales para poner los números de y y x.



Pines que representan los puntos importantes de la función, fichas numéricas con braille para la escala.



Graficas en relieve con la curva de la función sobresaliendo

1. El dispositivo permite simular de forma clara el Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU) *

- Muy en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ligeramente en desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- Ligeramente de acuerdo
- De acuerdo
- Muy de acuerdo

4. La señalización en alto relieve y braille facilita el reconocimiento de espacios y medidas clave. *

- Muy en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ligeramente en desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- Ligeramente de acuerdo
- De acuerdo
- Muy de acuerdo

¿Qué es lo mejor en este aspecto y que se debe mejorar para los dos Módulos? *

Tu respuesta _____

¿Qué es lo mejor en este aspecto y que se debe mejorar para los dos Módulos? *

Tu respuesta _____

2. El dispositivo facilita la simulación de gráficas de movimiento. *

- Muy en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ligeramente en desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- Ligeramente de acuerdo
- De acuerdo
- Muy de acuerdo

5. El peso del dispositivo es adecuado para transportarlo fácilmente en un día de clases. *

- Muy en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ligeramente en desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- Ligeramente de acuerdo
- De acuerdo
- Muy de acuerdo

¿Qué es lo mejor en este aspecto y que se debe mejorar para los dos Módulos? *

Tu respuesta _____

6. El dispositivo puede desarmarse fácilmente para optimizar el espacio durante el transporte. *

- Muy en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ligeramente en desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- Ligeramente de acuerdo
- De acuerdo
- Muy de acuerdo

3. La retroalimentación sonora permite identificar con claridad el avance del movimiento. *

- Muy en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ligeramente en desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- Ligeramente de acuerdo
- De acuerdo
- Muy de acuerdo

¿Qué es lo mejor en este aspecto y que se debe mejorar para los dos Módulos? *

Tu respuesta _____

7. ¿Qué otros aspectos o cualidades de los módulos considera que aportan a la clase que ayuden a los estudiantes a aprender? *

Tu respuesta _____

Comparación con sus experiencias.

Teniendo en cuenta su experiencia enseñando física y su experiencia con estudiantes con ceguera. Compare el material con otras estrategias como presentaciones en PowerPoint, simuladores digitales o libros de texto para enseñar el movimiento rectilíneo uniforme.

8. En comparación con otros métodos, este dispositivo facilita una comprensión con experiencia física del Movimiento Rectilíneo Uniforme

	1	2	3	4	5	
Mucho peor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Mucho mejor

9. El dispositivo fomenta más la participación activa del estudiante que otros recursos.

	1	2	3	4	5	
Mucho peor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Mucho mejor

10. Es más accesible para estudiantes con diversidad funcional visual que otros métodos.

	1	2	3	4	5	
Mucho peor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Mucho mejor

11. Este recurso facilita la interacción de los estudiantes ciegos con las gráficas de posición y velocidad más que otras herramientas.

	1	2	3	4	5	
Mucho peor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Mucho mejor

12. Permite mayor interacción de diferentes aspectos sensoriales con los conceptos en comparación con otros materiales didácticos.

	1	2	3	4	5	
Mucho peor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Mucho mejor

13. El uso del dispositivo promueve una experiencia con mayor recordación que otros métodos tradicionales.

	1	2	3	4	5	
Mucho peor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Mucho mejor

Apéndice P. Consentimientos informados firmados**ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL****Consentimiento informado**

Elaborado 20 abril de 2025

Validación de un material didáctico de cinemática

Estimado encargado del aula,

Para el desarrollo del proyecto de grado del programa de Diseño industrial de la Universidad Industrial de Santander (UIS) sede Bucaramanga se realiza esta actividad en la que Jessenia Pabon código 2160491, estudiante de pregrado del programa, es investigadora principal.

El día 18 de abril se realizó la Fase de validación de prototipo diseñado para apoyar la enseñanza del Movimiento Rectilíneo Uniforme a estudiantes de física y a estudiantes que se encuentran en situación de diversidad funcional visual o en situación de discapacidad visual.

