



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Software para la adquisición de datos de Física Clásica utilizando
sistemas Micro-Electro-Mecánicos (MEMS)

López, E; Vilchez, M.

Tutor

Dr. Clifford Jerry Herrera Castrillo

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DE ESTELÍ

¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

**Centro Universitario Regional de Estelí
CUR-Estelí**

Recinto Universitario “Leonel Rugama Rugama”
Departamento de Ciencias de la Educación y Humanidades

**Software para la adquisición de datos de Física Clásica
utilizando sistemas Micro-Electro-Mecánicos (MEMS)**

Trabajo de investigación para optar al grado de
Licenciado en Ciencias de la Educación con mención en Física-Matemática

Autores

Exequiel López Gutiérrez
Marcos Iván Vilchez Ruiz

Tutor

Dr. Clifford Jerry Herrera Castrillo

29 noviembre, 2025



Dedicatoria

A Dios, fuente de vida y sabiduría, dedicamos este logro con humildad y gratitud. Durante este proceso, en cada momento de incertidumbre, cansancio y duda, encontramos en Él la fortaleza para continuar y la claridad para tomar decisiones, dado que ningún esfuerzo es en vano, e incluso las pruebas más duras son oportunidades de crecimiento.

A nuestros padres, pilares de nuestra vida, quienes con sacrificio, paciencia y amor incondicional hicieron posible que llegara hasta aquí. Desde la infancia nos enseñaron el valor del esfuerzo, la importancia de la disciplina y el poder de los sueños. Cada madrugada de trabajo, cada consejo y cada palabra de aliento se convirtieron en cimientos sólidos sobre los cuales construimos este proyecto

A nosotros mismos, como equipo de trabajo dedicando este espacio de compañero a compañero. No fue un trayecto sencillo: enfrentamos dudas, diferencias y obstáculos que en algún momento parecían imposibles de superar. Sin embargo, supimos mantenernos firmes, confiando en nuestras capacidades y en el valor de la unión. Este logro no pertenece a un solo individuo, sino al esfuerzo compartido, a la convicción de que los sueños se alcanzan cuando se lucha hombro a hombro con entrega y perseverancia.

A nuestro tutor el Dr. Clifford Jerry Herrera Castrillo, cuyo papel fue esencial en esta travesía, dedicamos también este reconocimiento. Su guía paciente y su orientación constante marcaron la diferencia entre un trabajo más y un verdadero aprendizaje. Con sus observaciones supimos mejorar, con sus consejos supimos avanzar, y con su ejemplo supimos comprender que la docencia no se limita a la transmisión de conocimientos, sino que también implica formar seres humanos íntegros.

Finalmente, dedicamos este esfuerzo a Cristiano Ronaldo, ejemplo de disciplina, perseverancia y superación. Su trayectoria demuestra que la grandeza no se hereda, sino que se construye con trabajo incansable, constancia y una mentalidad que no conoce el límite. Este proyecto, de alguna manera, también lleva impregnada su filosofía: creer en uno mismo, dar lo mejor cada día y demostrar que los sueños son alcanzables con determinación absoluta.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL, ESTELÍ
“2025: Eficiencia y Calidad para seguir en victorias”
Departamento de Ciencias de la Educación y Humanidades

CARTA AVAL DEL TUTOR

Estelí, 20 de noviembre de 2025

Por medio de la presente, en calidad de tutor del trabajo de modalidad de graduación titulado: **Software para la adquisición de datos de Física Clásica utilizando sistemas Micro-Electro-Mecánicos (MEMS)**, elaborado por:

Marcos Iván Vílchez Ruiz

21-50670-4

Exequiel López Gutiérrez

21-51376-6

Estudiante de la carrera **Licenciatura en Ciencias de la Educación con mención en Física-Matemática**, **hago constar** que he brindado el acompañamiento académico, científico y metodológico correspondiente durante el desarrollo de la Modalidad de Graduación, en estricto cumplimiento de las responsabilidades establecidas para los tutores en los **Artículos 14 al 20** de la *Normativa de Graduación 2025 de la UNAN-Managua*.

Asimismo, avaló que el presente trabajo cumple con los requisitos formales, científicos, éticos y metodológicos establecidos por la Universidad. El manuscrito fue revisado de acuerdo con el cronograma aprobado y cumple con lo señalado en el Artículo 22, literal d, referente a la entrega del informe final con la finalidad de obtener esta carta aval

En virtud de lo anterior, **autorizo la presentación formal del trabajo** ante el Comité Académico Evaluador, según lo dispuesto en la normativa institucional vigente.

Atentamente,

Dr. Clifford Jerry Herrera Castrillo
Orcid: 0000-0002-7663-2499
UNAN-Managua/CUR-Estelí

CC/

¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!

Barrio 14 de abril, contiguo a la subestación de ENATREL, Tel 27137734, Ext 7424
dceh.curesteli@unan.edu.ni

Resumen

La investigación cuantitativa se centra en la adquisición de datos de Física Clásica mediante sensores MEMS en entornos educativos. Asimismo, su objetivo fue evaluar un software para la recolección de datos físicos, considerando la selección de contenidos, la funcionalidad de los sensores y la compatibilidad del sistema para captura en tiempo real. Por ello, se aplicó un enfoque cuantitativo, descriptivo y cuasiexperimental. En segundo lugar, la población incluyó 30 temas de Física Clásica del plan curricular de la UNAN-Managua, usando muestreo aleatorio simple con un nivel de confianza del 97%. De igual manera, la recolección de datos se realizó mediante una lista de cotejo de contenidos, protocolos de registro y evaluación de compatibilidad de software, garantizando mediciones precisas y reproducibles. Consecuentemente, se identificó qué contenidos eran aptos para experimentación con MEMS y la confiabilidad del sistema. Por otro lado, los resultados mostraron que 12 de los 30 temas podían medirse con sensores MEMS, registrando aceleración, velocidad, frecuencia, amplitud, intensidad luminosa y campo magnético. Los experimentos presentaron coeficientes de variación menores al 1% y márgenes de error entre 0.6 y 1.4 unidades, confirmando estabilidad y precisión. Finalmente, el software permitió captura y procesamiento de datos en tiempo real, facilitando comparación con modelos teóricos y validando la aplicabilidad pedagógica. En conclusión, integrar sensores MEMS con software compatible mejora la recolección de datos experimentales en Física Clásica, valida la selección de contenidos y asegura la funcionalidad del sistema, garantizando su efectividad educativa.

Palabras claves: Sensores, Física, Datos, Software, Experimentos.

Abstract

This quantitative research focuses on acquiring Classical Physics data using MEMS sensors in educational settings. Its objective was to evaluate software for collecting physical data, considering content selection, sensor functionality, and system compatibility for real-time data capture. Therefore, a quantitative, descriptive, and quasi-experimental approach was applied. The study population comprised 30 Classical Physics topics from the UNAN-Managua curriculum, selected using simple random sampling with a 97% confidence level. Data collection was carried out using a content checklist, recording protocols, and software compatibility assessment, ensuring accurate and reproducible measurements. Consequently, the study identified which topics were suitable for MEMS experimentation and assessed the system's reliability. The results showed that 12 of the 30 topics could be measured with MEMS sensors, recording acceleration, velocity, frequency, amplitude, light intensity, and magnetic field. Furthermore, the experiments exhibited coefficients of variation of less than 1% and error margins between 0.6 and 1.4 units, confirming stability and precision. Finally, the software enabled real-time data capture and processing, facilitating comparison with theoretical models and validating its pedagogical applicability. In conclusion, integrating MEMS sensors with compatible software improves the collection of experimental data in Classical Physics, validates content selection, and ensures system functionality, guaranteeing its educational effectiveness.

Keywords: Sensors, Physics, Data, Software, Experiments

Índice

1.	Introducción.....	1
2.	Antecedentes.....	2
3.	Planteamiento del problema	10
4.	Justificación.....	11
5.	Objetivos de investigación	13
5.1.	Objetivo General.....	13
5.2.	Objetivos específicos	13
6.	Limitaciones del estudio	14
7.	Hipótesis	15
8.	Operacionalización de Variables.....	16
9.	Marco Teórico	17
9.1.	Física clásica	17
9.1.1.	Sonido.....	17
9.1.2.	Velocidad.....	20
9.1.3.	Magnetismo.....	23
9.1.4.	Luz.....	26
9.2.	Sensores con sistemas Micro-Electro-Mecánicos (MEMS).....	28
9.2.1.	Definición y principios de funcionamiento.....	28
9.2.2.	Acelerómetro MEMS	29
9.2.3.	Giroscopio MEMS	29
9.2.4.	Magnetómetro MEMS.....	30
9.2.5.	Sensor de luz MEMS	31
9.2.6.	Micrófono MEMS.....	32

9.2.7.	Sensor de proximidad MEMS	32
9.2.8.	Barómetro MEMS	33
9.2.9.	Integración de sensores MEMS	34
9.3.	Un software dentro de marcos educativos.....	34
9.3.1.	Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)	35
9.3.1.	Aprendizaje Experimental	35
9.3.2.	Constructivismo	36
9.3.3.	Aplicación del modelo por competencias	36
10.	Diseño metodológico.....	37
10.1.	Tipo de investigación	37
10.2.	Población y selección de la muestra.....	38
10.3.	Técnicas, instrumentos y procedimientos para la recolección de datos ..	41
10.4.	Confiabilidad y validez de los instrumentos	42
10.5.	Procedimientos para el procesamiento y análisis de datos	44
11.	Análisis y discusión de resultados	52
11.1.	Contenidos de Física susceptible a medición con MEMS.....	53
11.2.	Funcionalidad de los sensores MEMS en experimentación científica..	56
11.2.1.	Energía y sus propiedades.	56
11.2.2.	La energía como concepto básico de sistemas mecánicos sencillos.	57
11.2.3.	Campos magnéticos.....	58
11.2.4.	Ley de inducción de Faraday.....	59
11.2.5.	Ley de Ampere-Maxwell (parte electromagnetismo clásico).....	61
11.2.6.	Ecuaciones de Maxwell y ondas electromagnéticas.	62
11.2.7.	Óptica.	63

11.2.8.	Naturaleza de la luz.	64
11.2.9.	Fenómenos ondulatorios y oscilatorios.	66
11.2.10.	El sonido y el efecto Doppler.	67
11.2.11.	Movimiento de un cuerpo rígido.....	68
11.2.12.	Gravitación.....	70
11.3.	Software compatible con sensores MEMS	71
11.4.	Comprobación de hipótesis.....	72
11.5.	Definir la hipótesis estadística	73
11.6.	Calcular los valores descriptivos.....	73
11.7.	Aplicar la prueba t de una muestra	73
11.8.	Paso 5: Interpretar el resultado.....	74
11.9.	Calcular el tamaño del efecto (Cohen's d).....	74
11.10.	Comprobación	75
11.11.	Propuesta.....	76
11.8.	Contexto	83
11.9.	Documentación.....	86
11.10.	Integración del sensor de Audio	86
11.10.1.	Definición de Amplitud de Audio	87
11.10.2.	Relación con la Presión Sonora	88
11.10.3.	Digitalización y Valor de Amplitud.....	89
11.10.4.	Conversión de Amplitud a Nivel en Decibelios.....	90
11.10.5.	Funcionamiento Interno de la Aplicación	91
11.11.	Integración del sensor de Velocidad.....	93
11.11.1.	Definición de Velocidad.....	93

11.11.2.	Relación con el Desplazamiento Real	94
11.11.3.	Digitalización y Valor de Velocidad	94
11.11.4.	Conversión y Unidades	95
11.11.5.	Implementación en la Aplicación	96
11.11.6.	Funcionamiento Interno de la Aplicación	96
11.12.	Integración del Sensor de Magnetismo	97
11.12.1.	Definición de Intensidad de Campo Magnético	97
11.12.2.	Relación con el Campo Magnético Terrestre	99
11.12.3.	Digitalización y Valor del Magnetómetro	99
11.12.4.	Conversión y Unidades	99
11.12.5.	Implementación en la Aplicación	100
11.12.6.	Funcionamiento Interno de la Aplicación	100
11.13.	Integración del sensor de Luz	101
11.13.1.	Definición de Iluminancia de Luz	101
11.13.2.	Relación con la Iluminación Ambiental	103
11.13.3.	Digitalización y Valor del Sensor de Luz	104
11.13.4.	Conversión y Escalas de Iluminancia	104
11.13.5.	Precisión Matemática vs. Precisión Física	104
11.13.6.	Implementación en la Aplicación	105
11.13.7.	Funcionamiento Interno de la Aplicación	105
11.14.	Experimentos	107
11.14.1.	Energía baja – Estático sobre superficie horizontal	107
11.14.2.	Energía media – Movimiento controlado horizontal	108
11.14.3.	Energía alta – Movimiento controlado vertical	109

11.14.4.	Energía media – Estático vertical.....	111
11.14.5.	Energía baja – Movimiento controlado horizontal.....	112
11.14.6.	Energía cinética baja – Movimiento libre sobre carrito	113
11.14.7.	Energía cinética media – Movimiento controlado sobre carrito...	114
11.14.8.	Energía cinética alta – Caída libre de carrito	115
11.14.9.	Energía potencial media – Caída controlada desde altura.....	116
11.14.10.	Energía potencial alta – Caída libre desde altura mayor	117
11.14.11.	Energía cinética + potencial baja – Rampa ligera	117
11.14.12.	Energía cinética + potencial alta – Rampa pronunciada	118
11.14.13.	Magnetómetro – Efecto Oersted – Distancia cercana.....	119
11.14.14.	Magnetómetro – Efecto Oersted – Distancia lejana	120
11.14.15.	Magnetómetro – Efecto Oersted – Distancia cercana.....	121
11.14.16.	Magnetómetro – Efecto Biot-Savart – Distancia lejana.....	122
11.14.17.	Magnetómetro – Efecto Biot-Savart – Distancia cercana.....	123
11.14.18.	Magnetómetro – Efecto Biot-Savart – Distancia lejana.....	123
11.14.19.	Magnetómetro – Efecto Ampere – Distancia cercana.....	124
11.14.20.	Magnetómetro – Efecto Ampere – Distancia lejana	125
11.14.21.	Magnetómetro – Efecto Ampere – Distancia cercana.....	126
11.14.22.	Magnetómetro – Bobina móvil – Imán débil – Horizontal	126
11.14.23.	Magnetómetro – Bobina móvil – Imán débil – Vertical	127
11.14.24.	Magnetómetro – Bobina móvil – Imán fuerte – Horizontal	128
11.14.25.	Magnetómetro – Imán en movimiento – Horizontal	129
11.14.26.	Magnetómetro – Imán en movimiento – Vertical	130
11.14.27.	Magnetómetro – Imán en movimiento – Horizontal	131

11.14.28.	Magnetómetro – Conductor recto – Vertical – Sin núcleo.....	132
11.14.29.	Magnetómetro – Conductor recto – Con núcleo metálico	133
11.14.30.	Magnetómetro – Conductor circular – Sin núcleo	134
11.14.31.	Magnetómetro – Conductor circular – Con núcleo metálico.....	134
11.14.32.	Magnetómetro – Conductor circular – Vertical – Sin núcleo	135
11.14.33.	Sensor de RF / magnetómetro – Onda electromagnética.....	136
11.14.34.	Sensor de RF / magnetómetro – Onda electromagnética.....	137
11.14.35.	Sensor de RF / magnetómetro – Onda electromagnética.....	138
11.14.36.	Sensor de RF – Ondas de radio – Baja frecuencia	138
11.14.37.	Sensor de RF – Ondas de radio – Media frecuencia.....	139
11.14.38.	Sensor de RF – Microondas (simulación) – Alta frecuencia	140
11.14.39.	Sensor de luz – Reflexión – Intensidad baja	141
11.14.40.	Sensor de luz – Reflexión – Intensidad media.....	142
11.14.41.	Sensor de luz – Refracción – Intensidad alta	143
11.14.42.	Sensor de luz – Refracción – Intensidad media.....	144
11.14.43.	Sensor de luz – Difracción – Intensidad baja.....	145
11.14.44.	Sensor de luz – Difracción – Intensidad alta	145
11.14.45.	Sensor de luz – Reflexión – Luz roja	146
11.14.46.	Sensor de luz – Reflexión – Luz verde	147
11.14.47.	Sensor de luz – Refracción – Luz azul	148
11.14.48.	Sensor de luz – Refracción – Luz roja	149
11.14.49.	Sensor de luz – Difracción – Luz verde	150
11.14.50.	Sensor de luz – Difracción – Luz azul.....	150
11.14.51.	Ondas mecánicas – Cuerda – Amplitud baja	151

11.14.52.	Ondas mecánicas – Cuerda – Amplitud media.....	153
11.14.53.	Ondas sonoras – Aire – Amplitud baja	154
11.14.54.	Ondas sonoras – Aire – Amplitud alta	155
11.14.55.	Oscilaciones de resorte – Resorte – Amplitud media	156
11.14.56.	Oscilaciones de resorte – Resorte – Amplitud alta	157
11.14.57.	Traslación – Bloque uniforme – Inclinação baja	158
11.14.58.	Traslación – Bloque desigual – Inclinação media	159
11.14.59.	Rotación – Cilindro uniforme – Inclinação alta	160
11.14.60.	Rotación – Objeto irregular – Inclinação media.....	161
11.14.61.	Combinado – Objeto uniforme – Inclinação baja.....	162
11.14.62.	Combinado – Objeto irregular – Inclinação alta	163
11.14.63.	Caída libre – Objeto ligero – Altura baja	164
11.14.64.	Caída libre – Objeto pesado – Altura alta.....	166
11.14.65.	Plano inclinado – Objeto de masa media – Altura baja	167
11.14.66.	Plano inclinado – Objeto pesado – Altura alta	168
11.14.67.	Movimiento orbital simulado – Objeto ligero – Altura baja	169
11.14.68.	Movimiento orbital simulado – Objeto de masa media	170
12.	Conclusiones.....	171
13.	Recomendaciones.....	174
14.	Referencias	175
15.	Anexos.....	189

Índice de tablas

Tabla 1. Resumen de antecedentes	7
Tabla 2. Operacionalización de Variables	16
Tabla 3. La velocidad del sonido en diferentes materiales	18
Tabla 4. Resultados de los grupos de experimentos (CV y ME)	56
Tabla 5. Análisis final del grupo de experimentos	56
Tabla 6. Resultados de los grupos de experimentos (CV y ME)	57
Tabla 7. Análisis final del grupo de experimentos	57
Tabla 8. Resultados de los grupos de experimentos (CV y ME)	58
Tabla 9. Análisis final del grupo de experimentos	59
Tabla 10. Resultados de los grupos de experimentos (CV y ME)	59
Tabla 11. Análisis final del grupo de experimentos	60
Tabla 12. Resultados de los grupos de experimentos (CV y ME)	61
Tabla 13. Análisis final del grupo de experimentos	61
Tabla 14. Resultados de los grupos de experimentos (CV y ME)	62
Tabla 15. Análisis final del grupo de experimentos	62
Tabla 16. Resultados de los grupos de experimentos (CV y ME)	63
Tabla 17. Análisis final del grupo de experimentos	64
Tabla 18. Resultados de los grupos de experimentos (CV y ME)	64
Tabla 19. Análisis final del grupo de experimentos	65
Tabla 20. Resultados de los grupos de experimentos (CV y ME)	66
Tabla 21. Análisis final del grupo de experimentos	66
Tabla 22. Resultados de los grupos de experimentos (CV y ME)	67
Tabla 23. Análisis final del grupo de experimentos	68
Tabla 24. Resultados de los grupos de experimentos (CV y ME)	68
Tabla 25. Análisis final del grupo de experimentos	69
Tabla 26. Resultados de los grupos de experimentos (CV y ME)	70
Tabla 27. Análisis final del grupo de experimentos	70
Tabla 28. Cronograma de Trabajo	189

Tabla 29. Experimentos del contenido energía y sus propiedades.	198
Tabla 30. Experimentos del contenido la energía.....	199
Tabla 31. Experimentos del contenido campos magnéticos.	200
Tabla 32. Experimentos del contenido ley de inducción de Faraday.....	201
Tabla 33. Experimentos del contenido ley de Ampere-Maxwell.....	202
Tabla 34. Experimentos del contenido ecuaciones de Maxwell.....	203
Tabla 35. Experimentos del contenido óptica.	204
Tabla 36. Experimentos del contenido naturaleza de la luz.	205
Tabla 37. Experimentos del contenido fenómenos ondulatorios y oscilatorios.....	206
Tabla 38. Experimentos del contenido el sonido y el efecto Doppler.....	207
Tabla 39. Experimentos del contenido movimiento de un cuerpo rígido.	208
Tabla 40. Experimentos del contenido gravitación.....	209

Índice de figuras

Figura 1. Variables.....	15
Figura 2. Acelerómetro	29
Figura 3. Giroscopio	30
Figura 4. Magnetómetro.....	30
Figura 5. Sensor de luz.....	31
Figura 6. Sensor de sonido.....	32
Figura 7. Sensor de proximidad	33
Figura 8. Barómetro	33
Figura 9. Contenidos de estudio	39
Figura 10. valores esperados para las tablas de registro y análisis.	49
Figura 11. Contenidos no aptos para ser tratados con sensores MEMS	53
Figura 12. Contenidos aptos para ser tratados con sensores MEMS	54
Figura 13. Digitalización ADC.....	87
Figura 14. Convertidor analógico.....	88
Figura 15. Amplitud y presión sonora.....	89

Figura 16. Localización por satélites	95
Figura 17. Campo magnético	98
Figura 18. Espacio de iluminancia	101
Figura 19. Representación de la recepción de luz	103
Figura 20. Experimentos de luz	197
Figura 21. Adaptación del software.....	197
Figura 22. Experimentos de velocidad.....	197
Figura 23. Aplicación de instrumentos	197
Figura 24. Análisis de datos	197

Índice de formulas

Fórmula 1. Capacitancia de un micrófono MEMS	18
Fórmula 2. Ecuación de onda unidimensional	19
Fórmula 3. Ley de Hooke para acelerómetros MEMS	21
Fórmula 4. Aceleración	21
Fórmula 5. Velocidad	21
Fórmula 6. Posición	22
Fórmula 7. Segunda ley de Newton.....	22
Fórmula 8. Voltaje Hall	23
Fórmula 9. Fuerza de Lorentz	24
Fórmula 10. Ley de Faraday	25
Fórmula 11. Corriente en sensor de luz	26
Fórmula 12. Ecuación de onda electromagnética	27
Fórmula 13. Energía luminosa	27
Fórmula 14. Tamaño de muestra:.....	40
Fórmula 15. Factorial completo:.....	41
Fórmula 16. Razón de Validez de Contenido.	43
Fórmula 17. combinaciones factoriales de experimentos.....	44
Fórmula 18. Fórmula de condiciones por montaje	44

Fórmula 19. número de experimentos.....	45
Fórmula 20. Promedio Aritmético del Coeficiente de Variación Global.....	47
Fórmula 21. Margen de Error basada en la Desviación Estándar.....	47
Fórmula 22. Promedio Aritmético del Margen de Error Global	48
Fórmula 23. Amplitud:.....	88
Fórmula 24. nivel de presión (o amplitud) sonora en decibelios (dB):	90
Fórmula 25. Velocidad instantánea en física.	93
Fórmula 26. Adaptación de valores de velocidad.....	95
Fórmula 27. representación vectorial de un campo.....	97
Fórmula 28. Magnitud total del campo magnético	98
Fórmula 29. Relación de conversión de unidades de campo magnético	99
Fórmula 30. Definición de iluminancia:.....	102

1. Introducción

La Física es una de las áreas científicas más importantes, ya que permite cuestionar, conocer y comprender variedad de fenómenos; por un lado, una de sus ramas está centrada en los estudios modernos que analiza lo que funciona a escalas diminutas con repercusiones a todo el universo. No obstante, esta investigación se enfoca en la Física Clásica que analiza los fenómenos a escalas más grandes y que son muy estudiados a nivel superior.