Se discutió previo al encuentro con los docentes encargados: los pasos, instrumentos y los equipos que se usarían para la realización de la prueba, así como la toma de datos. Como se desarrolla en los siguientes numerales:

1. **Introducción y propósito del estudio:** En la última fase de este estudio se busca implementar el material didáctico diseñado. Buscando analizar su impacto en el aprendizaje de los conceptos de MRU en estudiantes que se encuentre en situación de discapacidad visual o no.

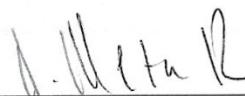
La actividad consiste en realizar el taller de clase en donde se usa el Modulo de auto para medir diferentes tiempos en un recorrido, y generar la tabla de datos que le permitirá al estudiante calcular la velocidad en cada instante.

2. **Selección de los participantes:** Los que el docente encargado de física tenga disponibles.
3. **Procedimiento:** Se realizan las siguientes actividades iniciando a las 6:20 AM y terminando a la 8:00 AM.
 - 3.1. Se dividen los talleres en grupos de 6 estudiantes máximo en 6 grupos.
 - 3.2. El usuario va leyendo y socializando la teoría en su grupo.
 - 3.3. Mientras cada grupo va probando el dispositivo.
 - 3.4. El grupo se divide los roles y procede a la toma de los 4 datos del tiempo para las cuatro distancias recorridas.
 - 3.5. El grupo pasa a hacer los cálculos de las cuatro velocidades.
 - 3.6. Se repite el proceso hasta que pasan los seis grupos.
 - 3.7. Para el Módulo 2, se selecciona un grupo muestra de estudiantes en los que debe estar el estudiante que se encuentra en situación de discapacidad visual.
 - 3.8. Con este grupo se desarrolla una de las graficas en el tablero con su respectiva pregunta.
4. **Repositorio de audio:** Se registrará el audio con el compromiso de que este material solo será usado con fines académicos y usted puede retirar su permiso de uso cuando lo desee. Se registraran imágenes y videos como evidencia de las pruebas realizadas.

5. **Riesgos y beneficios esperados:** La actividad se realiza en la planta física de la institución educativa con supervisión del docente de física que fue asignado por la institución para acompañar este proceso.
6. **Confidencialidad:** La información que usted suministro solo será compartida con los investigadores y el director del proyecto de grado con fines académico y no será divulgada hacia otros entes ni personas ajenas al equipo de trabajo. Sin embargo, los resultados y conclusiones de esta pueden ser divulgados en contexto de interés académico, como son congresos o ponencias. Cumpliendo con guardar el anonimato de los participantes.
7. **Derecho a rehusar o abandonar el estudio:** Siendo consciente de la disponibilidad, así como valorando el carácter voluntario de su participación puede en cualquier momento desistir de realizar la prueba o interrumpir su participación sin necesidad de alguna réplica o justificación formal.

Declaración de los investigadores: Como investigadora principal aclaro que se dio a conocer todo lo relacionado a propósitos, procedimientos, confidencialidad y tratamiento de datos a los posibles participantes, así como se dejó en totalidad claridad la comprensión de este por los participantes.

Como docente del Aula confirma la realización de estas actividades en la fecha expuesta.

Firma:  c.c. 63500516
Docente de Física

Investigadora

Jessenia Pabón Pabón C.C. 1095953172
jpabon2508@gmail.com
Estudiante pregrado Diseño Industrial
Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingeniería Físico mecánicas
Teléfonos: 3178012839

ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
Consentimiento informado



Elaborado 20 abril de 2025

Validación de un material didáctico de cinemática

Estimado encargado del aula,

Para el desarrollo del proyecto de grado del programa de Diseño industrial de la Universidad Industrial de Santander (UIS) sede Bucaramanga se realiza esta actividad en la que Jessenia Pabon código 2160491, estudiante de pregrado del programa, es investigadora principal.

El día 18 de abril se realizó la Fase de validación de prototipo diseñado para apoyar la enseñanza del Movimiento Rectilíneo Uniforme a estudiantes de física y a estudiantes que se encuentran en situación de diversidad funcional visual o en situación de discapacidad visual.

Se discutió previo al encuentro con los docentes encargados: los pasos, instrumentos y los equipos que se usarían para la realización de la prueba, así como la toma de datos. Como se desarrolla en los siguientes numerales:

1. **Introducción y propósito del estudio:** En la última fase de este estudio se busca implementar el material didáctico diseñado. Buscando analizar su impacto en el aprendizaje de los conceptos de MRU en estudiantes que se encuentre en situación de discapacidad visual o no.

La actividad consiste en realizar el taller de clase en donde se usa el Modulo de auto para medir diferentes tiempos en un recorrido, y generar la tabla de datos que le permitirá al estudiante calcular la velocidad en cada instante.

2. **Selección de los participantes:** Los que el docente encargado de física tenga disponibles.
3. **Procedimiento:** Se realizan las siguientes actividades iniciando a las 6:20 AM y terminando a la 8:00 AM.
 - 3.1. Se dividen los talleres en grupos de 6 estudiantes máximo en 6 grupos.
 - 3.2. El usuario va leyendo y socializando la teoría en su grupo.
 - 3.3. Mientras cada grupo va probando el dispositivo.
 - 3.4. El grupo se divide los roles y procede a la toma de los 4 datos del tiempo para las cuatro distancias recorridas.
 - 3.5. El grupo pasa a hacer los cálculos de las cuatro velocidades.
 - 3.6. Se repite el proceso hasta que pasan los seis grupos.
 - 3.7. Para el Módulo 2, se selecciona un grupo muestra de estudiantes en los que debe estar el estudiante que se encuentra en situación de discapacidad visual.
 - 3.8. Con este grupo se desarrolla una de las graficas en el tablero con su respectiva pregunta.
4. **Repositorio de audio:** Se registrará el audio con el compromiso de que este material solo será usado con fines académicos y usted puede retirar su permiso de uso cuando lo desee. Se registraran imágenes y videos como evidencia de las pruebas realizadas.

5. **Riesgos y beneficios esperados:** La actividad se realiza en la planta física de la institución educativa con supervisión del docente de física que fue asignado por la institución para acompañar este proceso.
6. **Confidencialidad:** La información que usted suministro solo será compartida con los investigadores y el director del proyecto de grado con fines académico y no será divulgada hacia otros entes ni personas ajenas al equipo de trabajo. Sin embargo, los resultados y conclusiones de esta pueden ser divulgados en contexto de interés académico, como son congresos o ponencias. Cumpliendo con guardar el anonimato de los participantes.
7. **Derecho a rehusar o abandonar el estudio:** Siendo consciente de la disponibilidad, así como valorando el carácter voluntario de su participación puede en cualquier momento desistir de realizar la prueba o interrumpir su participación sin necesidad de alguna replica o justificación formal.

Declaración de los investigadores: Como investigadora principal aclaro que se dio a conocer todo lo relacionado a propósitos, procedimientos, confidencialidad y tratamiento de datos a los posibles participantes, así como se dejó en totalidad claridad la comprensión de este por los participantes.

Como docente del Aula confirma la realización de estas actividades en la fecha expuesta.

Firma: Jose P. Suarez c.c. 1.048665336.
Docente de Física.