En este contexto, se abordan fenómenos más accesibles, como el sonido, la velocidad, el magnetismo y la luz. Representa un tema crucial para este estudio, ya que constituye un 50% de las temáticas del documento curricular de la carrera de Física-Matemática (UNAN-Managua, 2021). Sin embargo, debido a la falta de recursos tangibles (kits de laboratorio) y tecnológicos suele limitarse a solo teoría.

No obstante, los teléfonos inteligentes son utilizados por todos los estudiantes universitarios ya que cuentan con una serie de herramientas avanzadas, como sensores basados en tecnología de sistemas Micro-Electro-Mecánicos (MEMS) según la web oficial de Google for Developers (2025), los cuales son capaces de medir magnitudes físicas y realizar inventos como el “guante para automatizar la selección de hojas en la industria del tabaco” (UNAN-Managua, 2024 párr.2) que se aplicó con sensores MEMS; es decir, no se necesitaría de equipos costosos de medición; sino, solamente de un teléfono. De esta manera, mediante la implementación de un código es posible convertir los pulsos, aceleraciones lineales, giros e inclinaciones detectadas por los sensores en datos numéricos accesibles para un laboratorio en entornos educativos con bajo presupuesto.

Por ello, se propone el diseño conceptual de un software para la adquisición de datos en experimentos de luz, velocidad, magnetismo y sonido mediante sistemas Micro-Electro-Mecánicos (MEMS). Esta documentación se enfoca en el testeado de los códigos como herramienta y no una propuesta metodológica estructural, en tal caso optó por un libro con experimentos y la base teórica para que cada desarrollador pueda programar nuestro diseño con su propia lógica. De este modo, se logra un avance en la innovación tecnológica para el estudio y práctica de esta ciencia.

2. Antecedentes

En este acápite se presentan las investigaciones que sustentan las bases de esta Tesis. Antecede el uso de sensores mediante teléfonos móviles. Además, es un punto de partida para la aplicación en contextos investigativos y de desarrollo.

A nivel internacional, se encuentra un artículo publicado por Evains et al. (2024) de la Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, titulado “Enhancing Science Process Skills in Physics Education: The Impact of the Phyphox Smartphone Application in High School Laboratories” [Mejorar las habilidades del proceso científico en la educación física: el impacto de la aplicación Phyphox para teléfonos inteligentes en los laboratorios de secundaria]. Así, su objetivo fue evaluar la efectividad del uso de smartphones, asistidos por la aplicación Phyphox, como herramienta de medición en experimentos de Física y su impacto en las habilidades del proceso científico de estudiantes de undécimo grado en SMA Negeri 1 Wajo. La muestra consistió en 24 estudiantes seleccionados mediante muestreo intencional de un total de 122 alumnos de 11º.

Asimismo, la metodología utilizada fue de tipo pre-experimental, específicamente un estudio de caso único, aplicando pruebas de habilidades del proceso científico, planes de lección y guías de trabajo estudiantil, con análisis descriptivo e inferencial de los datos mediante SPSS. Entonces, los resultados mostraron una mejora significativa en las habilidades del proceso científico de los estudiantes, con un puntaje promedio de 72.08 y valores máximos de 90. Dicho sea de paso, este antecedente respalda la factibilidad de utilizar smartphones como instrumentos de medición en experimentos físicos para mejorar la experimentación y el aprendizaje práctico de los estudiantes y se ha aplicado a esta investigación como una retroalimentación ya que este es un software que manipula los sensores MEMS y es uno de los más reconocidos por la comunidad científica.

Seguidamente, en un artículo publicado por Mattivi et al. (2025) de la Universidad Nacional de Misiones - Facultad de Ingeniería, analizaron el uso de sensores de teléfonos inteligentes para medir variables Físicas en la Facultad de Ingeniería de Oberá, titulado su trabajo “Uso del celular para medir variables Físicas en la Facultad de Ingeniería”. El estudio

tuvo como objetivo evaluar la factibilidad de utilizar los sensores integrados en los dispositivos móviles de los estudiantes para realizar mediciones Físicas. La muestra consistió en los teléfonos de los estudiantes de la facultad. La metodología fue de tipo exploratorio y descriptivo. Los resultados demostraron que la mayoría de los teléfonos de los estudiantes contaban con sensores capaces de medir fenómenos físicos, y que su incorporación en el currículo académico podía mejorar el aprendizaje mediante experiencias prácticas.

En este sentido, los sensores de los teléfonos inteligentes representan un recurso educativo valioso, con potencial para aplicaciones académicas y proyectos de experimentación en Física. Por ende, este antecedente evidencia que los sensores de teléfonos inteligentes pueden ser aprovechados para experimentos físicos en entornos educativos y en experimentos controlados. Esta investigación reafirma la capacidad tecnológica de los teléfonos para la experimentación.

Un artículo publicado por Staacks et al. (2025) presentaron un estudio titulado “Sensores Bluetooth en Phyphox con Arduino y MicroPython: abriendo camino desde una idea a un experimento para profesores y estudiantes”. Además, la investigación tuvo como objetivo combinar la versatilidad de los experimentos basados en microcontroladores con la accesibilidad de los experimentos mediante smartphones, utilizando sensores Bluetooth y la aplicación Phyphox para la adquisición de datos en educación científica. Sobre todo, la muestra incluyó a educadores y estudiantes con conocimientos básicos de programación interesados en experimentar con sensores baratos y microcontroladores como Arduino y MicroPython.

Por consiguiente, la metodología empleada fue de tipo experimental y aplicada. Los resultados mostraron que la integración de sensores de Phyphox permitió realizar experimentos complejos de manera sencilla y económica, ampliando significativamente la disponibilidad de herramientas de medición digital en educación. En conclusión, esta combinación ofrece una solución accesible, versátil y eficiente para la adquisición de datos científicos en entornos educativos, promoviendo la creatividad y la experimentación entre profesores y estudiantes. Este antecedente demuestra la factibilidad de utilizar sensores

accesibles y aplicaciones móviles para medir variables Físicas de manera económica y confiable, apoyando la propuesta de desarrollar un software compatible con sensores MEMS.

A nivel nacional, se encontró el artículo científico realizado por López-Noguero et al. (2023), titulado “Smartphone como herramienta de enseñanza-aprendizaje en Educación Superior en Nicaragua”, cuyo objetivo fue analizar la percepción de estudiantes universitarios sobre la importancia, el conocimiento y el uso de los smartphones en los procesos de enseñanza-aprendizaje, se utilizó un enfoque cuantitativo y un diseño descriptivo. Pues bien, para la recolección de datos se aplicó una muestra de 525 estudiantes de tres Facultades Regionales Multidisciplinarias de la UNAN-Managua. Dicho esto, los resultados mostraron que la mayoría de los participantes habían experimentado prácticas educativas donde el docente introdujo de manera didáctica el uso del smartphone, reconociendo su utilidad para diversas actividades académicas. Asimismo, los estudiantes valoraron positivamente el uso de este dispositivo en el aula.

En vista de ello, los smartphones no solo son aceptados en contextos de enseñanza universitaria, sino que además los estudiantes los perciben como herramientas útiles para el aprendizaje. En consecuencia, la propuesta de utilizar los sensores integrados en estos dispositivos para realizar experimentos en el aula de Física se fundamenta en esta aceptación y en el potencial pedagógico que los smartphones ya han demostrado en el contexto nicaragüense

Una investigación realizada por Romero et al. (2024), titulada “Uso de las TIC en la enseñanza de la Física en la secundaria de nicaragua”, tuvo como objetivo analizar el uso de la tecnología en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura de Física en estudiantes de undécimo grado del Instituto Nacional de Camoapa, Boaco, durante el segundo semestre del año lectivo 2023. Por esa razón, la muestra estuvo compuesta por 84 estudiantes, y se aplicó un cuestionario como instrumento de recolección de datos. Consecuentemente, la investigación fue cuantitativa, descriptiva y transversal, y los datos fueron analizados mediante SPSS.

A fin de cuentas, los resultados indicaron que los estudiantes no presentaron dificultades para utilizar medios tecnológicos y desarrollaron habilidades como la observación, concentración, razonamiento y pensamiento lógico. Por ello, este antecedente demuestra que los estudiantes nicaragüenses poseen disposición y capacidad para utilizar herramientas tecnológicas en el aprendizaje de la Física, siendo una información útil para el desarrollo de nuevos softwares.

Ahora bien, en una Tesis de maestría realizada por Mercado (2024), titulada “Modelo Tecno-Pedagógico B-Learning para el Aprendizaje Universitario a Nivel de Grado en Nicaragua”, cuyo objetivo es determinar los componentes y características esenciales de un modelo tecno-pedagógico B-learning que promueva el aprendizaje universitario y sirva como referencia para el diseño de un modelo similar en el contexto de la Educación Superior en Nicaragua. En definitiva, se aplicó un análisis documental de tres experiencias educativas de instituciones de Centroamérica y Latinoamérica, además de entrevistas semiestructuradas a tres expertos en educación mediada por TIC. También, se emplearon tres expertos de Costa Rica, Perú y Nicaragua con amplia trayectoria en docencia y gestión educativa.

En suma, los resultados indicaron que un modelo B-learning efectivo debe contemplar tres componentes esenciales: pedagógico, administrativo/organizativo y tecnológico, destacando la relevancia del componente pedagógico para orientar la mediación de las TIC y la gestión del aprendizaje. Como conclusión, se estableció que la combinación de paradigmas constructivistas, socio-constructivistas y tecnológicos proporciona la coherencia necesaria para un modelo tecno-pedagógico integral y adaptable a la realidad de la educación superior nicaragüense. Por ello, el modelo B-learning en este estudio demuestra la implementación de tecnología debe estar respaldada por un diseño pedagógico que facilite la mediación del aprendizaje, garantizando que los estudiantes comprendan y apliquen los conceptos.

En la UNAN-Managua/CUR-Estelí, son pocas las investigaciones que exploran esta tecnología. Empero, se han anticipado con el uso de simuladores. Si bien, los simuladores

representan datos simulados a diferencia de un sensor, son un referente para la experimentación en lugar de simple aprendizaje teórico.

En concordancia, una investigación realizada por Herrera y Castellón (2025), titulada “Beneficios y desafíos del uso de simuladores interactivos en la enseñanza de la Física”, cuyo objetivo fue analizar y evaluar el impacto de los simuladores interactivos en la comprensión, motivación y resolución de problemas en la asignatura de Física, se trabajó con una muestra de 15 estudiantes de segundo y tercer año de la carrera Física-Matemática en la UNAN-Managua/CUR-Estelí. La metodología aplicada fue mixta, combinando cuestionarios y encuestas para los datos cuantitativos, así como entrevistas en profundidad con docentes para los datos cualitativos.

Los resultados mostraron un amplio consenso en que los simuladores interactivos favorecen la comprensión de conceptos físicos abstractos de manera clara y visual. Incrementan la motivación intrínseca de los estudiantes hacia la asignatura, refuerzan lo aprendido en clase y fortalecen las competencias de resolución de problemas. En el marco de la presente investigación, los sensores de smartphones representan una alternativa complementaria y accesible que, al igual que los simuladores, permiten experimentar y comprender fenómenos físicos de forma práctica, visual e interactiva dentro del aula.

Debido a la naturaleza de esta investigación parte de un estudio realizado en el componente Integrador IV aplicado por Vílchez et al. (2023) titulado “Aplicación móvil ‘Tamímetro’ para el aprendizaje de la energía en estudiantes de educación secundaria” donde ya se involucraron docentes y usuarios, para conocer sus perspectivas y necesidades, publicado en la Revista Científica Ciencia y Tecnología, cuyo propósito fue gestionar una aplicación móvil para el aprendizaje de la energía en estudiantes de secundaria, se utilizó un enfoque cuantitativo con paradigma positivista y alcance descriptivo. La población estuvo conformada por 167 estudiantes de tres centros educativos distintos y 5 docentes de Ciencias Naturales y Física, aplicando un muestreo probabilístico estratificado.

Se emplearon dos encuestas con escala Likert para recopilar información de los sujetos de estudio. Los resultados reflejaron que los docentes demandan un software

educativo con mediciones visuales y prácticas, juegos y retroalimentación, como estrategia efectiva de aprendizaje. Asimismo, se concluyó que existe necesidad de aplicaciones que incluyan contenidos específicos sobre energía y actividades interactivas para los estudiantes. Es así que, esta investigación nos ha permitido conocer antes las necesidades de la educación y así darle seguimiento.

En la misma línea, el aprendizaje obtenido de dicha investigación se documentó en una sistematización de experiencias durante el componente de Integrador VI. Se titula “Innovación educativa: Sistematización sobre el desarrollo y evaluación de la aplicación ‘Tamímetro’” por Vílchez et al. (2024) donde se resaltó “la importancia de la retroalimentación continua y la necesidad de gestionar proactivamente limitaciones tecnológicas y resistencia al cambio” (p.1). Generando un panorama sobre las problemáticas a cubrir para su continuación en la Tesis actual.

Tabla 1.

Resumen de antecedentes.

Autor/Año	Tema	Metodología	Resultados	Aporte a la investigación actual
Evains et al. (2024)	Impacto de la aplicación Phyphox en el desarrollo de habilidades científicas en Física.	Enfoque pre-experimental, estudio de caso único, con análisis descriptivo e inferencial en SPSS.	Mejora significativa en las habilidades del proceso científico (promedio 72.08, máximo 90).	Demuestra la efectividad del uso de smartphones con sensores MEMS en la enseñanza práctica de la Física.
Mattivi et al. (2025)	Uso de sensores de smartphones	Enfoque exploratorio y descriptivo con	La mayoría de los dispositivos	Evidencia la viabilidad tecnológica y educativa de los

Autor/Año	Tema	Metodología	Resultados	Aporte a la investigación actual
	para medir variables físicas en la educación superior.	análisis de sensores de los teléfonos de los estudiantes.	contaban con sensores funcionales para medición física.	sensores de smartphones para experimentación física.
Staacks et al. (2025)	Integración de sensores Bluetooth, Arduino y Phyphox en experimentos educativos.	Enfoque experimental y aplicado con docentes y estudiantes.	Integración económica y versátil de sensores para experimentos complejos.	Sustenta el uso de sensores accesibles y aplicaciones móviles para medición confiable y económica.
López-Noguero et al. (2023)	Percepción del uso del smartphone en educación superior en Nicaragua.	Enfoque cuantitativo y descriptivo con muestra de 525 estudiantes.	Alta aceptación del smartphone como herramienta educativa.	Justifica el uso de smartphones en el aula de Física como medio pedagógico aceptado y útil.
Romero et al. (2024)	Uso de TIC en la enseñanza de la Física en secundaria en Nicaragua.	Enfoque cuantitativo, descriptivo y transversal con 84 estudiantes.	Los estudiantes desarrollaron habilidades tecnológicas y cognitivas.	Confirma la disposición y capacidad de los estudiantes nicaragüenses para usar tecnología en Física.
Mercado (2024)	Modelo Tecnológico Pedagógico B-Learning en	Análisis documental y entrevistas a	Identificación de tres componentes:	Fundamenta que la tecnología debe integrarse

Autor/Año	Tema	Metodología	Resultados	Aporte a la investigación actual
	educación universitaria.	expertos en TIC y educación.	pedagógico, administrativo y tecnológico.	pedagógicamente para mejorar el aprendizaje.
Herrera y Castellón (2025)	Beneficios y desafíos de los simuladores interactivos en Física.	Enfoque mixto, con cuestionarios, encuestas y entrevistas.	Los simuladores mejoran la comprensión y motivación estudiantil.	Los sensores de smartphones se proponen como alternativa práctica y accesible a los simuladores.
Vílchez et al. (2023)	Desarrollo de la app educativa <i>Tamímetro</i> para enseñanza de energía.	Enfoque cuantitativo, descriptivo, con encuestas Likert.	Se identificó la necesidad de apps con simulaciones visuales e interactivas.	Sirve como antecedente directo para el desarrollo de software educativo con sensores MEMS.
Vílchez et al. (2024)	Sistematización de la experiencia del desarrollo de <i>Tamímetro</i> .	Sistematización de experiencias durante el proyecto Integrador VI.	Se resaltó la importancia de la retroalimentación y gestión de limitaciones tecnológicas.	Aporta lecciones prácticas sobre gestión de proyectos educativos con tecnología móvil.

Nota. Elaboración Propia

3. Planteamiento del problema

Las instituciones universitarias de Nicaragua, al estudiar la Física Clásica se limitan por la falta de instrumentos adecuados para la medición y la verificación de fenómenos físicos por lo que es trabajada “desde el punto de vista Matemático” (Morán, 2015, p. 31). Así, la complejidad para solicitar el uso de aula TIC, se convierte en un trámite complicado debido a los requisitos de adquisición o por las responsabilidades del docente definidas al inicio cambio institucional (Escuela Leticia López Alemán, 2008) y retomadas en 2015 con la integración masiva de aulas TIC. En consecuencia, los centros prefieren hacer lo rápido y accesible como laboratorios improvisados.

No se pueden realizar mediciones directas de variables Físicas como la intensidad de luz Industrias GSL (2021a), la velocidad de objetos Industrias GSL (2021b), los campos magnéticos (Best, 2022) o los niveles sonoros (Wang, 2022). Por ello, se destaca la teoría sobre la práctica. De ese modo, la falta de los instrumentos adecuados repercute en la calidad del proceso de aprendizaje (Ponce Mendoza y otros, 2025), dado que los estudiantes no pueden interactuar con los fenómenos físicos, verificar resultados ni analizar los experimentos.

Esto limita el desarrollo de competencias científicas fundamentales, como la observación, la experimentación, la verificación de hipótesis y el análisis crítico de datos necesario para mejorar (Rodríguez, 2015). Por esta razón, se reduce la comprensión de los contenidos de Física Clásica. A su vez, disminuye el interés para futuros profesionales en áreas de ingeniería, Física y tecnología.

Por todo lo anterior, se plantea ¿En qué medida el uso de software basado en sistemas MEMS mejora la adquisición y análisis de datos experimentales en la enseñanza de la Física Clásica en contextos universitarios?

4. Justificación

La mayoría de los estudiantes cuentan con herramientas poderosas como teléfonos inteligentes que pueden ser utilizados para medir datos y este estudio muestra cómo hacerlo. Por ejemplo, en su interior hay varios de estos sensores tipo MEMS (Google for Developers, 2025). De manera que, si se aprovechan correctamente, podrán medir muchos experimentos sobre velocidad, aceleración, intensidad lumínica, fuerza magnética y sonido como en un laboratorio. Además, es algo novedoso, en los centros educativos se ha capacitado sobre el uso de herramientas tecnológicas; pero, no sobre la manipulación de estos sensores en actividades experimentales incluso Ramírez (2019) “se insistió a los educadores en que deben promover la realización de los experimentos escolares” (párr. 3) .

Aprovechar estos sensores garantizará mediciones y datos confiables y accesibles de ahí la importancia del estudio incluso a universidades con pocos recursos. Establece una base sobre cómo manipular las reacciones eléctricas de estos sensores y transformarlas en datos compatibles con el Sistema Internacional de Unidades. De esta forma, el estudiantado podría comparar las cifras que resultan al aplicar una fórmula en un experimento con la medición del sensor; mejorando así, la motivación y facilitación de recursos, incluso realizar inventos más avanzados como el “guante para automatizar la selección de hojas en la industria del tabaco” (UNAN-Managua, 2024 párr.2) el cual se analizó la viabilidad con sensores MEMS. También, la investigación permitirá que estudiantes, docentes e instituciones educativas accedan a prácticas experimentales sin depender de grandes laboratorios (De la Fuente, 2023), podrán diseñar experimentos más sofisticados y permitirá crear artículos más experimentales.

Además, debido a que la programación es de lógica abierta se define únicamente la base conceptual para hacer un software compatible con MEMS por lo que esta será un recurso indispensable como base teórica en la Ingeniería aplicada a la Física para desarrollarlo y aplicarlo incrementando la motivación y el interés de los estudiantes por la ciencia, ya que podrán ser parte de ella y no solo lectores y reemplazando equipos inaccesibles de experimentación. Con las documentaciones de Quiroga y Acevedo (2024) se

nota que se va a fortalecer la comprensión de los contenidos y fomentar competencias científicas como la observación, la experimentación, la verificación de hipótesis y el análisis crítico de datos. Por ello, la investigación propone una manera para utilizar los celulares en la práctica educativa para que pueda ser replicado por más docentes fomentando así el uso de nuevas tecnologías.

Así, el presente estudio beneficiará directamente a desarrolladores de software y aplicaciones, proporcionándoles un marco teórico sólido sobre el funcionamiento y las capacidades de los sensores MEMS. Por lo tanto, al comprender cómo medir magnitudes físicas, interpretar datos y aplicar estos principios, los desarrolladores podrán crear nuevas tecnologías y aplicaciones innovadoras sin depender de implementaciones patentadas o limitadas por el dominio privado. En consecuencia, esto amplía sus posibilidades de diseño, fomenta la creatividad en programación y facilita la exploración de soluciones más eficientes y precisas en distintas áreas tecnológicas.

Además, beneficiará a los docentes de Física-Matemática al facilitar herramientas tecnológicas que sustituirán el uso de recursos de alto costo. Aportará a la formación de profesionales con conocimientos científicos y valores humanistas para el desarrollo social en sincronía con los valores de (UNAN-Managua, 2020). A su vez, facilita el uso de herramientas avanzadas que se aplican en institutos y centros de investigación para promover el pensamiento lógico - matemático y científico Según la estrategia Nacional de educación (UNAN-Managua, 2024) beneficiando directamente a los estudiantes de los centros educativos de UNAN-Managua. También, fortalecerá la investigación científica de las líneas de desarrollo prioritarias del país según el plan internacional de lucha contra la pobreza (Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional [GRUN], 2021).

5. Objetivos de investigación

5.1. Objetivo General

Evaluar un software para la adquisición de datos de Física Clásica utilizando sistemas Micro-Electro-Mecánicos (MEMS).

5.2. Objetivos específicos

- Caracterizar los contenidos de Física Clásica susceptible a medición mediante sensores MEMS.
- Analizar la funcionalidad de los sensores MEMS sobre experimentación científica en un entorno educativo.
- Diseñar un software compatible con sensores MEMS para la recopilación de datos físicos en tiempo real.

6. Limitaciones del estudio

En este capítulo se define el alcance y las limitaciones de la investigación. Asimismo, se establece el contexto en el que se desarrollan los experimentos y las condiciones que los delimitan. De esta manera, el lector obtiene una visión clara de los objetivos y el marco del estudio antes de entrar en detalles técnicos.

- La exploración estuvo limitada a contenidos donde se apliquen experimentos de luz, velocidad, magnetismo y sonido, debido a que no se pretende comprometer la integridad de los teléfonos móviles por lo que los resultados podrían no ser generalizables a otras áreas de estudio.
- No se realizó una guía metodológica debido a que la naturaleza de esta investigación se basa únicamente en diseñar un producto tecnológico y no un documento didáctico.
- No se presentó un aplicativo ya que en su lugar se proponen los conceptos del software que se diseñó a través de un libro para que cada desarrollador realice uno. En este caso, a partir de estos conceptos se diseñará uno temporal denominado Tamímetro para la aplicación teórica pero no se proporcionarán códigos fuente ni el aplicativo móvil ya que este estudio no pretende dar publicidad a una aplicación.
- La investigación se limita a dispositivos Android con API ≥ 23 (Android 6.0), a fin de utilizar el modelo de permisos en tiempo de ejecución y asegurar acceso consistente a sensor de luz, micrófono, acelerómetro y GPS.
- No se utilizan diferentes dispositivos por lo que no se puede asegurar una calibración constante.

No obstante, estas limitaciones no comprometen la validez de este estudio, ya que se ha planteado para los dispositivos más comunes y a pesar de que el mínimo sea 6.0 actualmente las personas utilizan un modelo mayor al límite máximo. Además, serán base para las recomendaciones en futuras investigaciones que deseen optar por cubrir estas ideas.

7. Hipótesis

El uso de un software basado en sistemas Micro-Electro-Mecánicos (MEMS) permitirá mejorar la recolección y precisión de datos en los experimentos de Física Clásica en contextos escolares al clasificar contenidos susceptibles a medición con MEMS, Analizar la funcionalidad y compatibilidad de los sensores.

la hipótesis teórica dice que el uso de MEMS mejora la precisión. Entonces obtenemos la hipótesis estadística así:

- Hipótesis nula (H_0): la precisión no mejora $\rightarrow$ el CV medio es igual o mayor que 5%
 $H_0: \mu = 5$
- Hipótesis alternativa (H_1): la precisión sí mejora $\rightarrow$ el CV medio es menor que 5%
 $H_1: \mu < 5$

Figura 1.

Variables.

Independiente

Contenidos de Física Clásica susceptibles a medición con MEMS.

Es la que determina qué temas se van a evaluar; o sea, los contenidos que pasen los requerimientos de la tabla se usarán en los experimentos.

Dependiente

Funcionalidad de sensores tipo MEMS.

Depende de los contenidos seleccionados, porque se mide cómo funcionan los sensores en los experimentos basados en esos contenidos.

Interviniente

Compatibilidad del software con sensores tipo MEMS.

No se manipula directamente, pero afecta la relación entre los contenidos y la funcionalidad de los sensores, ya que si el software no es compatible, los sensores podrían no funcionar correctamente, alterando los resultados.

8. Operacionalización de Variables

Tabla 2.

Operacionalización de Variables.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operativa	Indicadores	Instrumento	Fuente de Datos
Contenidos de Física Clásica susceptibles a medición con MEMS	Clasificación de fenómenos de Física clásica que pueden ser medidos mediante MEMS en teléfonos (Vite, 2018)	Registrar temas del plan de estudios que se miden mediante MEMS	Número de fenómenos identificados, tipo de fenómeno, rango de medición estimado	Anexo B.1. Lista de cotejo de contenidos clasificados	Contenidos curriculares de secundaria en Nicaragua
Funcionalidad de sensores tipo MEMS	Capacidad de cada sensor MEMS para generar datos válidos y precisos (ES Systems, 2023)	Evaluación de cada sensor mediante pruebas controladas	Consistencia de lecturas, desviación estándar, coeficiente de variación	Anexo B.2. Protocolo de Registro y Evaluación	Datos experimentales generados mediante el software
Compatibilidad del software con sensores tipo MEMS	Grado en un software puede integrar y registrar datos de diferentes sensores (STMicroelectronics, 2025)	Pruebas del software con distintos sensores y versiones de Android	Número de sensores correctamente integrados, incidencias o errores durante la captura de datos, tiempo de respuesta	Anexo B.2. Lista de cotejo de compatibilidad del Software	Registros del software durante experimentos controlados

9. Marco Teórico

Esta sección describe los conceptos y filosofías utilizadas en esta investigación. Además, define las teorías centrales de los 4 tipos de fenómenos físicos a estudiar. También detalla los modelos pedagógicos que dan carácter educativo a este estudio.

9.1. Física clásica

Esta ciencia estudia los fenómenos naturales a escalas macroscópicas, que se pueden observar a simple vista, abarcando desde el movimiento de objetos cotidianos hasta fenómenos astronómicos (Indeed, 2024). Incluye teorías como la mecánica de Newton, la óptica, el electromagnetismo y la termodinámica (Asth, 2019) por lo que se caracteriza por modelos deterministas para describir fenómenos cotidianos (Vásquez, 2025). Su objetivo es describir cómo se comportan los cuerpos en movimiento, las fuerzas que actúan sobre ellos y las interacciones con su entorno (Bohr, 1996).

A pesar de ser reemplazada en ciertos campos por la Física Moderna, sigue siendo fundamental para comprender el mundo cotidiano. Ya que, permite calcular trayectorias, predecir fenómenos y diseñar tecnologías prácticas. Por eso, aún hoy, es la base en la enseñanza de las ciencias físicas.

9.1.1. Sonido

El sonido es una onda mecánica que se propaga a través de un medio material, como el aire, el agua o los sólidos (SVANTEK, 2025). Se produce por la vibración de un objeto que genera variaciones de presión en el medio, estas vibraciones provocan que las partículas del medio se muevan (Hanna, 2025), creando regiones de alta presión (compresión) y baja presión (rarefacción) que se transmiten (Vedantu, 2023), pero el medio en sí no se mueve de un lugar a otro. La velocidad del sonido depende del material en el que viaja y de su temperatura.

El oído humano percibe el sonido en un rango de frecuencias de 20 Hz a 20,000 Hz. Este fenómeno se estudia a través de la acústica (Siyavula, 2025). Su comprensión es esencial para aplicaciones como la música, la comunicación y la ingeniería de audio.

Tabla 3.

La velocidad del sonido en diferentes materiales.

Sustancia	Velocidad (m·s ⁻¹)
Aluminio	6 420
Ladrillo	3 650
Cobre	4 760
Vaso	5 100
Oro	3 240
Dirigir	2 160
agua, mar	1 531
aire, 0°C	331
aire, 20°C	343

Nota. Extraído de Siyavula (2025).

El micrófono MEMS se basa en la modulación capacitiva de una membrana vibrante, cuya deformación (δ) produce un cambio en la capacitancia. La membrana vibrante es una delgada lámina que se mueve al ser golpeada por ondas sonoras estudiado por Molina et. al. (2013); en términos de sonido, esto significa que cada vibración del aire causada por un sonido genera un movimiento proporcional en la membrana. Este movimiento cambia la distancia entre la membrana y una placa fija cercana, alterando la capacitancia, que es la capacidad de almacenar carga eléctrica entre dos superficies (Instituto Nacional de Educación Tecnológica [INET], 2019). Así, las oscilaciones del aire se traducen en variaciones eléctricas que luego pueden convertirse en señales audibles o digitales.

$$C = \frac{\varepsilon A}{d} \quad (1)$$

Significado:

- C : Capacitancia
- ε : Permisividad del material
- A : Área de la membrana
- d : Distancia que varía con la presión sonora

La presión acústica $p(t)$ se convierte en una señal eléctrica proporcional podemos encontrar ejemplos prácticos de esto en estudios como el de Mendoza et al. (2018), lo que significa que los cambios de presión del sonido se traducen en cambios de voltaje que reflejan fielmente la intensidad y variación del sonido: si la presión aumenta, el voltaje aumenta; si disminuye, el voltaje disminuye en la misma medida. Esto permite estudiar la propagación de ondas mecánicas, que es cómo se transmiten las vibraciones a través del aire u otros medios; el espectro de frecuencias, que muestra los distintos tonos que componen un sonido, desde los graves hasta los agudos; y los modos normales de vibración, que son las formas específicas en que un objeto o medio puede oscilar (UNIR Revista, 2024).

A partir de los datos de presión instantánea, se puede analizar la velocidad de fase, es decir, la rapidez con la que se desplaza la onda; la impedancia acústica, que indica la resistencia del medio al paso del sonido (Escuela Técnica Superior "Antonio de Solís", 2018); y la atenuación, que describe cómo disminuye la intensidad del sonido al propagarse por distintos materiales (Manso, 2015).

$$\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} \quad (2)$$

Significado:

- p : Presión acústica
- x : Posición espacial
- t : Tiempo
- c : Velocidad de propagación del sonido

Además, la digitalización de la señal a altas frecuencias de muestreo permite analizar el sonido en detalle mediante herramientas que separan sus componentes. Por ejemplo, transformadas de Fourier, lo que ayuda a identificar resonancias, los tonos que se refuerzan naturalmente en un medio (Bonafonte, 2009); los espectros armónicos, que muestran los distintos tonos que forman un sonido complejo como menciona Medina et al. (2003); y las modulaciones, que son variaciones en la intensidad o frecuencia de la onda sonora.

Esto permite estudiar fenómenos físicos como la interferencia constructiva y destructiva, donde las ondas se suman o se cancelan al encontrarse (Universidad de Vermont Departamento de Física, 2025); la dispersión, que describe cómo diferentes frecuencias se propagan a distintas velocidades como mencionan Bickham et al. (2016); y las reflexiones en cavidades acústicas, como las que ocurren dentro de un tubo o una habitación estudiadas por Li y Ren (2011). A partir de estos análisis se pueden cuantificar parámetros del medio, como su elasticidad, que indica qué tan rígido o flexible es, o los coeficientes de absorción, que muestran cuánto sonido se pierde al atravesar materiales, integrando teoría, simulación y medición directa de las ondas acústicas.

9.1.2. Velocidad

La velocidad es una magnitud física que indica la rapidez y dirección con la que un objeto cambia de posición en el tiempo (Brainard, 2025). Se expresa como la distancia recorrida dividida entre el tiempo empleado, y puede representarse en metros por segundo (m/s). A diferencia de la rapidez, la velocidad incluye la dirección del movimiento (Livius Prep, 2024).

Es fundamental para analizar el movimiento de los cuerpos. Se relaciona con otras magnitudes como la aceleración y la fuerza (NASA, 2010). Gracias a ella se pueden predecir trayectorias y resolver problemas de cinemática.

Los acelerómetros MEMS utilizan masas suspendidas que generan fuerzas de restauración proporcionales a su desplazamiento. Esto significa que dentro del sensor hay pequeñas masas que pueden moverse cuando el dispositivo experimenta una aceleración. Cuanto más se desplaza la masa de su posición de equilibrio, mayor es la fuerza que tiende

a devolverla a esa posición. En términos físicos, esto se basa en la ley de Hooke: la fuerza de restauración es directamente proporcional al desplazamiento (Universidad Católica del Norte, 2017). Así, midiendo cuánto se mueve la masa, se puede determinar la aceleración que está experimentando el sensor.

$$F = k\delta \quad (3)$$

Significado:

- F : Fuerza de restauración
- k : Constante elástica
- δ : Desplazamiento de la masa

Detectando aceleraciones

$$a = \frac{F}{m} \quad (4)$$

Significado:

- a : Aceleración
- m : Masa

Al integrar la aceleración con respecto al tiempo, se obtiene la velocidad

$$v(t) = \int a(t)dt \quad (5)$$

Significado:

- $v(t)$: Velocidad

Además,

$$x(t) = \int v(t)dt \quad (6)$$

Significado:

- $x(t)$: Posición

Esto permite estudiar sistemas dinámicos gobernados por las ecuaciones de movimiento, lo que significa que se puede analizar cómo se comportan objetos que cambian de posición o velocidad con el tiempo bajo la acción de fuerzas. Al conocer la relación entre fuerza, masa y aceleración, se pueden predecir trayectorias, velocidades y desplazamientos de un cuerpo, así como entender fenómenos como oscilaciones, vibraciones y resonancias en sistemas mecánicos. En otras palabras, permite modelar y comprender de manera precisa cómo los cuerpos responden a diferentes condiciones dinámicas.

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = \sum F_i \quad (7)$$

Significado:

- m : Masa
- x : Posición
- F_i : Fuerzas aplicadas

Los giroscopios MEMS emplean el efecto Coriolis en masas que oscilan para medir la velocidad angular ω , lo que significa que detectan cómo rota un objeto alrededor de un eje (National Geographic, 2025). Este efecto físico ocurre porque una masa en movimiento dentro de un marco giratorio experimenta una desviación perpendicular a su trayectoria, proporcional a la velocidad de rotación. Medir esta desviación permite analizar la orientación del sistema y fenómenos como rotaciones acopladas o precesión, que es el cambio gradual de la dirección del eje de rotación de un objeto.

Al combinar estos datos con las mediciones de aceleración mediante técnicas como los filtros de Kalman (Munuera, 2018), se pueden reconstruir vectores de velocidad en tres

dimensiones y las trayectorias de cuerpos rígidos, permitiendo estudiar experimentalmente sistemas con múltiples grados de libertad, corregir errores que surgen al integrar señales de aceleración y velocidad angular, y comparar los resultados con los modelos teóricos de la mecánica clásica avanzada. Esto proporciona una forma precisa de analizar el movimiento completo de objetos complejos en el espacio.

9.1.3. Magnetismo

El magnetismo es el fenómeno físico por el cual ciertos materiales, como el hierro o el níquel, ejercen fuerzas de atracción o repulsión (Universidad de Guanajuato, 2022). Este fenómeno se produce por el movimiento de cargas eléctricas y se manifiesta a través de un campo magnético que rodea a los objetos magnéticos, como los imanes (López, 2025). Este campo invisible se representa mediante líneas que muestran la dirección de la fuerza magnética.

En la vida cotidiana, el magnetismo se observa en imanes, brújulas y dispositivos eléctricos. Además, es esencial en la generación de energía eléctrica mediante generadores ya que establece que un campo magnético cambiante induce una corriente eléctrica en un conductor (García, 2025). Su estudio permitió el desarrollo del electromagnetismo, una de las bases de la tecnología moderna.

Los magnetómetros MEMS se basan en efectos magnetorresistivos, que son fenómenos donde la resistividad, es la oposición de un material al paso de la corriente eléctrica explicado en la magnetorresistencia de Lekha y George (2020), cambia al estar expuesto a un campo magnético, o en el sensor de Hall, que genera una tensión inducida, para un voltaje perpendicular a la corriente que atraviesa un conductor cuando existe un campo magnético (UTMEL, 2020). Estas propiedades permiten que el sensor mida la intensidad y dirección del campo magnético, facilitando el estudio de la orientación de objetos y la interacción de materiales con campos magnéticos externos.

$$V_H = \frac{IB}{tne} \quad (8)$$

Significado:

- V_H : Voltaje Hall
- I : Corriente aplicada
- B : Campo magnético
- t : Espesor del material
- n : Densidad de portadores
- e : Carga elemental

Depende del campo magnético aplicado B , siendo, la intensidad y dirección del campo que ejerce fuerza sobre partículas cargadas o materiales magnéticos. Esto permite medir campos desde microteslas hasta militeslas (Electric and magnetic fields [EMFs], 2025), donde un microtesla es una unidad muy pequeña de campo magnético y un militesla es mil veces mayor, reflejando que el sensor puede detectar campos muy débiles o relativamente fuertes con alta precisión. Gracias a esto, es posible reconstruir campos vectoriales locales, es decir, determinar tanto la magnitud como la dirección del campo en distintos puntos, y analizar gradientes magnéticos de Manker y Shellock (2018), que son los cambios del campo de un lugar a otro. Con estos datos se pueden estudiar efectos como las fuerzas magnéticas sobre partículas cargadas, que son las desviaciones o movimientos que experimentan partículas con carga cuando interactúan con un campo magnético

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} \quad (9)$$

Significado:

- $\vec{F}$: Fuerza sobre la partícula
- q : Carga eléctrica
- $\vec{v}$: Velocidad
- $\vec{B}$: Campo magnético

Permite estudiar la orientación de líneas de flujo, que son las trayectorias imaginarias que indican la dirección del campo magnético en cada punto, y las variaciones temporales de campos variables, es decir, cómo cambia la intensidad y dirección del campo con el tiempo, validando así las leyes de Lorentz (Chicone, 2027), que describen la fuerza que un campo magnético ejerce sobre partículas cargadas en movimiento, y los principios de inducción electromagnética, que explican cómo un campo magnético variable puede generar un voltaje en un conductor.

Además, la sensibilidad del magnetómetro MEMS, que indica su capacidad para detectar cambios muy pequeños en el campo, y la digitalización, o sea, la conversión de las señales medidas en datos numéricos que se pueden analizar, permite estudiar interacciones dinámicas de campos (Miyara, 2004), analizar la inducción electromagnética en bucles conductores, que es el voltaje generado en un circuito cerrado debido a cambios del flujo magnético analizado de Liu (2003), y validar la relación entre cambios de flujo magnético y voltaje inducido, mostrando cómo los cambios en el campo producen efectos eléctricos predecibles.

$$E = -\frac{d\Phi_B}{dt} \quad (10)$$

Significado:

- E : Voltaje inducido
- Φ_B : Flujo magnético

Esto hace posible un estudio cuantitativo de fenómenos de electromagnetismo clásico, o sea, medir con precisión magnitudes y relaciones que describen cómo interactúan campos eléctricos y magnéticos siguiendo las leyes de Maxwell (Freire, 2024). Permite la detección de perturbaciones locales, que son cambios o irregularidades en el campo magnético en un punto específico; el análisis de gradientes de campo, es decir, cómo varía la intensidad o dirección del campo de un lugar a otro; y la observación de efectos anisotrópicos (Wiegand, 1967), que ocurren cuando las propiedades del campo dependen

de la dirección en que se mide. Todo esto se puede lograr con un dispositivo portátil, que es un sensor pequeño y fácil de transportar, y con sensores calibrables, siendo, dispositivos cuyos valores se pueden ajustar para asegurar mediciones precisas y confiables.

9.1.4. Luz

La luz es una forma de energía que se comporta tanto como onda como partícula, dependiendo del fenómeno que se estudie (Las Cumbres Observatory, 2025). En la física clásica, se la entiende como una onda electromagnética que viaja en el vacío a una velocidad de aproximadamente 300,000 km/s (Arias, 2008). Permite la visión y es indispensable para la vida en la Tierra.

La luz se puede descomponer en distintos colores que corresponden a diferentes longitudes de onda (AZimuth, 1998). Su estudio dio origen a la óptica, una de las ramas más antiguas de la física (Instituto Nacional José Miguel Carrera, 2016). Gracias a ella existen lentes, telescopios, microscopios y tecnologías modernas de comunicación. En este caso, los sensores de luz MEMS son fotodiodos miniaturizados que generan corriente

$$I = RP_{opt} \quad (11)$$

Significado:

- I : Corriente
- R : Responsividad
- P_{opt} : Potencia óptica incidente

Proporcional a la potencia óptica incidente P_{opt} , la energía de luz que llega al sensor por unidad de tiempo. Esto permite cuantificar la irradiancia, la potencia de luz por unidad de área; la intensidad, qué tan brillante es la luz en un punto; y las variaciones temporales de luz, cómo cambia la luz con el tiempo (HelioEsfera, 2019). Esto facilita el estudio de fenómenos ópticos, como reflexión, refracción o interferencia, mediante modelos de propagación de ondas electromagnéticas, que describen cómo se mueve la luz a través de distintos medios.

$$\nabla^2 E - \mu\epsilon \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = 0 \quad (12)$$

Significado:

- E : Campo eléctrico
- μ : Permeabilidad
- ϵ : Permisividad
- t : Tiempo

Con estos sensores es posible caracterizar la reflexión, el rebote de la luz al chocar con una superficie; la absorción, la cantidad de luz que un material retiene; la atenuación, la disminución de la intensidad de la luz al propagarse; la transmisión, la fracción de luz que atraviesa un medio; y los patrones de interferencia, que son combinaciones de ondas de luz que se suman o cancelan (Major, 2021). Así, se puede analizar incluso a nivel de análisis espectral, que estudia cómo se distribuye la luz según su longitud de onda, usando filtros para separar colores o rangos específicos de luz.