Investigadora

Jessenia Pabón Pabón C.C. 1095953172
Jpabon2508@gmail.com
Estudiante pregrado Diseño Industrial
Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingeniería Físico mecánicas
Teléfonos: 3178012839

Apéndice Q. Tablas de datos examen

Alumnos 1	P1	P2	P3	P4	P5	NOTA	APROBADO
A1	B	C	C	C	C	0.8	1
A2	D	A	A	C	C	0.6	1
A3	B	C	A	D	C	0.8	1
A4	B	C	B	C	C	0.8	1
A5	C	B	A	C	C	0.6	1
A6	D	C	A	C	C	0.8	1
A7	B	C	A	D	C	0.8	1
A8	A	A	A	D	C	0.4	0
A9	A	B	A	B	C	0.4	0
A10	B	C	A	A	C	0.8	1
A11	A	A	A	C	C	0.6	1
A12	B	C	A	C	C	1	1
A13	B	C	A	D	C	0.8	1
A14	B	A	A	C	C	0.8	1
A15	B	C	A	D	C	0.8	1
A16	B	C	B	C	C	0.8	1
A17	C	C	A	C	A	0.6	1
A18	D	C	A	C	C	0.8	1
A19	B	C	A	C	C	1	1
A20	A	B	C	C	C	0.4	0
A21	A	B	A	B	C	0.4	0
A22	B	C	A	A	C	0.8	1
A23	A	C	A	A	C	0.6	1
A24	D	C	B	C	A	0.4	0
A25	B	C	A	C	C	1	1
A26	B	C	A	C	C	1	1
A27	B	C	A	C	C	1	1
A28	B	C	A	C	C	1	1
A29	B	C	A	C	C	1	1
						24	
						82.8%	

Alumnos 2	P1	P2	P3	P4	P5	NOTA	APROBADO
A1	D	C	A	C	A	0.6	1
A2	B	C	A	C	C	1	1
A3	C	B	A	D	C	0.4	0
A4	C	D	A	B	C	0.4	0
A5	C	B	A	D	C	0.4	0
A6	B	B	A	C	A	0.6	1
A7	A	B	C	C	A	0.2	0
A8	D	B	C	C	A	0.2	0
A9	D	C	A	C	A	0.6	1
A10	B	C	B	C	C	0.8	1
A11	A	A	A	C	A	0.4	0
A12	A	A	A	A	C	0.4	0
A13	A	C	A	A	C	0.6	1
A14	D	C	A	C	A	0.6	1
A15	D	C	A	C	C	0.8	1
A16	B	B	A	D	C	0.6	1
A17	C	D	A	A	C	0.4	0
A18	A	B	A	D	C	0.4	0
A19	B	B	A	B	C	0.6	1
A20	A	B	C	C	A	0.2	0
A21	B	B	A	C	A	0.6	1
A22	C	C	A	C	A	0.6	1
A23	B	C	B	D	C	0.6	1
A24	A	C	A	C	A	0.6	1
A25	B	A	A	D	C	0.6	1
A26	B	C	A	D	C	0.8	1
A27	B	C	A	C	C	1	1
A28	B	C	A	C	C	1	1
A29	B	C	A	C	C	1	1

19

65.5%

Pregunta 1		Grupo 1		Grupo 2
A	6	20.7%	7	24.1%
B	17	58.6%	12	41.4%
C	2	6.9%	5	17.2%
D	4	13.8%	5	17.2%



Pregunta 4		Grupo 1		Grupo 2
A	3	10.3%	3	10.3%
B	2	6.9%	2	6.9%
C	19	65.5%	17	58.6%
D	5	17.2%	7	24.1%

Pregunta 2		Grupo 1		Grupo 2
A	4	13.8%	3	10.3%
B	4	13.8%	10	34.5%
C	21	72.4%	14	48.3%
D	0	0.0%	2	6.9%

Pregunta 5		Grupo 1		Grupo 2
A	2	6.9%	11	37.9%
C	27	93.1%	18	62.1%

Pregunta 3		Grupo 1		Grupo 2
A	24	82.8%	24	82.8%
B	3	10.3%	2	6.9%
C	2	6.9%	3	10.3%
D	0	0.0%	0	0.0%

Apéndice R. Guía de Física del colegio

	INSTITUCIÓN EDUCATIVA JOSÉ CELESTINO MUTIS	
	FISICA – LABORATORIO	

DOCENTE: JOSÉ IGNACIO SUÁREZ ABREO**GRADO: UNDECIMO****TEMA: MOVIMIENTO RECTILÍNEO UNIFORME****Introducción**

Esta guía está diseñada específicamente para estudiantes con discapacidad visual, usando materiales táctiles y sonoros para explorar los conceptos del movimiento rectilíneo uniforme (MRU). El aprendizaje se basará en experiencias sensoriales no visuales.