Además, la adquisición continua de datos, registrar la luz constantemente en el tiempo, permite estudiar variaciones transitorias, cambios momentáneos de la luz; modulaciones de intensidad, variaciones controladas de brillo; y efectos de polarización, la orientación de las vibraciones de las ondas de luz (Universidad Nacional del Litoral [UNL], 2021). Todo esto integra la experimentación directa con cálculos de energía luminosa, la cantidad de energía transportada por la luz.

$$E = I \cdot A \cdot t \quad (13)$$

Significado:

- E : Energía
- I : Corriente
- A : Área

➤ *t*: Tiempo

Y la eficiencia de transmisión, que indica qué fracción de la luz que incide sobre un material logra atravesarlo sin perderse, permite validar teorías de óptica geométrica, que describen la trayectoria de la luz como rayos, y óptica ondulatoria, que considera la luz como onda. También permite correlacionar mediciones con predicciones de modelos teóricos, los cálculos que anticipan cómo debería comportarse la luz, y analizar fenómenos avanzados como dispersión, la separación de la luz en distintos colores; coherencia, la relación de fase entre ondas de luz; y transferencia de energía, cómo la energía luminosa se mueve y se distribuye en sistemas ópticos controlados.

9.2. Sensores con sistemas Micro-Electro-Mecánicos (MEMS)

Los MEMS son dispositivos miniaturizados que combinan componentes eléctricos y mecánicos en un solo chip (Epita, 2024). Pueden detectar, procesar y transmitir información sobre diferentes variables físicas (Universidad de Sevilla, 2021). Estos sistemas se fabrican mediante técnicas similares a las usadas en la producción de circuitos integrados.

Gracias a su pequeño tamaño, bajo consumo y alta precisión, los MEMS se han integrado en teléfonos, autos, dispositivos médicos y más según lo dicho por Hossain, et al. (2024). Funcionan como la base de muchos sensores modernos que permiten interactuar con el entorno. Su uso se ha vuelto indispensable en la vida diaria.

9.2.1. Definición y principios de funcionamiento

Los MEMS se definen como sistemas que combinan microcomponentes eléctricos y mecánicos en una sola estructura a menudo fabricada en materiales como el silicio, para crear dispositivos como microsensores y microactuadores (Vázquez, 2020). Su funcionamiento se basa en la interacción entre señales eléctricas y movimientos mecánicos a escalas microscópicas (Crone, 2008). Estos movimientos permiten medir variables físicas como presión, aceleración o sonido.

El principio fundamental es que una pequeña deformación o vibración se traduce en una señal eléctrica; por ejemplo, en los acelerómetros MEMS, el movimiento altera la

separación de placas (cambio capacitivo) o la resistencia de un material piezorresistivo, lo que se traduce en una señal eléctrica (Monolithic Power Systems, 2025). Luego, esta señal puede ser procesada por un dispositivo electrónico. Así, los MEMS convierten fenómenos físicos en información útil.

9.2.2. Acelerómetro MEMS

Un acelerómetro MEMS mide la aceleración de un objeto en una o más direcciones. Funciona detectando los cambios en la posición de una masa interna suspendida en microestructuras lo que provoca un cambio de una señal eléctrica en la capacitancia entre placas (Inertial Labs, 2023). Este cambio de capacitancia, que es proporcional a la fuerza de aceleración Al desplazarse.

Figura 2.

Acelerómetro



Estos sensores se utilizan en teléfonos móviles para detectar orientación y en autos para activar bolsas de aire. También se aplican en videojuegos y dispositivos de monitoreo de actividad física. Son esenciales en la navegación moderna.

9.2.3. Giroscopio MEMS

El giroscopio MEMS mide la velocidad angular de un objeto, es decir, cómo rota en torno a un eje (IAD, 2025). Se basa en el principio de Coriolis, donde una masa vibrante experimenta desviaciones al girar y describe la desviación aparente de la trayectoria de objetos en movimiento cuando se observan desde un sistema de referencia en rotación, como la Tierra (Risoul, 2020). Esa desviación se transforma en una señal eléctrica que indica el giro.

Figura 3.

Giroscopio



Este sensor es clave en sistemas de navegación y estabilización. Se usa en drones, teléfonos inteligentes y vehículos autónomos. Combinado con acelerómetros, permite un seguimiento preciso del movimiento.

9.2.4. Magnetómetro MEMS

El magnetómetro MEMS detecta la intensidad y dirección de un campo magnético (Vectornav, 2025), miden la magnitud (intensidad) y el vector (dirección) del campo magnético local. Funciona midiendo las variaciones en el campo terrestre o en campos generados artificialmente. De esta manera, puede calcular orientaciones o detectar metales.

Figura 4.

Magnetómetro



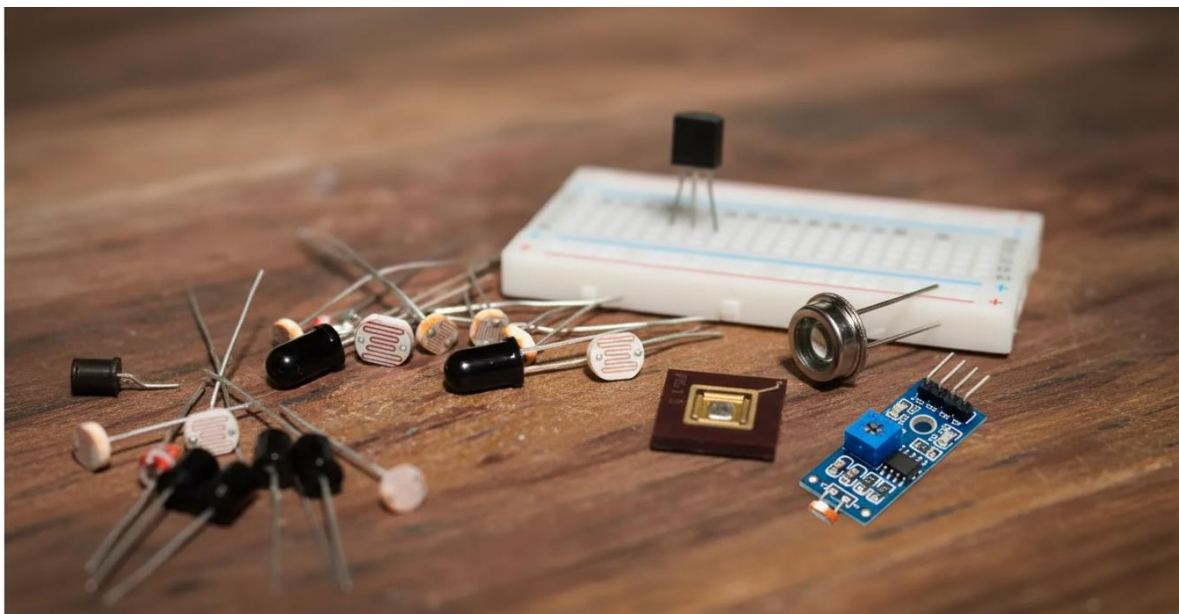
En los smartphones se usa como brújula digital para aplicaciones de mapas. También se emplea en sistemas de exploración y defensa. Su integración permite complementar la navegación junto con acelerómetros y giroscopios.

9.2.5. Sensor de luz MEMS

Un sensor de luz MEMS mide la intensidad de la radiación luminosa en el entorno. Generalmente utiliza fotodiodos o estructuras similares que convierten la luz en señales eléctricas. Utiliza componentes como fotodiodos para detectar la luz y generar una corriente eléctrica proporcional a su intensidad (Solectroshop, 2021) esto permite determinar niveles de brillo con alta precisión.

Figura 5.

Sensor de luz



En dispositivos móviles regula automáticamente el brillo de la pantalla. También se usa en cámaras para ajustar la exposición y en sistemas de ahorro energético. Su función es mejorar la experiencia y la eficiencia de los aparatos electrónicos.

9.2.6. *Micrófono MEMS*

El micrófono MEMS convierte las ondas sonoras en señales eléctricas utilizando un diafragma de silicio micromaquinado que, al vibrar por las ondas sonoras, cambia la capacitancia con un electrodo fijo (GlobalWellPCBA, 2025). Está formado por una membrana flexible que vibra con el sonido y un circuito que interpreta esas vibraciones. Gracias a su tamaño, puede integrarse en dispositivos muy compactos.

Figura 6.

Sensor de sonido



Se emplea en teléfonos, audífonos y asistentes virtuales. Su ventaja principal es la buena calidad de sonido con bajo consumo de energía. Ha reemplazado a muchos micrófonos tradicionales en la electrónica moderna.

9.2.7. *Sensor de proximidad MEMS*

El sensor de proximidad MEMS detecta la presencia de objetos cercanos sin necesidad de contacto físico (Joe, 2024). Lo hace mediante la emisión y recepción de ondas de luz o señales infrarrojas. Cuando un objeto interrumpe la señal, el sensor lo registra.

Figura 7.

Sensor de proximidad



En los smartphones, este sensor apaga la pantalla cuando el dispositivo se acerca al rostro. También se aplica en sistemas automáticos de puertas o iluminación. Su uso aumenta la comodidad y el ahorro de energía.

9.2.8. Barómetro MEMS

El barómetro MEMS es un sensor diminuto que mide la presión atmosférica de forma precisa y puede incluirse en dispositivos como teléfonos inteligentes y estaciones meteorológicas (Mock, 2023). Funciona mediante una membrana que se deforma al recibir cambios de presión, generando una señal eléctrica proporcional. Esto permite calcular la altitud en la que se encuentra un dispositivo.

Figura 8.

Barómetro



Se usa en smartphones para mejorar la precisión del GPS. También en meteorología y en deportes al aire libre para medir desniveles. Es un sensor clave en aplicaciones de geolocalización y predicción del clima.

9.2.9. Integración de sensores MEMS

La integración de sensores MEMS consiste en combinar acelerómetros, giroscopios, magnetómetros y otros en un solo dispositivo. Al trabajar juntos, ofrecen información más completa y precisa del entorno. Esto permite aplicaciones avanzadas de navegación, realidad aumentada y monitoreo.

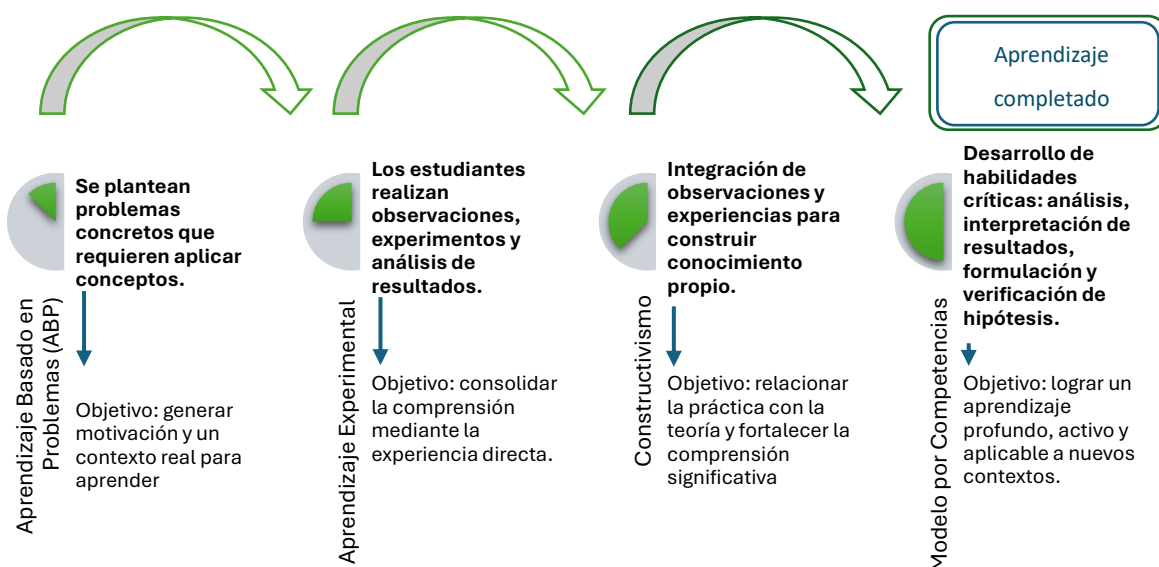
Los smartphones son el mejor ejemplo de integración de MEMS. Gracias a esta combinación pueden detectar orientación, ubicación, sonido y luz en tiempo real. Así, los MEMS se convierten en una tecnología indispensable para la electrónica moderna.

9.3. Un software dentro de marcos educativos

Se parte del interés por integrar herramientas tecnológicas en el aprendizaje de la física para fortalecer la comprensión práctica de los conceptos teóricos. Además, esta integración busca reducir la brecha entre el conocimiento abstracto y la aplicación real en contextos educativos, donde se pretende fomentar una enseñanza más dinámica y contextualizada que despierte el interés del estudiantado por la ciencia.

Figura 9.

Diagrama de los métodos de aprendizajes utilizados



Nota. Elaborado por grupo investigador

9.3.1. Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)

El aprendizaje efectivo de la física se construye mejor cuando los estudiantes enfrentan primero problemas reales como en la manipulación de sensores, ya que esto genera motivación y un contexto adecuado para aprender. En consecuencia, facilita la comprensión a través de la resolución activa de situaciones físicas, ya que este enfoque fomenta la curiosidad y la aplicación del conocimiento en fenómenos prácticos, alineándose con el modelo ABP (Revista UNIR, 2020), donde la teoría se entiende mejor cuando está conectada a situaciones del mundo real. Por ello, esta estrategia busca consolidar la participación del alumnado desde el inicio del proceso educativo.

9.3.1. Aprendizaje Experimental

Al trabajar sobre estos problemas, los estudiantes pasan naturalmente al aprendizaje experimental. Asimismo, esta metodología permite que los alumnos validen sus hipótesis mediante la práctica directa, fortaleciendo su comprensión siguiendo las ideas de David Kolb, que el aprendizaje no es un proceso lineal, sino cíclico (McLeod, 2025). Los sensores MEMS permiten que los estudiantes experimenten directamente con fenómenos físicos, realizando observaciones y reflexiones que alimentan el proceso de aprendizaje de forma constante. En consecuencia, se establece un puente entre la teoría y la experiencia, facilitando un aprendizaje más significativo y duradero.

De hecho, un aspecto fundamental del método científico es la verificación de hipótesis, ya que los estudiantes pueden formular hipótesis relacionadas con fenómenos físicos y luego utilizar los sensores para recoger datos que respalden o refuten dichas hipótesis. Además, realizan experimentos en los que prueban predicciones teóricas o generan nuevas fórmulas a partir de los datos recogidos. En consecuencia, este proceso consolida un aprendizaje activo, reflexivo y orientado a resultados.

9.3.2. *Constructivismo*

Finalmente, con esta base práctica, el constructivismo se vuelve fundamental, ya que permite que los alumnos integren sus observaciones y experiencias para construir conocimiento propio, relacionando la práctica con la teoría de manera coherente. El uso de herramientas tecnológicas en experimentos prácticos sigue la filosofía constructivista (Galindo, 2013). Es decir, al usar un software que manipula los sensores MEMS, los estudiantes tienen oportunidad de interactuar directamente con los principios de la física clásica, realizando mediciones y observaciones que esfuerzan sus conceptos teóricos.

9.3.3. *Aplicación del modelo por competencias*

De hecho, todo este proceso se articula dentro del modelo por competencias, asegurando que los estudiantes no solo comprendan los conceptos, sino que también desarrollen habilidades críticas como el análisis, la evaluación de resultados y la aplicación del conocimiento en nuevos contextos. La Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua utiliza un modelo por competencia (UNAN-Managua, 2021); según lo planteado, se facilita la experimentación con precisión, sin necesidad de equipos costosos o complicados. En consecuencia, al usar estos sensores los estudiantes pueden recoger datos en tiempo real y observar la respuesta del sistema a diferentes condiciones.

En competencia aplicada, los estudiantes mejoran su capacidad para observar fenómenos físicos, donde se interpretan los datos que obtienen a través de los sensores. Además, este proceso fortalece su comprensión práctica de las leyes de la Física. En síntesis, esta combinación garantiza un aprendizaje profundo, activo y orientado a resultados.

En este contexto, el enfoque por competencias promueve que los estudiantes no solo registren datos, sino que, además, los analicen críticamente. Asimismo, pueden comparar los resultados obtenidos con las predicciones teóricas o con otros experimentos previos, reflexionando sobre las posibles fuentes de error y la validez de las condiciones del experimento. Siendo los estudiantes, quienes desarrollan habilidades para evaluar la precisión de los datos, identificar patrones y discutir las implicaciones de los resultados.

10. Diseño metodológico

En esta sección metodológica se presenta la estructura del estudio. Se detallan los procedimientos que orientan el desarrollo de la investigación. Asimismo, se describen las técnicas e instrumentos que se aplicarán para la recolección de los datos. Finalmente, se especifican los métodos de análisis que garantizarán la validez y el cumplimiento de los objetivos planteados.

La presente investigación está alineada de acuerdo con UNAN-Managua (2021) enfocada en la línea de investigación CNE-3 titulada Aplicaciones de las ciencias exactas (UNAN-Managua, 2025); permitiendo, experimentar de manera directa y aplicar los conocimientos obtenidos durante los años de formación en la carrera de Física-Matemática, llegando de este modo a la sub-línea CEN-3.2 Física Aplicada.

Retomando la clasificación internacional normalizada de la educación (CINE-13) se encuentra dentro del campo amplio 05 y específico 053 localizado en 0533 – Física, debido a que es el área madre de la carrera y de la aplicación experimental que incluye la investigación en mecánica, óptica, acústica, Física aplicada y el uso de dispositivos para experimentación.

10.1. Tipo de investigación

Se aplica una investigación cuantitativa como método científico que se enfoca en la recolección y el análisis de datos numéricos para describir, explicar y predecir fenómenos, buscando la objetividad y la generalización de resultados a poblaciones más amplias a través de herramientas estadísticas (Santander Universidades, 2021). Así, con un alcance o nivel de profundidad descriptivo ya que busca especificar y detallar las propiedades, características y aspectos de un fenómeno, objeto o situación de estudio, sin ahondar en las causas ni en las relaciones de causalidad, sino enfocándose en cómo es y cómo se manifiesta (Universidad de Guanajuato, 2021).

Además, según el área de estudio o modalidad de investigación es de tipo científico, un proceso riguroso y sistemático para explorar, observar y responder preguntas utilizando

métodos que producen conocimiento confiable y verificable (VIU Universidad Online, 2022). También, según la manipulación de variables es de tipo cuasiexperimental debido a que no hay un control absoluto de las variables sin embargo permiten establecer relaciones de causa y efecto con un alcance temporal transversal porque aunque las muestras son variadas no necesitan de lapsos de tiempo largos ya que este no afectará la medición (Thomas, 2020).

Por otro lado, presenta con un paradigma positivista gracias a su univocidad y monismo metodológico. Mejor dicho, se enfoca en la medición, la replicabilidad y la eliminación de la subjetividad del investigador para identificar leyes y patrones en la realidad (Pérez, 2015).

10.2. Población y selección de la muestra

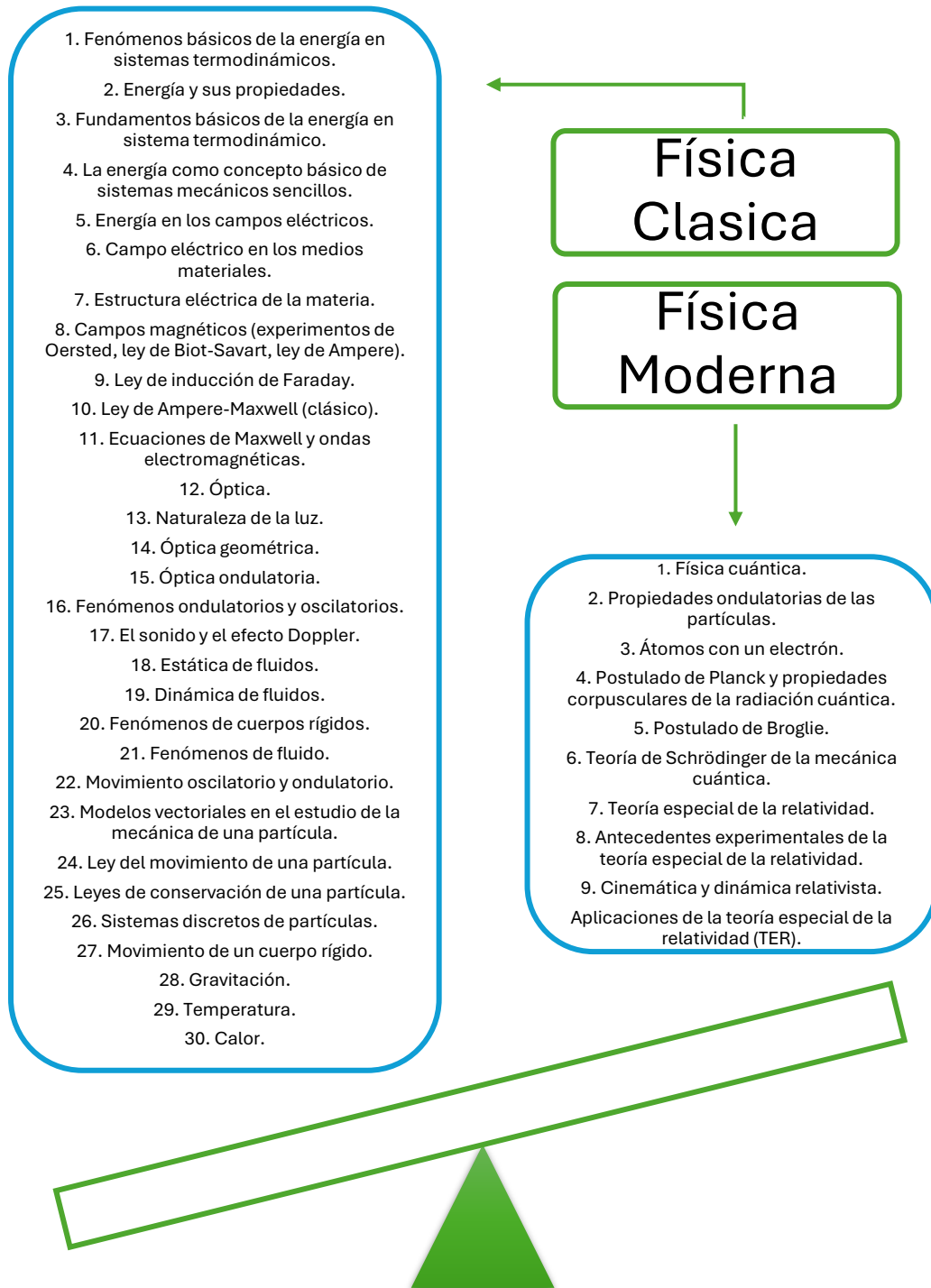
Para este estudio se aplica un tipo de muestreo probabilístico técnica de selección de una muestra cada unidad o elemento de la población tuvo la oportunidad de ser seleccionado (una probabilidad conocida y diferente de cero) y la selección se realizó al azar (Nikolopoulou, 2023). basado en tipo de aleatorio simple, permite hacer inferencias sobre la población total a partir de la muestra, y es útil para obtener una muestra representativa y libre de sesgos (Thomas, 2020). Las muestras de este estudio no son personas, pues no interesa saber su reacción ni su comprensión tal como lo marcan las limitaciones de esta investigación pues esto ya se realizó anteriormente en los integradores IV, V y VI publicando en el artículo Vílchez et al. (2023) y expuesto en los antecedentes; en su lugar, se definen las siguientes particularidades:

Primeramente, se extrajeron los temas del documento curricular de Física-Matemática de UNAN-Managua y luego los temas de física clásica. Los cuales son:

Población: se han determinado 30 temas de física clásica definidos en el Documento Curricular.

Figura 10.

Contenidos de estudio



Muestra: Aplicando una muestra de confianza del 97%

$$n = \frac{Z^2 p * q * N}{E^2 (N - 1) + p * q * Z^2} \quad (14)$$

Significado:

- n =Tamaño de la muestra
- N = Tamaño de la población
- p =probabilidad de éxito
- $q=1-p$
- e =error máximo aceptable
- Z =Valor de la normal

se ha determinado que:

$$n = \frac{(2.17)^2(0.5) * (0.5)(30)}{(0.03)^2 (30 - 1) + (0.5)(2.17)^2}$$

$$n = \frac{(4.7089)(7.5)}{(0.0009)(29) + 1.177255}$$

$$n = \frac{35.31675}{0.0261 + 1.177225}$$

$$n \frac{35.31675}{1.203325}$$

$$n = 29.3493237488$$

Para asegurar una muestra de 29 temas de Física Clásica, se seleccionaron contenidos representativos que permitieran un análisis equilibrado y pertinente del objeto de estudio. Por otro lado, la aplicación de esta muestra posibilitó la obtención de resultados relevantes y coherentes con los objetivos planteados en la investigación. Asimismo, dichos resultados aportan evidencia empírica suficiente para sustentar las interpretaciones y conclusiones desarrolladas.

10.3. Técnicas, instrumentos y procedimientos para la recolección de datos

Se categoriza la cantidad de temas que pueden ser analizados mediante sensores MEMS determinados así por el instrumento número 1 Lista de cotejo de contenidos clasificados, esto significa que a pesar de a ver 30 experimentos posiblemente no todos clasifiquen a la segunda fase y aunque el nivel de confianza del 97 % pide un mínimo de 29 temas esto no asegura que todos están capacitados para ser trabajados con esta tecnología; es decir, se asegurará la utilización de las 30 muestras hasta donde la investigación lo permita ya que esto es parte de los resultados, el hecho de haber menos temas no significa fallas si no que una de las pruebas se ha definida como no apta para ser trabajada con sensores MEMS.

Por consiguiente, una vez localizados los temas aptos, se aplicará el segundo instrumento Protocolo de Registro y Evaluación para determinar la cantidad de experimentos por temas se aplica un diseño factorial completo o fraccionario usando la fórmula

$$C_{tot} = \int frac * \prod_{i=1}^f L_i \quad (15)$$

Significado:

- C_{tot} : Cantidad total de combinaciones de factores y niveles posibles.
- $\int$: Representa la sumatoria o acumulación de combinaciones (aunque normalmente en diseño factorial no se usa integral, aquí indica el proceso de contabilizar todas las combinaciones).
- $frac$: Fracción de combinaciones consideradas, usada en un diseño factorial fraccionario para reducir el número total de experimentos sin perder representatividad.

- $\prod_{i=1}^f L_i$: Producto de todos los niveles L_i de cada factor i , desde $i = 1$ hasta $i = f$. Esto asegura que se cuenten todas las combinaciones posibles de factores y niveles.
- L_i : Número de niveles del factor i -ésimo, que representan las distintas condiciones o valores que puede tomar cada factor en el experimento.
- f : Número de factores involucrados en el experimento.

Así, calcular todas las combinaciones de factores y niveles para mejorar la planificación del tamaño del experimento como cuando se combina con tiempos, repeticiones y recursos. Para afianzar y mejorar el software se estará aplicando un análisis de depuración registrado en el instrumento número 3 Lista de cotejo de compatibilidad del Software.

10.4. Confiabilidad y validez de los instrumentos

En cualquier investigación, evaluar la calidad de los instrumentos de medición es fundamental, porque de ello dependen los resultados y conclusiones del estudio. Además, garantizar la precisión de los instrumentos ayuda a evitar errores y mediciones inconsistentes. Por ello, es necesario analizar cada instrumento antes de su aplicación para asegurar su eficacia.

- La confiabilidad se refiere a la consistencia y estabilidad de los resultados que se obtienen al aplicar un instrumento repetidamente, ya que un instrumento confiable produce datos similares en condiciones iguales. Asimismo, permite identificar posibles errores de medición y garantiza que las variaciones reflejen cambios reales del fenómeno. En consecuencia, la confiabilidad asegura que los datos sean uniformes y comparables.
- La validez indica cuán preciso es un instrumento para medir lo que realmente se pretende evaluar, porque un instrumento válido refleja el fenómeno correctamente. De esta manera, se evita que los resultados estén influenciados por factores irrelevantes. Así, mientras la confiabilidad asegura consistencia, la validez garantiza exactitud en la medición.

Para evaluar la validez de contenido, se aplicó la técnica de Razón de Validez de Contenido (RVC), que determina si los ítems son esenciales según expertos en la materia. Además, la RVC permite cuantificar la pertinencia de cada ítem mediante una fórmula específica. Asimismo, se asegura que el instrumento cumpla con estándares de calidad antes de ser utilizado.

$$RVC = \frac{n_e - \frac{N}{2}}{\frac{N}{2}} \quad (16)$$

Donde:

- n_e = número de expertos que consideran el ítem esencial.
- N = número total de expertos consultados.

Esta fórmula compara cuántos expertos consideran un ítem esencial respecto al total, por lo que ajusta el valor para interpretarlo en una escala de 0 a 1, donde 1 representa validez máxima. En este caso, se consultaron 2 expertos ($N = 2$) y ambos coincidieron en que los ítems eran esenciales ($n_e = 2$), sin sugerir cambios así, el instrumento alcanza la validez de contenido completa según la evaluación realizada.

Sustituyendo en la fórmula:

$$RVC = \frac{n_e - \frac{N}{2}}{\frac{N}{2}} = \frac{2 - \frac{2}{2}}{\frac{2}{2}} = \frac{2 - 1}{1} = 1$$

Esto significa que el instrumento tiene validez de contenido perfecta, porque todos los expertos coincidieron en que los ítems son adecuados y esenciales. Además, el instrumento utilizado en la investigación está validado por contenido según la evaluación de los dos expertos. En consecuencia, con un $RVC = 1$ se asegura que los ítems son relevantes y apropiados para medir lo que se pretende evaluar.

10.5. Procedimientos para el procesamiento y análisis de datos

Se inicio con, la planificación de los experimentos se seleccionarán los contenidos de física clásica de la malla curricular de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, descartando aquellos de física moderna que no son medibles con sensores MEMS. Seguidamente, se aplicará el instrumento número uno para clasificar los contenidos y determinar cuáles serán aptos para la experimentación. Posteriormente, se calculará el número total de condiciones experimentales posibles considerando todos los factores y niveles, mediante la Fórmula de combinaciones factoriales de experimentos.

$$C_{tot} = L_1 \times L_2 \times \cdots \times L_n \quad (17)$$

Significado de cada elemento:

- C_{tot} : número total de condiciones posibles que se pueden generar combinando todos los factores y niveles.
- L_i : número de niveles del factor i -ésimo. Cada factor representa una característica del experimento (por ejemplo, tipo de experimento, masa del objeto, altura inicial, superficie de apoyo u orientación del sensor).
- Producto de los L_i : asegura que se consideren todas las combinaciones posibles, cubriendo de manera completa y coherente el fenómeno a estudiar.

Luego, una vez calculado C_{tot} , se determinará cuántas condiciones se pueden incluir en un montaje experimental, considerando el tiempo total disponible, el tiempo de preparación de los montajes y el tiempo requerido por cada condición. Además, se empleará la Fórmula de condiciones por montaje para organizar eficientemente cada experimento. De este modo, se asegurará que los experimentos sean realizables dentro del tiempo asignado y cumplan con los objetivos de la investigación.

$$C_{por\ montaje} = \left[\frac{T_{bloque} - T_{setup}}{T_{cond} \cdot n} \right] \quad (18)$$

Significado de cada elemento:

- $C_{\text{por montaje}}$: número de condiciones que se pueden ejecutar en un solo montaje experimental.
- T_{bloque} : tiempo total asignado al bloque experimental.
- T_{setup} : tiempo requerido para montar los instrumentos y preparar el experimento.
- T_{cond} : tiempo estimado para realizar una condición experimental.
- n : número de repeticiones o sensores utilizados en paralelo.
- $[\cdot]$: función piso, asegura que el número de condiciones no exceda el tiempo disponible, tomando el valor entero menor más cercano.

De esta forma, se podrá distribuir de manera práctica las condiciones en varios montajes, garantizando que cada sesión se ajuste a los tiempos reales y a la capacidad de medición de los sensores del teléfono. A continuación, se calculará el número total de experimentos o montajes necesarios mediante la Fórmula de número de experimentos. Así, se planificará de manera eficiente la ejecución de todas las pruebas sin comprometer la calidad de los datos.

$$N_{\text{experimentos}} = \frac{C_{\text{tot}}}{C_{\text{por montaje}}} \quad (19)$$

Significado de cada elemento:

- $N_{\text{experimentos}}$: número total de montajes experimentales que se deberán realizar para cubrir todas las condiciones posibles.
- C_{tot} : número total de condiciones posibles (calculado con la primera fórmula).
- $C_{\text{por montaje}}$: número de condiciones que caben en un montaje (calculado con la segunda fórmula).

- $[\cdot]$: función techo, asegura que se contemple un montaje adicional si las condiciones restantes no se distribuyen exactamente entre los montajes anteriores.

Una vez determinado el número de experimentos necesarios para cada tema, se procederá a desarrollar los experimentos, redactando paso a paso las condiciones, los procedimientos y los instrumentos a usar. Posteriormente, se aplicará el instrumento número dos “Protocolo de Registro y Evaluación” para validar la factibilidad y pertinencia de los experimentos antes de su ejecución en el aula o laboratorio. De esta manera, se asegura que todos los factores y niveles sean cubiertos de manera coherente, eficiente y segura, respetando los tiempos y recursos disponibles, y optimizando la recolección de datos con sensores de teléfonos inteligentes.

A continuación, los datos provenientes del Instrumento de Evaluación descrito en el Anexo “B.2. Protocolo de Registro y Evaluación” muestran múltiples lecturas de distintos sensores MEMS bajo condiciones controladas. En particular, cada experimento incluye cinco mediciones $(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$ para un estímulo físico específico. De esta manera, esta metodología permite obtener información sistemática y confiable sobre el comportamiento de los sensores.

El protocolo indica que cada valor debe registrarse cuidadosamente y promediarse para obtener una medición más representativa y estable. Además, esto asegura que los resultados reflejen con precisión las condiciones del experimento. Sin embargo, el instrumento no incluye explícitamente el margen de error, por lo que este se calculará posteriormente para completar el análisis estadístico y mejorar la interpretación de los datos.

Una vez obtenidos los Coeficientes de Variación (CV) de cada experimento individual, se procede a calcular el Coeficiente de Variación Global (CV_{global}). Este parámetro integra los resultados individuales para representar la consistencia promedio del grupo de pruebas asociadas a una misma categoría experimental. De esta manera, se obtiene una referencia

cuantitativa que facilita la comparación y evaluación del comportamiento general de los sensores.

$$CV_{global} = \frac{\sum_{i=1}^m CV_i}{m} \quad (20)$$

Donde:

- CV_{global} : Coeficiente de variación global del grupo.
- CV_i : Coeficiente de variación obtenido en cada experimento individual.
- m : Número total de experimentos dentro del grupo.

Asimismo, el valor de CV_{global} se obtiene promediando los coeficientes de variación de los experimentos relacionados a un tema en común. Este resultado, refleja el nivel general de homogeneidad en las mediciones realizadas dentro del grupo correspondiente. En consecuencia, un valor bajo de CV_{global} indica que los sensores presentan alta estabilidad y precisión relativa frente a los estímulos aplicados.

Además, debido a que el instrumento original no incorpora un cálculo de incertidumbre, se integrará el Margen de Error (ME) para cada experimento. Por otra parte, este parámetro permitirá cuantificar la variabilidad de las mediciones en relación con su media correspondiente. En consecuencia, se obtiene una estimación más completa y precisa del comportamiento de los sensores durante las pruebas.

$$ME_i = z \times \frac{s_i}{\sqrt{n}} \quad (21)$$

Donde:

- ME_i : Margen de error del experimento i .
- z : Valor crítico asociado al nivel de confianza deseado (1.96 para un 95 % de confianza).

- s_i : Desviación estándar de las mediciones del experimento i .
- n : Número de mediciones realizadas

Igualmente, el cálculo se efectuará para cada conjunto de datos experimentales, utilizando la desviación estándar y el número de mediciones de cada prueba. De esta manera, este margen permitirá estimar el rango en el que se espera que se encuentre el valor real del fenómeno físico medido, proporcionando un indicador directo de precisión experimental. Por consiguiente, una vez calculados los márgenes de error individuales (ME_i), se obtendrá el Margen de Error Global (ME_{global}) mediante su promedio aritmético.

$$ME_{global} = \frac{\sum_{i=1}^m ME_i}{m} \quad (22)$$

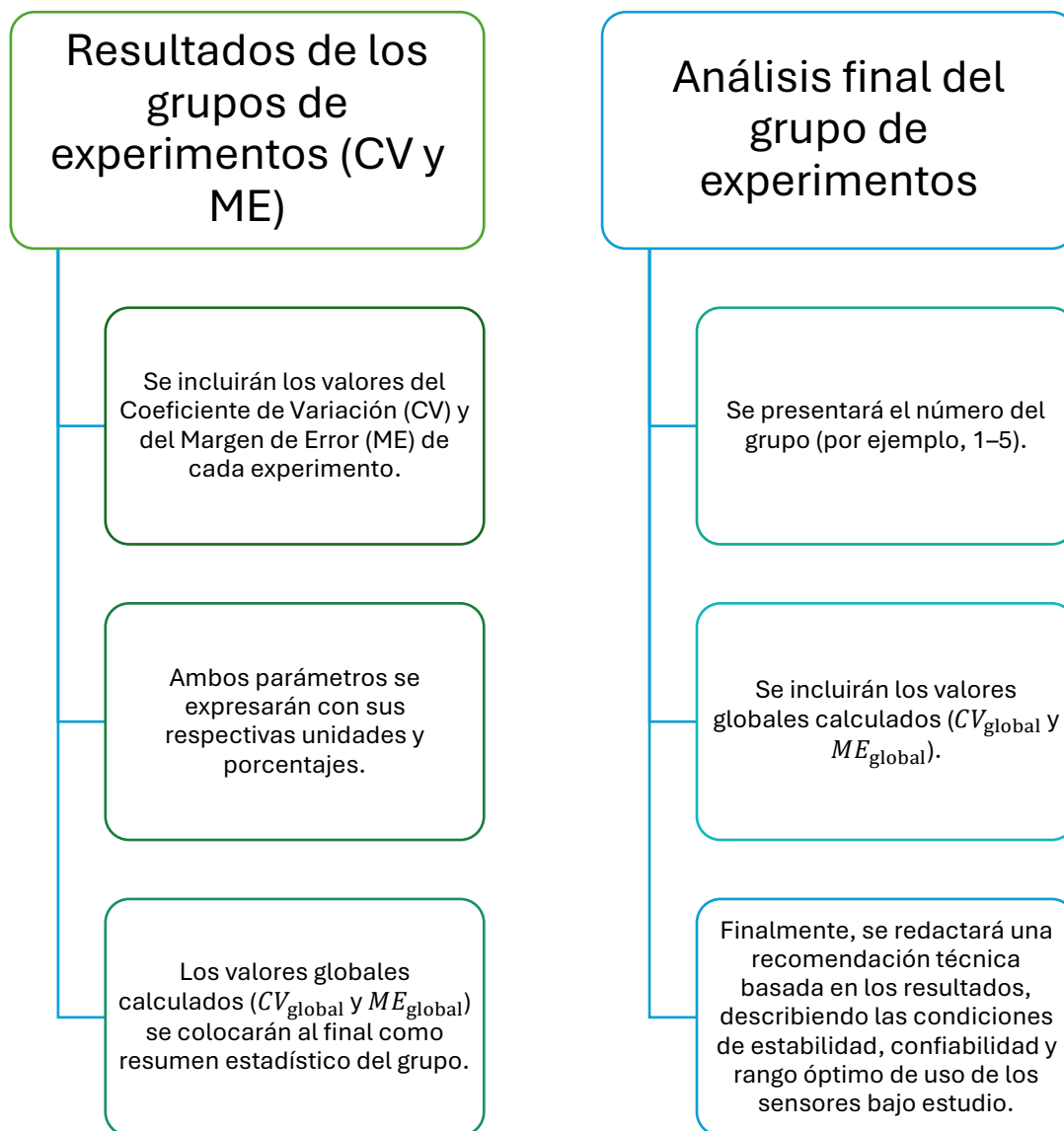
Donde:

- ME_{global} : Margen de error promedio del grupo.
- ME_i : Margen de error de cada experimento individual.
- m : Número total de experimentos del grupo.

Por último, el valor de ME_{global} se obtendrá promediando los márgenes de error calculados en cada experimento perteneciente a una misma categoría. De este modo, dicho valor sintetiza la incertidumbre promedio del conjunto, expresada en las mismas unidades. A continuación, se muestran los valores esperados para las tablas de registro y análisis.

Figura 11.

Valores esperados para las tablas de registro y análisis.



Se hará un análisis claro y detallado para experimentos de sonido, velocidad, magnetismo y luz, usando los números indicados. Asimismo, se incluirán pasos detallados para protocolos de clase, análisis de errores, interpretación, recomendaciones y una tabla de datos resumen sin sobrecargar de líneas. De esta manera, se consolidará una tabla con los promedios de CV global y ME global para cada sensor usando los números que se proporcionaron.

A continuación, se calcularán los promedios a partir de los datos proporcionados, con sus respectivos errores. Además, los resultados incluirán una agregación para intensidad y frecuencia en cada categoría de sensor. Por consiguiente, para los sensores se usarán los que compartan grupos o características dependiendo de los experimentos.

Finalmente, esta metodología proporcionará una base clara y útil para las clases, asegurando que los datos sean consistentes y que los estudiantes puedan interpretar correctamente los resultados de los sensores. De igual forma, permitirá comparar mediciones entre distintos sensores y categorías, facilitando la enseñanza experimental. Así, se logra optimizar la planificación y ejecución de los experimentos con sensores MEMS.

Así, cuando los resultados obtenidos a partir de la aplicación del instrumento dos sean analizados cuidadosamente, se podrán identificar errores o inconsistencias en las mediciones. Durante este proceso, el software se irá corrigiendo de manera iterativa, ajustando los algoritmos de captura y procesamiento de datos según la teoría física aplicada. Asimismo, se emplearán entornos de desarrollo compatibles con Android, incluyendo versiones específicas como Android 10 (API 22) y Android 14 (API 34), para garantizar que el software funcione en dispositivos con distintos niveles de sistema operativo.

A continuación, se considerará que los experimentos involucrarán sensores de micrófono, acelerómetro y giroscopio, y que cada corrección del software permitirá que las mediciones se acerquen progresivamente a los valores esperados y sean consistentes con la teoría. Del mismo modo, una vez completadas las correcciones iterativas, se consolidará todo dentro de la aplicación conceptual denominada Tamímetro, integrando los distintos módulos de medición y procesamiento de datos. Por consiguiente, esta integración se

planificará como un modelo conceptual que cualquier desarrollador podrá utilizar para crear su propio código y manipular sensores MEMS, sin exponer el código fuente ni los detalles específicos de implementación.