Objetivos de Aprendizaje



- Comprender el concepto de movimiento rectilíneo uniforme mediante experiencias táctiles y auditivas
- Relacionar la distancia recorrida con el tiempo en un MRU
- Calcular velocidades a partir de datos experimentales
- Interpretar gráficas de posición-tiempo de forma táctil

Materiales

- Carro con ruedas de baja fricción
- Regla con marcas táctiles (en relieve o braille)
- Cronómetro accesible con función de voz
- Cinta métrica con marcas táctiles cada 10 cm
- Pequeña campana o dispositivo sonoro que se pueda acoplar al carro
- Gráficas en relieve de posición-tiempo

Procedimiento**Actividad 1: Exploración Táctil del Movimiento Uniforme**

1. **Exploración del equipo:** Tómame unos minutos para familiarizarte táctilmente con todos los materiales. Identifica el carril, sus bordes, el carro, la regla con marcas y el cronómetro.
2. **Configuración:** Coloca el carril en posición horizontal sobre la mesa. Asegúrate de que esté nivelado pasando tus manos a lo largo de toda su extensión.
3. **Marcación de distancias:** Con la ayuda de la cinta métrica táctil, marca puntos de referencia a intervalos de 10 cm a lo largo del carril. Puedes usar pequeños adhesivos con textura diferente para cada punto.
4. **Verificación del movimiento:** Coloca el carro en un extremo del carril y empujalo suavemente para sentir cómo se desplaza.

	INSTITUCIÓN EDUCATIVA JOSE CELESTINO MUTIS	
FISICA – LABORATORIO		

Actividad 2: Medición del MRU con Referencias Sonoras

1. **Movimiento controlado:** Un compañero o el docente empujará el carro a velocidad constante mientras el metrónomo suena. El objetivo es que el carro recorra distancias iguales entre cada golpe del metrónomo.
2. **Recolección de datos:** Cuando el carro pase por cada marca táctil de 10 cm, la campana emitirá un sonido. Registra en qué segundo (golpe del metrónomo) ocurre cada sonido.
3. **Análisis táctil:** Completa una tabla con los datos recogidos:
 - Tiempo (en segundos) ○
 - Posición (en centímetros) ○
 - Velocidad (calculada por intervalos)

Actividad 3: Interpretación de Gráficas Táctiles

1. **Exploración de gráfica modelo:** Examina con tus dedos una gráfica táctil de posición-tiempo que representa un MRU. Identifica el eje horizontal (tiempo) y vertical (posición) por sus diferentes texturas.
2. **Creación de gráfica:** Usando los datos de la actividad anterior, construye tu propia gráfica táctil. Puedes utilizar plastilina, cordones o materiales adhesivos para representar la línea del movimiento sobre una superficie cuadrículada con relieve.
3. **Cálculo de pendiente:** La pendiente de la línea representa la velocidad. Calcula la velocidad utilizando dos puntos de la gráfica, sintiendo la diferencia en altura (posición) y distancia horizontal (tiempo).

Análisis y Conclusiones

Responde oralmente o graba tus respuestas a las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo puedes determinar que el movimiento del carro fue uniforme? Explica usando los datos recolectados.
2. ¿Qué relación existe entre la distancia recorrida y el tiempo transcurrido en un MRU?
3. ¿Qué forma tiene la gráfica posición-tiempo en un MRU? ¿Qué representa su pendiente?
4. ¿Qué pasaría con la gráfica si la velocidad del objeto aumentara? ¿Y si disminuyera?
5. En la vida cotidiana, ¿puedes identificar ejemplos de objetos que experimentan MRU mediante sonidos o sensaciones táctiles?