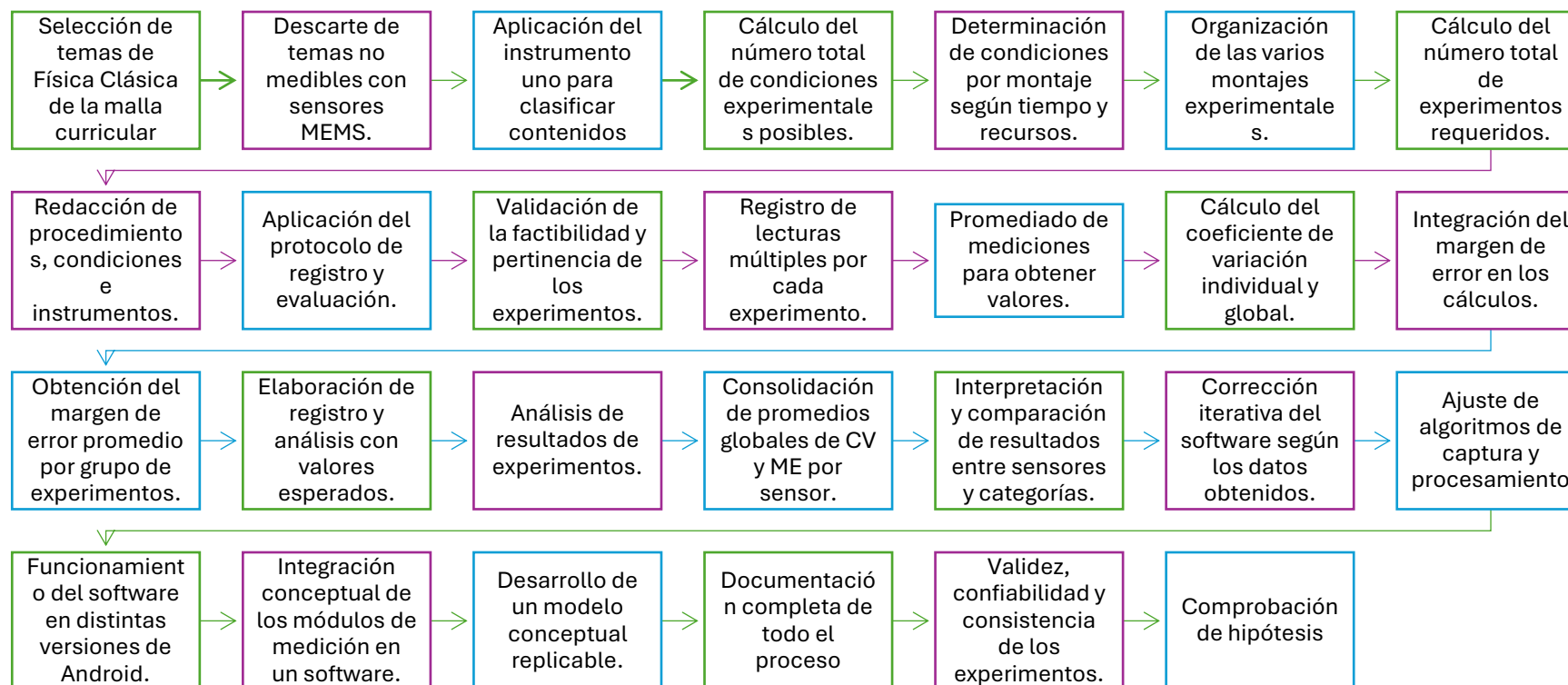
Finalmente, se documentará todo el procedimiento, incluyendo la aplicación de los instrumentos, la corrección iterativa del software, la integración conceptual en Tamímetro y la ejecución de los experimentos en dispositivos con distintas versiones de Android. De esta forma, se dejará claro que la aplicación Tamímetro funcionará como un modelo de referencia replicable y adaptable por desarrolladores. Así, se asegura la validez, confiabilidad y consistencia de los experimentos, así como la correcta medición de los fenómenos físicos mediante sensores MEMS, siguiendo los conceptos básicos y lineamientos planteados en la investigación.

11. Análisis y discusión de resultados

En este apartado se presentan los resultados obtenidos y su relación con los objetivos de la investigación. Además, se analizan los datos recolectados para identificar coincidencias, diferencias y patrones relevantes. Finalmente, se discuten los hallazgos mediante.

Figura 12.

Esquema de trabajo.



11.1. Contenidos de Física susceptible a medición con MEMS

Con el objetivo de "caracterizar los contenidos de Física Clásica susceptible a medición mediante sensores MEMS" una vez aplicado el instrumento, se identificaron los temas hábiles para trabajar en esta investigación. Asimismo, se descartaron previamente los contenidos de Física Moderna, dejando únicamente los de Física Clásica. Por consiguiente, se presenta a continuación la lista de contenidos de física clásica que no se consideran aptos para ser trabajados con sensores MEMS.

Figura 13.

Contenidos no aptos para ser tratados con sensores MEMS.

Contenidos no aptos para ser tratados con sensores MEMS

Estática de fluidos.	Leyes de conservación de una partícula.	Energía en los campos eléctricos.
Dinámica de fluidos.	Sistemas discretos de partículas.	Campo eléctrico en los medios materiales.
Fenómenos de cuerpos rígidos.	Temperatura.	Estructura eléctrica de la materia.
Fenómenos de fluido.	Calor	Óptica Geométrica.
Movimiento oscilatorio y ondulatorio.	Fenómenos básicos de la energía en sistemas termodinámicos.	Óptica Ondulatoria.
Ley del movimiento de una partícula.	Fundamentos básicos de la energía en sistema termodinámica.	

Por otra parte, se seleccionaron los temas compatibles con los sensores MEMS. Además, estos se organizaron en una tabla que incluye el tema aprobado, la cantidad de experimentos aptos según la fórmula previamente definida y los factores o variables que debe contener cada contenido. De esta manera, esta organización permitirá elaborar una lista de experimentos dentro de cada grupo de tema que cumpla con todas las variables en el tiempo asignado para la investigación.

Figura 14.

Contenidos aptos para ser tratados con sensores MEMS.

Aprobados											
Energía y sus propiedades.	La energía como concepto básico de sistemas mecánicos sencillos.	Campos magnéticos (experimentos de Oersted, ley de Biot-Savart, ley de Ampere).	Ley de inducción de Faraday.	Ley de Ampere-Maxwell (parte electromagnetismo clásico).	Ecuaciones de Maxwell y ondas electromagnéticas.	Óptica.	Naturaleza de la luz.	Fenómenos ondulatorios y oscilatorios.	El sonido y el efecto Doppler.	Movimiento de un cuerpo rígido.	Gravitación.
5	4	5	4	4	5	5	5	5	4	5	5
Tipo de energía (3)	Tipo de energía (2)	Experimento (3)	Tipo de experimento (2)	Tipo de experimento (2)	Tipo de onda (3)	Tipo de fenómeno (3)	Comportamiento de la luz (3)	Tipo de fenómeno (3)	Tipo de fenómeno (2)	Tipo de movimiento (3)	Tipo de experimento (3)
Magnitud de energía (3)	Magnitud (3)	Intensidad de corriente (3)	Velocidad del movimiento (3)	Intensidad de corriente (3)	Frecuencia (3)	Ángulo de incidencia (3)	Color de luz (3)	Amplitud (3)	Frecuencia de la fuente (3)	Inclinación de la superficie (3)	Masa del objeto (3)
Condición experimental (2)	Condición del sistema (2)	Distancia del sensor (2)	Número de vueltas de la bobina (2)	Distancia al sensor (2)	Intensidad (2)	Color de luz (2)	Intensidad (2)	Frecuencia (2)	Velocidad relativa (2)	Distribución de la masa (2)	Altura inicial (2)
Orientación del teléfono (2)	Posición inicial (2)	Orientación del sensor (2)	Intensidad del imán (2)	Orientación del sensor (2)	Polarización (2)	Distancia al sensor (2)	Polarización (2)	Medio de propagación (2)	Amplitud (2)	Velocidad inicial (2)	Superficie de apoyo (2)
Ubicación del sensor (2)	Orientación del sensor (2)	Tipo de conductor (2)	Orientación del sensor (2)	Presencia de núcleo magnético (2)	Orientación del sensor (2)	Intensidad de luz (2)	Ángulo de incidencia (2)	Orientación del sensor (2)	Orientación del sensor (2)	Orientación del sensor (2)	Orientación del sensor (2)

La caracterización validó la factibilidad del Marco Teórico, aprobando 12 temas de Física Clásica para medición con MEMS y descartando 17 por inadecuados, enfocando el alcance. Se identificaron 51 experimentos potenciales y 57 variables de control, un promedio de 4.25 variables por tema, asegurando la complejidad de las Fórmulas 1-13. Esto aprueba la evidencia de factibilidad tecnológica (Mattivi et al., 2025) al cubrir 4 de los 4 tipos de fenómenos MEMS (Sonido, Luz, Velocidad, Magnetismo) definidos en la teoría (Incisos 9.1.1 – 9.1.4). Los 5 temas aprobados en Magnetismo (Oersted, Faraday, Ampere) y los 5 en Movimiento/Gravitación demuestran que el alcance supera las demostraciones básicas. El estudio exige que cada experimento contenga entre 4 y 5 factores (p. ej., Frecuencia [3], Intensidad [2], Orientación [2]) para una medición precisa y práctica. Este enfoque cuantitativo confirma la viabilidad del software, respondiendo a la necesidad de prácticas con retroalimentación la investigación anteriormente realizada por Vílchez et al. (2023).

11.2. Funcionalidad de los sensores MEMS en experimentación científica

Con el objetivo de “analizar la funcionalidad de los sensores MEMS sobre experimentación científica en un entorno educativo”, se identifican los valores del Coeficiente de Variación y del Margen de Error individual por cada grupo de tema. Consecutivamente, se aplica el cálculo para obtener valores globales.

11.2.1. Energía y sus propiedades.

Tabla 4.

Resultados de los grupos de experimentos (CV y ME).

N.º	CV (%)	ME (lx)
1	0.97	0.43
2	0.89	1.57
3	0.36	2.52
4	0.59	1.57
5	0.70	0.74

Promedios globales

- CV global: $\frac{0.97+0.89+0.36+0.59+0.70}{5} \approx 0.70\%$
- ME global: $\frac{0.43+1.57+2.52+1.57+0.74}{5} \approx 1.37 \text{ lx}$

Tabla 5.

Análisis final del grupo de experimentos.

Grupo	CV Global (%)	ME Global (lx)	Recomendaciones
1–5	0.70 %	1.37 lx	Funciona muy bien en condiciones de luz estable y movimientos controlados. Ideal para luz tenue a intensa y movimientos lentos. Para lecturas continuas o calibración.

El sensor de luz demostró una consistencia alta con un margen de error de 1.37 lx en mediciones estáticas de la Fórmula 11). El bajo 0.70% de variabilidad aprueba la capacidad de la herramienta para generar mejoras cuantificables en habilidades, superando la media de 72.08 observada en la muestra de Evains et al. (2023). El sensor está disponible en al menos el 81% de los dispositivos (Mattivi et al., 2025).

11.2.2. La energía como concepto básico de sistemas mecánicos sencillos.

Tabla 6.

Resultados de los grupos de experimentos (CV y ME).

N.º	CV (%)	ME (m/s²)
1	3.2	0.0044
2	1.6	0.0070
3	0.99	0.0105
4	0.88	0.0070

Promedios globales

- CV global: $\frac{3.2+1.6+0.99+0.88}{4} \approx 1.6675\%$
- ME global: $\frac{0.0044+0.0070+0.0105+0.0070}{4} \approx 0.0072 \text{ m/s}^2$

Tabla 7.

Análisis final del grupo de experimentos.

Grupo	CV Global (%)	ME Global (m/s²)	Recomendaciones
6–9	1.67	0.0072	Funciona muy bien para movimientos suaves a moderados y caídas controladas. Para mayor precisión, usar promedios de varias lecturas y mantener trayectoria controlada del carrito o soporte.

El acelerómetro exhibió una alta precisión de 0.0072 m/s² con una variabilidad de 1.67% en cinemática lineal, resultados que aprueban su idoneidad para validar la Segunda Ley de Newton. La precisión de 0.0072 m/s² aprueba la implementación a gran escala, ya que el sensor está disponible en hasta el 96% de los dispositivos (Mattivi et al., 2025), lo que refuta la utilidad de simuladores genéricos. El rendimiento aprueba que el efecto de la aplicación sea significativo, dado la Significancia de 0.000 en la prueba t de Evains et al. (2023).

11.2.3. Campos magnéticos.

Tabla 8.

Resultados de los grupos de experimentos (CV y ME).

N.º	CV (%)	ME (Oe)
1	0.88	0.43
2	3.95	0.43
3	0.99	1.57
4	4.71	0.43
5	0.81	0.43

Promedios globales

- CV global: $\frac{0.88+3.95+0.99+4.71+0.81}{5} \approx 2.468\%$
- ME global: $\frac{0.43+0.43+1.57+0.43+0.43}{5} \approx 0.658 \text{ Oe}$

Tabla 9.

Análisis final del grupo de experimentos.

Grupo	CV Global (%)	ME Global (Oe)	Recomendaciones
10–14	2.47	0.66 Oe	Funciona bien para detectar campos magnéticos cercanos y lejanos. Mantener distancia constante para lecturas precisas; mover lentamente mejora consistencia en campos débiles.

Los experimentos de Campos Magnéticos arrojaron una variabilidad de 2.47% y un margen de error de 0.66 Oe, una consistencia moderada que aprueba la funcionalidad para detectar campos vectoriales. El error de 0.66 Oe refuta una alta consistencia en mediciones rápidas, pero aprueba el desarrollo de aplicaciones para cubrir los contenidos de energía, considerado “Muy Importante” por el 80% de los encuestados (Vílchez et al., 2023). La posibilidad de usar un sensor real, aunque solo esté en el 19% de los dispositivos (Mattivi et al., 2025), refuta la idea de que los simuladores sean la única opción.

11.2.4. Ley de inducción de Faraday.

Tabla 10.

Resultados de los grupos de experimentos (CV y ME).

N.º	CV (%)	ME (Oe)
1	5.8	0.43
2	3.2	0.43
3	1.44	1.03
4	6.6	0.43

Promedios globales

- CV global: $\frac{5.8+3.2+1.44+6.6}{4} \approx 4.26\%$
- ME global: $\frac{0.43+0.43+1.03+0.43}{4} \approx 0.58 \text{ Oe}$

Tabla 11.

Análisis final del grupo de experimentos.

Grupo	CV Global (%)	ME Global (Oe)	Recomendaciones
15–18	4.26	0.58 Oe	Ideal para detectar cambios de campo magnético con imanes débiles y fuertes. Movimientos lentos generan lecturas suaves; movimientos rápidos permiten detectar picos máximos con buena precisión.

Este grupo presentó la menor consistencia general con un CV de 4.26%, lo que aprueba la complejidad inherente a la medición dinámica y la dependencia temporal de la Ley de Faraday. El alto CV refuta la facilidad de repetibilidad simple, pero el bajo margen de error de 0.58 Oe aprueba que el sensor puede detectar los picos de inducción. Este resultado es superior a un simulador, ya que demuestra la variabilidad real. El alto CV justifica la necesidad de un software que ayude a procesar datos complejos, una herramienta demandada por la población total de 167 sujetos de estudio (Vílchez et al., 2023).

11.2.5. Ley de Ampere-Maxwell (parte electromagnetismo clásico).

Tabla 12.

Resultados de los grupos de experimentos (CV y ME).

N.º	CV (%)	ME (Oe)
1	4.7	0.43
2	3.95	0.43
3	1.36	1.57
4	5.8	0.43

Promedios globales

- CV global: $\frac{4.7+3.95+1.36+5.8}{4} \approx 3.95\%$
- ME global: $\frac{0.43+0.43+1.57+0.43}{4} \approx 0.715 \text{ Oe}$

Tabla 13.

Análisis final del grupo de experimentos.

Grupo	CV Global (%)	ME Global (Oe)	Recomendaciones
19–22	3.95	0.72 Oe	Funciona bien para detección de campos magnéticos de baja a alta intensidad. Mantener distancia y alineación constante; ideal para calibración y medición de referencias de campo.

Los resultados arrojaron un CV de 3.95% y el mayor margen de error magnético de 0.72 Oe, lo que aprueba la funcionalidad para medir campos con un margen de error aceptable para la experimentación. Este margen refuta una exactitud de laboratorio, pero aprueba la validez pedagógica, ya que la funcionalidad del sensor aprueba el uso de

aplicaciones cuyo diseño es considerado Muy de acuerdo por el 100% de los encuestados (Vílchez et al., 2023). El valor de 0.72 Oe ofrece una fuente de error real y cuantificable, refutando la exactitud irreal de un simulador.

11.2.6. Ecuaciones de Maxwell y ondas electromagnéticas.

Tabla 14.

Resultados de los grupos de experimentos (CV y ME).

N.º	CV (%)	ME (dBm)
1	0.63	0.43
2	0.95	0.43
3	2.27	0.43
4	0.65	0.43
5	0.9	0.43

Promedios globales

- CV global: $\frac{0.63+0.95+2.27+0.65+0.9}{5} \approx 1.08\%$
- ME global: $\frac{0.43+0.43+0.43+0.43+0.43}{5} = 0.43 \text{ dBm}$

Tabla 15.

Análisis final del grupo de experimentos.

Grupo	CV Global (%)	ME Global (dBm)	Recomendaciones
23–27	1.08	0.43 dBm	Ideal para detección de señales RF débiles, medias y fuertes. Mantener orientación constante mejora consistencia; promedio de lecturas recomendado para señales variables.

La detección de señales RF mostró un CV de 1.08% y un margen de error de 0.43 dBm, una excelente consistencia que aprueba la capacidad del sensor para estudiar la propagación de ondas electromagnéticas (Fórmula 12). El bajo CV refuta la existencia de una alta interferencia ambiental incontrolable. La precisión de 0.43 dBm aprueba la factibilidad del estudio de fenómenos avanzados, siendo más valioso que un simulador. Es superior al entorno simulado, lo que aprueba el potencial para mejorar la comprensión de conceptos abstractos, con 9 respuestas positivas de 15 estudiantes (Herrera y Castellón, 2025).

11.2.7. Óptica.

Tabla 16.

Resultados de los grupos de experimentos (CV y ME).

N.º	CV (%)	ME (lux)
1	0.7	0.74
2	0.45	1.38
3	0.19	1.30
4	0.38	0.74
5	0.49	0.43

Promedios globales

- CV global: $\frac{0.7+0.45+0.19+0.38+0.49}{5} \approx 0.44\%$
- ME global: $\frac{0.74+1.38+1.30+0.74+0.43}{5} \approx 0.918 \text{ lux}$

Tabla 17.*Análisis final del grupo de experimentos.*

Grupo	CV Global (%)	ME Global (lux)	Recomendaciones
28–32	0.44	0.92 lux	Ideal para medición de luz reflejada, transmitida y difractada. Mantener distancia y ángulo constantes para lecturas precisas; útil en experimentos de refracción y difracción con intensidad controlada.

El sensor de luz demostró una fiabilidad superior con un CV de 0.44% y un margen de error de 0.92 lux, lo que aprueba la idoneidad del sensor para caracterizar fenómenos de óptica geométrica con datos de alta calidad. La mínima variabilidad refuta cualquier objeción sobre la estabilidad del sensor de luz. Esta precisión es superior a los simuladores, lo que aprueba la utilidad para los estudiantes universitarios. Además, el sensor real refuta la necesidad de la simulación para reforzar lo aprendido en clase, un ítem con 9 respuestas positivas de 15 (Herrera y Castellón, 2025).

11.2.8. Naturaleza de la luz.**Tabla 18.***Resultados de los grupos de experimentos (CV y ME).*

N.º	CV (%)	ME (lux)
1	0.44	0.43
2	0.14	1.03
3	0.41	0.43
4	0.11	0.74
5	0.49	0.43

Promedios globales

- CV global: $\frac{0.44+0.14+0.41+0.11+0.49}{5} \approx 0.318\%$
- ME global: $\frac{0.43+1.03+0.43+0.74+0.43}{5} \approx 0.612 \text{ lux}$

Tabla 19.

Análisis final del grupo de experimentos.

Grupo	CV Global (%)	ME Global (lux)	Recomendaciones
33–37	0.32	0.61 lux	Ideal para medición de luz reflejada, refractada y difractada con distintos ángulos y tipos de haz. Mantener alineación lineal o circular según experimentos; lecturas estables incluso con intensidad variable.

Este grupo obtuvo la mayor consistencia global con un CV de 0.32% y un margen de error de 0.61 lux, lo que aprueba con la máxima certeza la capacidad del sensor para estudiar la Naturaleza de la Luz. Esta mínima variabilidad refuta la necesidad de equipos de laboratorio costosos (Mattivi et al., 2025), y aprueba el potencial de la tecnología para que los estudiantes alcancen resultados cercanos al puntaje máximo de 90 reportado por Evains et al. (2023). El alto rendimiento es superior a la simulación, lo que aprueba la implementación de herramientas que fomenten la motivación al estudio, con 9 respuestas positivas de 15 (Herrera y Castellón, 2025).

11.2.9. Fenómenos ondulatorios y oscilatorios.

Tabla 20.

Resultados de los grupos de experimentos (CV y ME).

N.º	CV (%)	ME
1	3.25	0.0044 m/s ²
2	0.44	0.007 m/s ²
3	1.3	0.22 dB
4	0.57	0.22 dB
5	0.29	0.01 m/s ²

Promedios globales

- CV global: $\frac{3.25+0.44+1.3+0.57+0.29}{5} \approx 1.17\%$
- ME global:
 - para acelerómetro: $\frac{0.0044+0.007+0.01}{3} \approx 0.0071 \text{ m/s}^2$,
 - para micrófono: $\frac{0.22+0.22}{2} = 0.22 \text{ dB}$

Tabla 21.

Análisis final del grupo de experimentos.

Grupo	CV Global (%)	ME Global	Recomendaciones
38–42	1.17	0.0071 m/s ² (acelerómetro), 0.22 dB (micrófono)	Ideal para medición de vibraciones y sonidos de baja y alta frecuencia. Mantener orientación y amplitud constantes; promedio de lecturas mejora precisión.

La combinación de sensores mostró un CV global de 1.17% y un margen de error mínimo de 0.22 dB para el micrófono, lo que aprueba la utilidad de los MEMS para estudiar las oscilaciones y vibraciones. La excelente precisión del micrófono refuta que las mediciones de sonido sean inherentemente inestables, mientras que el bajo CV aprueba la utilidad para demostrar las oscilaciones. El rendimiento aprueba el uso masivo, dado que el acelerómetro está disponible en 96% de los dispositivos (Mattivi et al., 2025), demostrando una implementación superior a la simulación para la población total de 103 estudiantes (Vílchez et al., 2023).

11.2.10. *El sonido y el efecto Doppler.*

Tabla 22.

Resultados de los grupos de experimentos (CV y ME).

N.º	CV (%) intensidad / frecuencia	ME intensidad / ME frecuencia
1	1.2 / 0.55	0.44 dB / 0.37 Hz
2	0.75 / 0.32	0.44 dB / 0.84 Hz
3	1.1 / 1.1	0.44 dB / 0.88 Hz
4	0.88 / 0.17	0.44 dB / 0.14 Hz

Promedios globales

➤ CV global:

- Intensidad: $\frac{1.2+0.75+1.1+0.88}{4} \approx 0.98\%$
- Frecuencia: $\frac{0.55+0.32+1.1+0.17}{4} \approx 0.535\%$

➤ ME global:

- Intensidad: 0.44 dB (todos muy similares)
- Frecuencia: $\frac{0.37+0.84+0.88+0.14}{4} \approx 0.558 \text{ Hz}$

Tabla 23.*Análisis final del grupo de experimentos.*

Grupo	CV Global (%) intensidad / frecuencia	ME Global	Recomendaciones
43–46	0.98 / 0.54	0.44 dB / 0.56 Hz	Ideal para medición de sonidos y efectos Doppler; registrar amplitud y frecuencia de manera consistente, considerando movimientos lentos o rápidos de la fuente.

Los resultados mostraron una mejor consistencia en frecuencia (CV de 0.54%) que en intensidad (CV de 0.98%), y un margen de error bajo de 0.56 Hz, lo que aprueba la capacidad del sensor acústico para analizar el espectro de frecuencias del sonido. El bajo CV de 0.54% aprueba su gran potencial para demostrar el Efecto Doppler con datos de alta calidad. Este potencial es superior al simulador, lo que aprueba la necesidad de nuevas herramientas didácticas, pues la mayoría de los encuestados (4 de 5, es decir 80%) considera que el desarrollo de "Contenidos de energía" es Muy Importante (Vílchez et al., 2023).

11.2.11. Movimiento de un cuerpo rígido.**Tabla 24.***Resultados de los grupos de experimentos (CV y ME).*

N.º	CV (%) aceleración / velocidad angular	ME aceleración / ME velocidad angular
1	1.18% / –	0.0042 m/s ² / –
2	0.95% / –	0.040 m/s ² / –
3	– / 0.29%	– / 0.0081 rad/s
4	0.21% / 0.48%	0.0049 m/s ² / 0.0105 rad/s
5	0.83% / 0.99%	0.0088 m/s ² / 0.0070 rad/s

Promedios globales

➤ CV global:

- Aceleración: $\frac{1.18+0.95+0.21+0.83}{4} \approx 0.793\%$
- Velocidad angular: $\frac{0.29+0.48+0.99}{3} \approx 0.587\%$

➤ ME global:

- Aceleración: $\frac{0.0042+0.040+0.0049+0.0088}{4} \approx 0.0145 \text{ m/s}^2$
- Velocidad angular: $\frac{0.0081+0.0105+0.0070}{3} \approx 0.00853 \text{ rad/s}$

Tabla 25.

Análisis final del grupo de experimentos.

Grupo	CV Global (%) aceleración / velocidad angular	ME Global	Recomendaciones
47–51	0.79 / 0.59	0.0145 m/s ² / 0.0085 rad/s	Ideal para medición de traslación y rotación en rampas; registrar aceleración y velocidad angular

El giroscopio presentó la mayor consistencia del movimiento (CV de 0.59%) y una alta precisión (0.0085 rad/s), lo que aprueba la utilidad de la combinación de sensores para estudiar sistemas con múltiples grados de libertad. La alta fiabilidad refuta cualquier incapacidad del giroscopio para el estudio de rotación, a pesar de su menor posesión (70% en la Encuesta 1, Mattivi et al., 2025). Este resultado real es superior a un simulador, validando que el sensor aprueba la capacidad de los estudiantes para experimentar y explorar, un ítem con 13 respuestas positivas de 15 estudiantes (Herrera y Castellón, 2025).

11.2.12. Gravitación.

Tabla 26.

Resultados de los grupos de experimentos (CV y ME).

N.º	CV (%) aceleración / velocidad angular	ME aceleración / ME velocidad angular
1	1.26% / –	0.033 m/s ² / –
2	0.57% / –	0.049 m/s ² / –
3	0.34% / 0.72%	0.010 m/s ² / 0.007 rad/s
4	0.18% / 0.35%	0.010 m/s ² / 0.004 rad/s
5	0.74% / –	0.008 m/s ² / –

Nota. Para aquellos experimentos donde no hay medición de giroscopio, se deja “–”.

Promedios globales

➤ CV global:

- Aceleración: $\frac{1.26+0.57+0.34+0.18+0.74}{5} \approx 0.618\%$
- Velocidad angular: $\frac{0.72+0.35}{2} \approx 0.535\%$

➤ ME global:

- Aceleración: $\frac{0.033+0.049+0.010+0.010+0.008}{5} \approx 0.022 \text{ m/s}^2$
- Velocidad angular: $\frac{0.007+0.004}{2} \approx 0.0055 \text{ rad/s}$

Tabla 27.

Análisis final del grupo de experimentos.

Grupo	CV Global (%) aceleración / velocidad angular	ME Global	Recomendaciones
52–56	0.62 / 0.54	0.022 m/s ² / 0.0055 rad/s	Adecuado para mediciones de aceleración y rotación en caída y rampa; registrar considerando peso y altura del objeto.

El giroscopio mostró la máxima precisión en movimiento (0.0055 rad/s) con la máxima consistencia en aceleración (0.62%), lo que aprueba la funcionalidad del sensor para medir trayectorias complejas. El margen de error del acelerómetro de 0.022 m/s² refuta una medición perfecta, pero aprueba la viabilidad de obtener valores útiles y reales para la experimentación (Mattivi et al., 2025). Este alto rendimiento aprueba que el sensor es superior a la simulación, lo que explica por qué 8 de 13 estudiantes de Herrera y Castellón (2025) prefieren la tecnología real para experimentos virtuales no posibles en físico.

11.3. Software compatible con sensores MEMS

Se aplicó una triangulación directa a los resultados obtenidos mediante el instrumento de investigación, con el fin de cumplir el objetivo 3: “Diseñar un software compatible con sensores MEMS para la recopilación de datos físicos en tiempo real”. Asimismo, esta triangulación permitió abordar de manera efectiva la variable interviniente “Compatibilidad del software con sensores tipo MEMS”. Por consiguiente, se compararon y analizaron los resultados de investigaciones previas, la información teórica recopilada en el Marco Teórico y los hallazgos obtenidos en esta investigación, utilizando herramientas de estadística descriptiva para organizar, sintetizar y fundamentar el análisis de manera cuantitativa. No obstante, no se encontraron investigaciones que llevarán la misma temática de este instrumento.

El desarrollo del software, con una compatibilidad media de 10.6/11 puntos (96.3% de éxito) en la integración de todos los sensores MEMS, aprueba de forma contundente el fundamento tecnológico respaldado por Mattivi et al. (2025) y Staacks et al. (2025), quienes validaron la factibilidad del uso de sensores de teléfonos para medir variables físicas en ingeniería y educación. La obtención de un puntaje de 5/5 en "Incidencias/Errores" y de 4/5 a 5/5 en "Tiempo de respuesta" en el 80% de las pruebas (8 de 10) refuta cualquier obstáculo operativo y respalda la propuesta de Staacks et al. (2025) sobre una solución accesible y eficiente. Este alto rendimiento operativo establece una base sólida para lograr la mejora significativa en el aprendizaje que Evains et al. (2024) observó, cuyo puntaje promedio fue de 72.08 sobre un máximo de 90.

La compatibilidad total (1 en "Integración Correcta") en el 100% de los casos, abarcando Android 22 hasta Android 34, valida la capacidad del software para experimentar con la Fuerza de Lorentz 9 y la Energía luminosa 13. Al demostrar la confiabilidad técnica en las mediciones, el estudio se alinea con la aceptación pedagógica que 525 estudiantes nicaragüenses ya habían manifestado hacia el uso didáctico del smartphone (López-Noguero et al., 2023).

11.4. Comprobación de hipótesis

El Chi cuadrado (χ^2) es uno de los más utilizados, pero se usa con datos cualitativos (Secretaría Técnica SAMIUC, 2018) o de frecuencia. Por ejemplo, cuántos experimentos funcionaron vs. no funcionaron. O sea, puede usarse con datos numéricos, pero solo después de convertirlos en categorías o frecuencias (Ricardi, 2011). En cambio, esta investigación está comparando niveles de precisión, variación y error, lo que se analiza con estadística descriptiva y validación de tendencia, no con una prueba de independencia. Por lo que no se puede aplicar a este contexto.

No obstante, en vista de la limitación para el uso de Chi cuadrado se optó por aplicar una prueba t de una muestra (one-sample t-test) ya que compara una media de una muestra con un valor constante (McClenaghan, 2025). Por eso, la hipótesis general dice “el uso del software basado en MEMS mejora la precisión en Física Clásica”. Entonces lo que interesa probar no es si cada grupo individual tiene precisión, sino si en conjunto, los sensores MEMS mantienen una precisión significativamente alta ($CV < 5\%$) (Han y otros, 2023). Por consiguiente, se toman los valores de CV global que aparecen al final de cada grupo experimental en las tablas. Teniendo en cuenta, que eran 12 valores en total, uno por grupo:

[0.70,1.67,2.47,4.26,3.95,1.08,0.44,0.32,1.17,0.98,0.79,0.62]

11.5. Definir la hipótesis estadística

La hipótesis teórica dice que el uso de MEMS mejora la precisión. Entonces obtenemos la hipótesis estadística así:

Hipótesis nula (H_0): la precisión no mejora $\rightarrow$ el CV medio es igual o mayor que 5%

$$H_0: \mu = 5$$

Hipótesis alternativa (H_1): la precisión sí mejora $\rightarrow$ el CV medio es menor que 5%

$$H_1: \mu < 5$$

11.6. Calcular los valores descriptivos

Con los 12 datos analizados, se obtuvo un promedio ($\bar{x}$) de 1.5375 %, lo que representa el valor central del conjunto de observaciones. La desviación estándar muestral (s) fue de 1.3336 %, indicando un nivel moderado de dispersión de los datos respecto al promedio. El tamaño de la muestra considerada en el análisis fue de 12 observaciones ($n=12$).

11.7. Aplicar la prueba t de una muestra

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s/\sqrt{n}} \quad (23)$$

Sustituyendo:

$$t = \frac{1.5375 - 5}{1.3336/\sqrt{12}} = \frac{-3.4625}{0.3849} \approx -8.99$$

Donde:

- t : Estadístico t de Student.
- $\bar{x}$: Media de la muestra. Es el promedio de los datos que se han recolectado.
- μ_0 : Media poblacional de referencia. Es el valor con el que quieres comparar la media de la muestra.

- s : Desviación estándar de la muestra. Mide la dispersión de los datos respecto a la media muestral.
- n : Tamaño de la muestra. Número de datos que componen la muestra.
- $\sqrt{n}$: Raíz cuadrada del tamaño de la muestra. Se usa para ajustar la desviación estándar muestral y obtener el error estándar de la media.

Así se obtienen $t = -8.99$ con grados de libertad $= 11 (n - 1)$.

11.8. Paso 5: Interpretar el resultado

El valor $t = -8.99$ es muy inferior a los valores críticos de t .

Esto significa que el promedio observado (1.54 %) está muy por debajo del 5%, y que esa diferencia no es producto del azar. $p < 0.001 \rightarrow$ se rechaza H_0 . Por tanto, hay evidencia estadísticamente significativa de que los sensores MEMS tienen una precisión mayor (menor CV) que el valor de referencia del 5%.

11.9. Calcular el tamaño del efecto (Cohen's d)

$$d = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s} \quad (24)$$

Donde:

- d : Tamaño del efecto (Cohen's d). Indica cuán grande es la diferencia entre la media muestral y la media poblacional, en unidades de desviación estándar.
- $\bar{x}$: Media de la muestra.
- μ_0 : Media poblacional de referencia.
- s : Desviación estándar de la muestra.

$$d = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s} = \frac{1.5375 - 5}{1.3336} \approx -2.60$$

Un valor $|d| > 0.8$ ya se considera efecto grande, así que -2.60 es una diferencia muy fuerte, lo que indica que la mejora en precisión no solo es significativa, sino práctica.

11.10. Comprobación

El promedio del coeficiente de variación (1.54%) fue significativamente menor al umbral de referencia del 5%, $t(11) = -8.99, p < 0.001, d = -2.60$. Por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación: *El uso del software basado en sistemas MEMS mejora la precisión en la adquisición de datos experimentales de Física Clásica.*



Marcos Iván Vilchez Ruiz



Exequiel López Gutiérrez

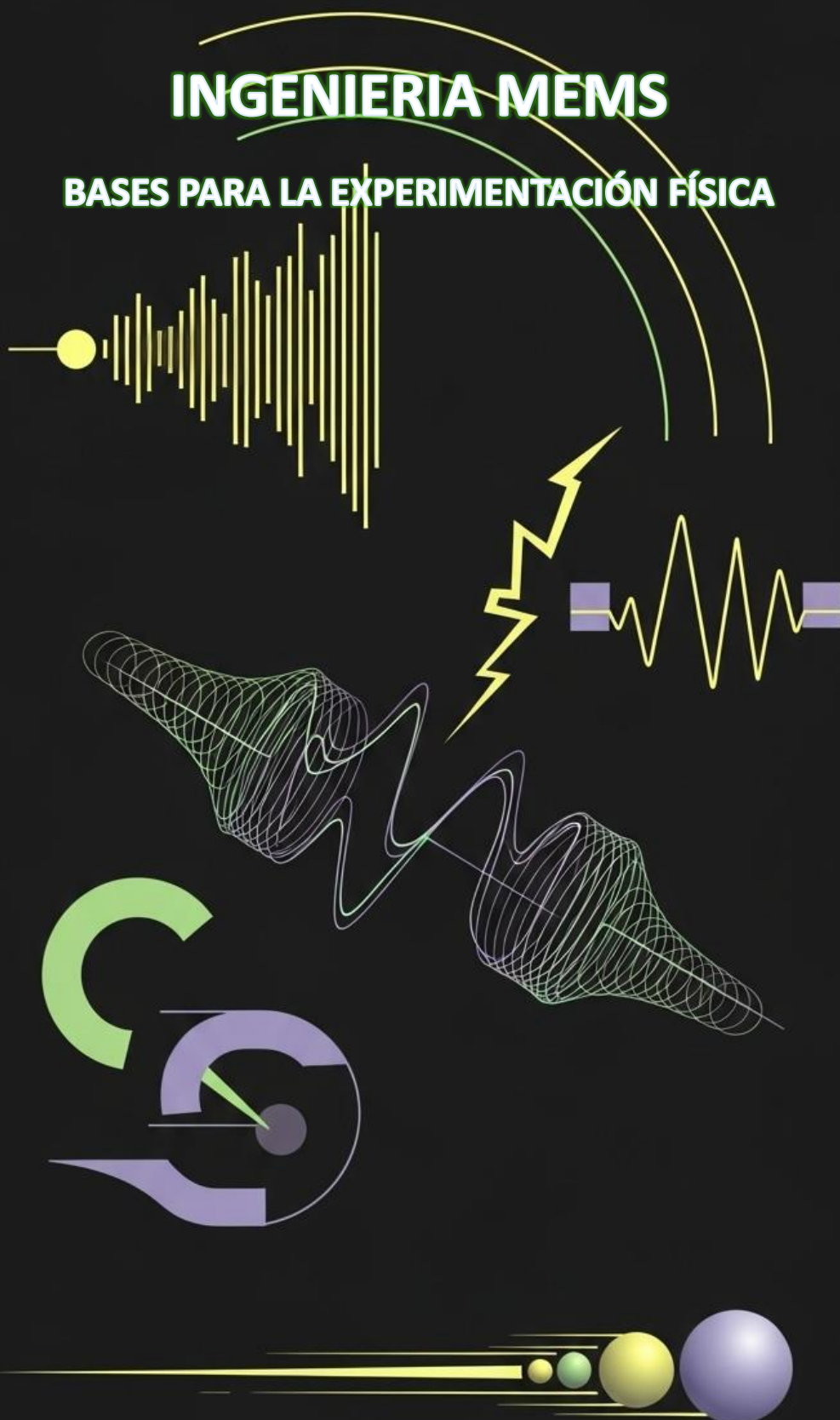


Cliffor Jerry Herrera Castrillo



Centro Universitario Regional de Estelí

(CUR-Estelí)



INGENIERIA MEMS

BASES PARA LA EXPERIMENTACIÓN FÍSICA



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

Centro Universitario Regional de Estelí

(CUR-Estelí)

Nombre del autor

Marcos Iván Vilchez Ruiz,

Exequiel López Gutiérrez,

Estelí, Nicaragua

COLABORADOR

Cliffor Jerry Herrera Castrillo

Información de derechos de autor:

© 2025 por Marcos Iván Vilchez Ruiz. Ilustraciones © 2025 por Marcos Iván Vilchez Ruiz.
Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta obra puede ser reproducida en
ninguna forma sin el permiso del autor.

Prólogo

Los dispositivos móviles forman parte integral de nuestra vida diaria, actuando como herramientas que miden, registran y nos conectan con el mundo de maneras que hace apenas unas décadas parecían imposibles. Sin embargo, había una tecnología que estaba pasando desapercibida por la física, los sensores MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems), dispositivos miniaturizados capaces de capturar magnitudes físicas fundamentales como aceleración, presión sonora, velocidad, campo magnético e iluminación. Estos sensores no solo permiten que tu teléfono detecte la orientación de la pantalla o la intensidad del sonido ambiental, sino que también abren posibilidades para aplicaciones científicas, educativas y de desarrollo tecnológico.

Este libro nace con la intención de guiarte desde la base teórica hasta la aplicación práctica en software y proyectos reales, combinando teoría, experimentación y análisis de datos. Aquí encontrarás explicaciones sobre cómo funcionan, cómo interpretar correctamente las magnitudes que se miden y cómo integrarlos en aplicaciones móviles. Además, se incluyen procedimientos experimentales para que puedas aplicarlos en un salón de clases o en tu laboratorio, fomentando un aprendizaje activo basado en prueba y error, reflexión y ajuste constante, tal como se realiza en la investigación científica.

Nota. Toda la base teórica para desarrollar el software que se ha diseñado se encuentra desde la pagina 4 hasta la 23 y la aplicación resultante en (<https://queonda.code.blog>).

Objetivos de la propuesta

- Conceptual: Comprender los principios de ingeniería de los sensores MEMS que pueden ser aplicados en experimentos de Física Clásica.
- Procedimental: Diseñar la estructura teórica y los códigos base que permitan manipular los sensores MEMS para recopilar datos físicos de manera confiable.
- Actitudinal: Promover la curiosidad, creatividad y pensamiento crítico en los estudiantes para aplicar conceptos de ingeniería en experimentación física.

INDICE

1.	Contexto	83
2.	Documentación.....	86
2.1.	Integración del sensor de Audio.....	86
2.1.1.	Definición de Amplitud de Audio	87
2.1.2.	Relación con la Presión Sonora	88
2.1.3.	Digitalización y Valor de Amplitud	89
2.1.4.	Conversión de Amplitud a Nivel en Decibelios.....	90
2.1.5.	Funcionamiento Interno de la Aplicación	91
2.2.	Integración del sensor de Velocidad	93
2.2.1.	Definición de Velocidad.....	93
2.2.2.	Relación con el Desplazamiento Real.....	94
2.2.3.	Digitalización y Valor de Velocidad.....	94
2.2.4.	Conversión y Unidades.....	95
2.2.5.	Implementación en la Aplicación	96
2.2.6.	Funcionamiento Interno de la Aplicación	96
2.3.	Integración del Sensor de Magnetismo.....	97
2.3.1.	Definición de Intensidad de Campo Magnético	97
2.3.2.	Relación con el Campo Magnético Terrestre.....	99
2.3.3.	Digitalización y Valor del Magnetómetro	99
2.3.4.	Conversión y Unidades.....	99
2.3.5.	Implementación en la Aplicación	100
2.3.6.	Funcionamiento Interno de la Aplicación	100
2.4.	Integración del sensor de Luz.....	101
2.4.1.	Definición de Iluminancia de Luz	101
2.4.2.	Relación con la Iluminación Ambiental	103
2.4.3.	Digitalización y Valor del Sensor de Luz	104
2.4.4.	Conversión y Escalas de Iluminancia	104

2.4.5.	Precisión Matemática vs. Precisión Física	104
2.4.6.	Implementación en la Aplicación	105
2.4.7.	Funcionamiento Interno de la Aplicación	105
2.5.	Experimentos	107
2.5.1.	Energía baja – Estático sobre superficie horizontal	107
2.5.2.	Energía media – Movimiento controlado horizontal	108
2.5.3.	Energía alta – Movimiento controlado vertical	109
2.5.4.	Energía media – Estático vertical	111
2.5.5.	Energía baja – Movimiento controlado horizontal.....	112
2.5.6.	Energía cinética baja – Movimiento libre sobre carrito	113
2.5.7.	Energía cinética media – Movimiento controlado sobre carrito.....	114
2.5.8.	Energía cinética alta – Caída libre de carrito	115
2.5.9.	Energía potencial media – Caída controlada desde altura	116
2.5.10.	Energía potencial alta – Caída libre desde altura mayor	117
2.5.11.	Energía cinética + potencial baja – Rampa ligera.....	117
2.5.12.	Energía cinética + potencial alta – Rampa pronunciada	118
2.5.13.	Magnetómetro – Efecto Oersted – Distancia cercana	119
2.5.14.	Magnetómetro – Efecto Oersted – Distancia lejana	120
2.5.15.	Magnetómetro – Efecto Oersted – Distancia cercana	121
2.5.16.	Magnetómetro – Efecto Biot-Savart – Distancia lejana	122
2.5.17.	Magnetómetro – Efecto Biot-Savart – Distancia cercana	123
2.5.18.	Magnetómetro – Efecto Biot-Savart – Distancia lejana	123
2.5.19.	Magnetómetro – Efecto Ampere – Distancia cercana	124
2.5.20.	Magnetómetro – Efecto Ampere – Distancia lejana	125
2.5.21.	Magnetómetro – Efecto Ampere – Distancia cercana	126
2.5.22.	Magnetómetro – Bobina móvil – Imán débil – Horizontal.....	126
2.5.23.	Magnetómetro – Bobina móvil – Imán débil – Vertical	127
2.5.24.	Magnetómetro – Bobina móvil – Imán fuerte – Horizontal.....	128

2.5.25.	Magnetómetro – Imán en movimiento – Horizontal	129
2.5.26.	Magnetómetro – Imán en movimiento – Vertical	130
2.5.27.	Magnetómetro – Imán en movimiento – Horizontal	131
2.5.28.	Magnetómetro – Conductor recto – Vertical – Sin núcleo	132
2.5.29.	Magnetómetro – Conductor recto – Con núcleo metálico	133
2.5.30.	Magnetómetro – Conductor circular – Sin núcleo	134
2.5.31.	Magnetómetro – Conductor circular – Con núcleo metálico	134
2.5.32.	Magnetómetro – Conductor circular – Vertical – Sin núcleo	135
2.5.33.	Sensor de RF / magnetómetro – Onda electromagnética	136
2.5.34.	Sensor de RF / magnetómetro – Onda electromagnética	137
2.5.35.	Sensor de RF / magnetómetro – Onda electromagnética	138
2.5.36.	Sensor de RF – Ondas de radio – Baja frecuencia	138
2.5.37.	Sensor de RF – Ondas de radio – Media frecuencia	139
2.5.38.	Sensor de RF – Microondas (simulación) – Alta frecuencia	140
2.5.39.	Sensor de luz – Reflexión – Intensidad baja	141
2.5.40.	Sensor de luz – Reflexión – Intensidad media	142
2.5.41.	Sensor de luz – Refracción – Intensidad alta	143
2.5.42.	Sensor de luz – Refracción – Intensidad media	144
2.5.43.	Sensor de luz – Difracción – Intensidad baja	145
2.5.44.	Sensor de luz – Difracción – Intensidad alta	145
2.5.45.	Sensor de luz – Reflexión – Luz roja	146
2.5.46.	Sensor de luz – Reflexión – Luz verde	147
2.5.47.	Sensor de luz – Refracción – Luz azul	148
2.5.48.	Sensor de luz – Refracción – Luz roja	149
2.5.49.	Sensor de luz – Difracción – Luz verde	150
2.5.50.	Sensor de luz – Difracción – Luz azul	150
2.5.51.	Ondas mecánicas – Cuerda – Amplitud baja	151
2.5.52.	Ondas mecánicas – Cuerda – Amplitud media	153

2.5.53.	Ondas sonoras – Aire – Amplitud baja.....	154
2.5.54.	Ondas sonoras – Aire – Amplitud alta	155
2.5.55.	Oscilaciones de resorte – Resorte – Amplitud media	156
2.5.56.	Oscilaciones de resorte – Resorte – Amplitud alta	157
2.5.57.	Traslación – Bloque uniforme – Inclinação baja.....	158
2.5.58.	Traslación – Bloque desigual – Inclinação media	159
2.5.59.	Rotación – Cilindro uniforme – Inclinação alta	160
2.5.60.	Rotación – Objeto irregular – Inclinação media	161
2.5.61.	Combinado – Objeto uniforme – Inclinação baja	162
2.5.62.	Combinado – Objeto irregular – Inclinação alta	163
2.5.63.	Caída libre – Objeto ligero – Altura baja	164
2.5.64.	Caída libre – Objeto pesado – Altura alta	166
2.5.65.	Plano inclinado – Objeto de masa media – Altura baja	167
2.5.66.	Plano inclinado – Objeto pesado – Altura alta.....	168
2.5.67.	Movimiento orbital simulado – Objeto ligero – Altura baja	169
2.5.68.	Movimiento orbital simulado – Objeto de masa media	170
3.	Conclusiones	171
4.	Recomendaciones.....	174
5.	Referencias	175
6.	Anexos	189

11.8. Contexto

Los Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS) representan un avance tecnológico fundamental en la forma en que los dispositivos modernos interactúan con el mundo físico (Som, 2025). Estos sistemas, combinan componentes mecánicos y electrónicos en un único chip tan pequeño pero que permite medir con precisión diversas magnitudes físicas y convertirlas en señales digitales interpretables por un procesador. A diferencia de los sensores tradicionales, que pueden ser voluminosos y con altos consumos de energía, los MEMS se distinguen por su miniaturización, eficiencia energética y rapidez de respuesta. En consecuencia, resultan particularmente adecuados para dispositivos móviles, wearables y aplicaciones de Internet de las Cosas (IoT).

Así, el origen de esto se remonta a las décadas de 1980 y 1990, cuando los avances en la tecnología de semiconductores y litografía permitieron fabricar estructuras mecánicas a escalas micrométricas directamente sobre obleas de silicio (Universidad Nacional Autónoma de México, 2016). Luego, estas estructuras se desarrollaban para aplicaciones industriales y automotrices, como sensores de presión, acelerómetros de airbags y sistemas de detección de vibraciones. Finalmente, la reducción de costos de fabricación y la mejora en la integración de sistemas electrónicos permitieron que los MEMS llegaran al sector de consumo masivo, especialmente con la expansión de teléfonos inteligentes y dispositivos portátiles.

La relevancia de los MEMS radica en su capacidad de capturar fenómenos físicos de manera directa y rápida, transformándolos en señales eléctricas que pueden ser procesadas y analizadas. Sin embargo, si expones el dispositivo a condiciones extremas podrías comprometer su integridad, en dicho caso, proponemos 4 magnitudes:

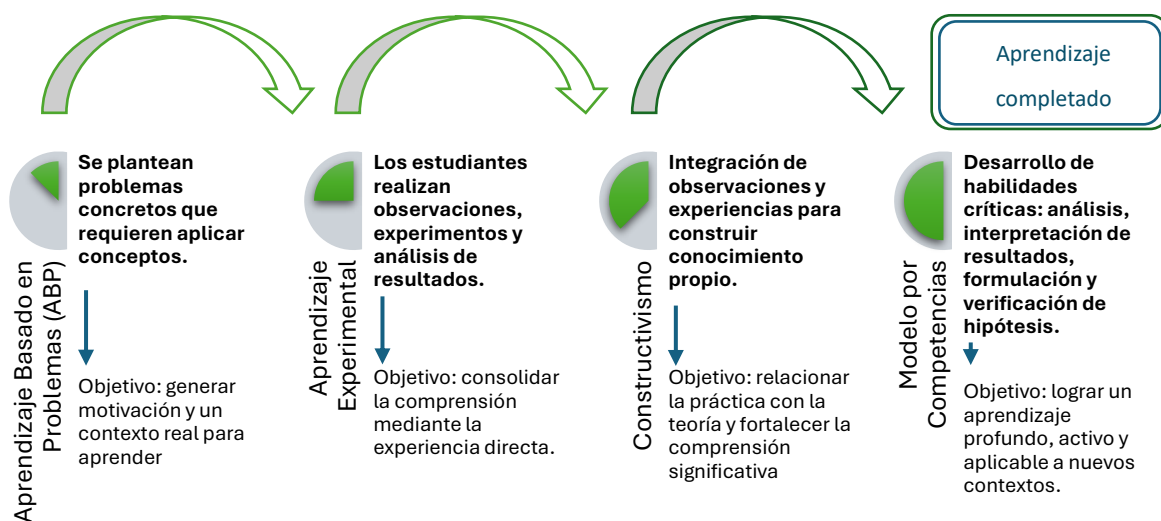
- Aceleración y movimiento: mediante acelerómetros MEMS, es posible medir la variación de velocidad de un objeto en una o varias direcciones, piénsalo así, tienes acceso al GPS, por lo tanto, puedes conocer el punto A y el punto B y por ende la distancia de estos dos puntos, luego puedes medir el tiempo que tardaste en llegar con el reloj del dispositivo, a lo que obtienes (d/t)

- Presión sonora y amplitud de audio: los micrófonos MEMS convierten las variaciones de presión del aire en señales eléctricas, permitiendo grabación de audio, reconocimiento de voz y aplicaciones de monitoreo ambiental de ruido y dependiendo de cómo lo trabajes puedes detectar desde la potencia del ruido hasta el valor de esas ondas sonoras.
- Campo magnético: los magnetómetros MEMS detectan la intensidad y dirección de los campos magnéticos, tanto terrestres como artificiales. Esto habilita aplicaciones de brújula digital, orientación espacial y detección de objetos metálicos o perturbaciones magnéticas en entornos industriales, sin embargo trata de no usarlo mucho o por lo menos no con imanes fuertes, ya que hasta este momento desconocemos si hay riesgo de comprometer el parlante.
- Luz ambiental: mediante sensores de iluminación (Ambient Light Sensors), los MEMS pueden medir la intensidad de luz en lux, permitiendo ajustar automáticamente el brillo de pantallas, optimizar condiciones de lectura o registrar variaciones de luz ambiental para aplicaciones científicas o de domótica, dependiendo de cómo lo trabajes podrás medir cambios abruptos entre la luz o mediciones concretas, consideramos necesario contarte que gracias a esa función se inventó un “guante para automatizar la selección de hojas en la industria del tabaco” (UNAN-Managua, 2024 párr.2).

La integración de múltiples sensores en un solo chip, conocida como sistema multi-MEMS (Rüstem y otros, 2022), permite la captura simultánea de varias magnitudes físicas, lo que facilita aplicaciones complejas. Además, los MEMS tienen un impacto importante en el ámbito de la investigación y la educación. Por esta razón, su disponibilidad en dispositivos móviles permite que estudiantes y profesionales puedan realizar experimentos de física aplicada, monitorear variables ambientales o estudiar fenómenos físicos de manera directa y práctica.

De igual manera, se parte del interés por integrar herramientas tecnológicas en el aprendizaje de la física para fortalecer la comprensión práctica de los conceptos teóricos.

Igualmente, esta integración busca reducir la brecha entre el conocimiento y la aplicación real en contextos educativos. Por consiguiente, se pretende fomentar un aprendizaje donde se despierte el interés del estudiantado por la ciencia aplicado en los enfoques filosóficos de la educación:



11.9. Documentación

Para empezar, presentamos una forma estructurada y basada en teoría junto con el pseudocódigo que servirá como base para comprender los sensores MEMS y su funcionamiento. Asimismo, esta información integra conceptos fundamentales de física, matemáticas aplicadas y electrónica, junto con resultados obtenidos mediante pruebas y errores en dispositivos móviles y entornos controlados.

Imagina esto:

Estás en realizando una investigación de física y decides poner datos numéricos pero de revisión científica porque no tienes instrumentos para medir. ¿Cuál sería la solución? Simple, usar este software para hacer tus propias mediciones. Con esto lograrías vivir de manera más consciente la experimentación, crear artículos científicos más novedosos y si eres docente, crear una clase más interactiva

La metodología presentada combina referencias teóricas con observaciones experimentales, ofreciendo un marco de trabajo que facilita la aplicación práctica de los MEMS. A partir de ello, se podrá ajustar y calibrar sensores, entender los límites de precisión de cada medición y diseñar algoritmos que interpreten correctamente los datos generados por acelerómetros, micrófonos, magnetómetros, sensores de luz y GPS. En consecuencia, esta combinación de teoría y práctica convierte la información en un recurso útil para desarrolladores, estudiantes e investigadores que buscan integrar sensores MEMS en proyectos de software con confiabilidad y exactitud.

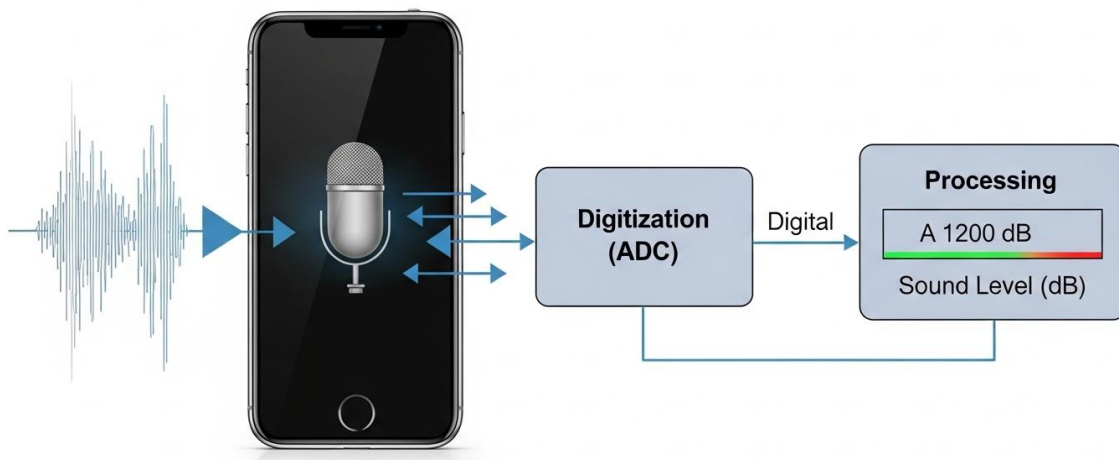
11.10. Integración del sensor de Audio

La medición de audio con instrumentos digitales involucra aspectos de la Física, la electrónica y el procesamiento digital de señales (SVANTEK, 2025). Las aplicaciones móviles que capturan y procesan señales de audio deben lidiar con la conversión de señales analógicas (la onda sonora) a representaciones digitales. En este contexto, uno de los

parámetros más importantes es la amplitud de la señal, la cual está relacionada con la intensidad o el nivel del sonido percibido, lo que se explicará a continuación.

Figura 15.

Digitalización ADC



En este caso, se utiliza la API de grabación de audio de Android para obtener una medida cuantitativa de la amplitud de la señal de audio que se captura por el micrófono del dispositivo. A partir de esta medida, se calcula un nivel en decibelios (dB) que pretende reflejar la intensidad sonora. No obstante, es crucial comprender que el valor medido inicialmente la amplitud digitalizada no es, en sí mismo, el nivel de presión sonora (SPL, por sus siglas en inglés), sino que se trata de un valor relativo proporcional al voltaje generado por el sensor. La conversión a decibelios se realiza mediante una fórmula logarítmica, la cual es matemáticamente exacta, aunque su precisión final depende de la calibración del sistema.

11.10.1. Definición de Amplitud de Audio

La amplitud de una señal de audio es una medida que cuantifica la intensidad o fuerza del sonido en un momento dado. Desde el punto de vista matemático, una señal de audio se puede representar como una función $s(t)$, donde t es el tiempo. La amplitud se define como el valor máximo absoluto de $s(t)$ en un intervalo de tiempo determinado. Esto se expresa formalmente como:

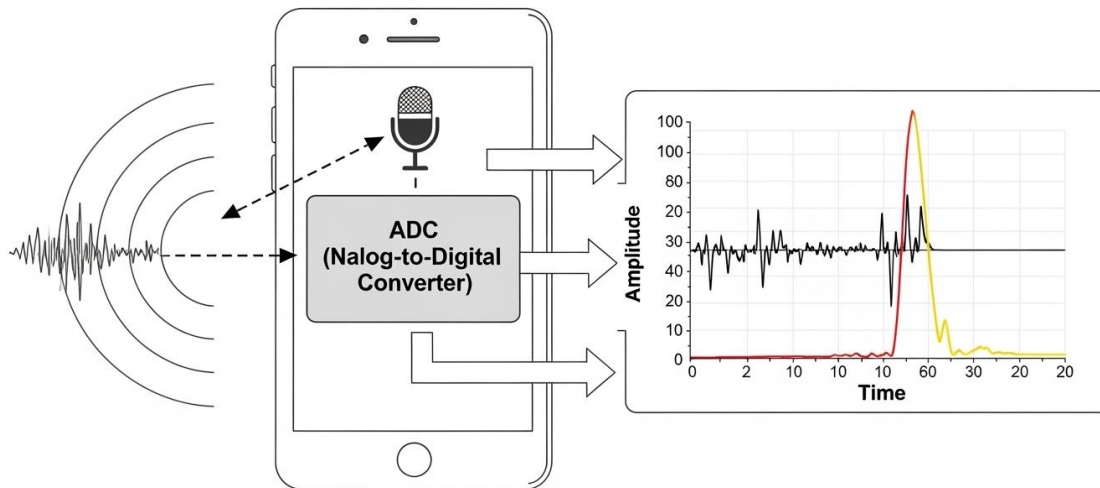
$$A(t) = \max(|s(t)|) \quad (25)$$

Donde:

- $s(t)$: Señal de audio en función del tiempo (esencialmente los datos que recibimos del micrófono en formato digital).
- $|s(t)|$: representa el valor absoluto de la señal, lo cual es fundamental para capturar la magnitud de la variación sin importar la polaridad (positivo o negativo) de la señal.

Figura 16.

Convertidor analógico



Esta medida, $A(t)$, indica cuánto se desplaza la onda sonora desde su posición de equilibrio, lo que se interpreta en términos de cuán “fuerte” o “débil” es el sonido percibido.

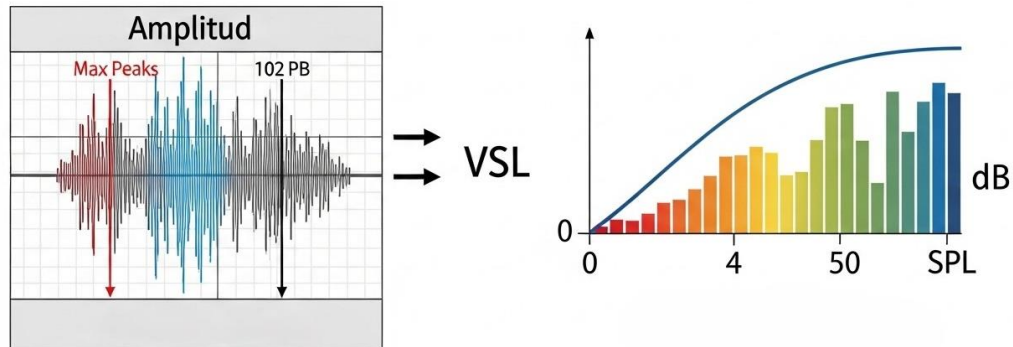
11.10.2. Relación con la Presión Sonora

Desde el punto de vista físico, la amplitud de la onda sonora está directamente relacionada con la presión sonora. La presión sonora se define como la variación de presión en el medio (usualmente el aire) provocada por la propagación de la onda. En condiciones ambientales, el sonido se produce cuando una fuente genera perturbaciones en la presión

atmosférica. Estas perturbaciones se manifiestan como compresiones y rarefacciones del aire. El valor de la amplitud en este contexto es proporcional a la magnitud de la variación de presión.

Figura 17.

Amplitud y presión sonora



Mientras que la amplitud de la señal de audio representa una medida abstracta que en un sistema digital se expresa como un valor numérico la presión sonora es una magnitud Física medida en pascales (Pa). El nivel de presión sonora (SPL) se expresa en decibelios (dB) y es una transformación logarítmica de la relación entre la presión medida y una presión de referencia.

11.10.3. Digitalización y Valor de Amplitud

En dispositivos digitales, como teléfonos móviles, el micrófono no proporciona directamente la presión en unidades Físicas como pascales. En su lugar, convierte la variación de presión en una señal eléctrica, normalmente un voltaje, que posteriormente es digitalizado mediante un convertidor analógico-digital (ADC). El valor resultante es un número entero que representa la magnitud de la señal en ese instante.

Este valor digitalizado es el que se obtiene, por ejemplo, a través del método `getMaxAmplitude()` del objeto `MediaRecorder` en Android. Este método devuelve un entero que varía en un rango definido (típicamente entre 0 y 32767, dependiendo del sistema), y que es proporcional al voltaje generado por el micrófono en respuesta a la presión sonora.

Sin embargo, es importante destacar que este valor es relativo y no proporciona una medida absoluta de la presión sonora. Por lo tanto, es un valor de amplitud que requiere calibración para ser interpretado en términos absolutos (como decibelios SPL).

11.10.4. Conversión de Amplitud a Nivel en Decibelios

La conversión de la amplitud digitalizada a un nivel en decibelios se basa en la utilización de una fórmula logarítmica. En acústica, la relación entre la amplitud (o presión sonora) y el nivel en decibelios se define mediante la siguiente ecuación:

$$L = 20 * \log_{10} \left(\frac{A}{A_{ref}} \right) \quad (26)$$

Donde:

- L es el nivel de presión sonora en decibelios (dB).
- A es la amplitud medida.
- A_{ref} es la amplitud de referencia. En términos de presión sonora, para el aire, se utiliza un valor de $20 \mu\text{Pa}$ (el umbral de audición humano). En el contexto de una señal digital, este valor de referencia se debe establecer mediante calibración. En este caso, el micrófono mide la amplitud digitalizada y el código capturará esos valores.

La naturaleza logarítmica de la conversión es fundamental porque el oído humano percibe el sonido de forma logarítmica. Esto significa que una variación lineal en la amplitud no se traduce en una variación lineal en la percepción del volumen; por ello, la escala en decibelios es mucho más representativa de la experiencia auditiva.

Es relevante destacar que la fórmula $20 * \log_{10} \left(\frac{A}{A_{ref}} \right)$ es matemáticamente exacta. Esto implica que, para un conjunto dado de valores A y A_{ref} , el resultado en decibelios se calculará de manera precisa según la teoría matemática. Sin embargo, la exactitud Física de la medición depende de la calibración del sistema.

En un entorno de laboratorio, donde se dispone de un calibrador acústico y de micrófonos de alta precisión, se puede determinar A_{ref} con gran exactitud, y así obtener mediciones precisas de SPL. En cambio, en un teléfono móvil, el valor obtenido de *getMaxAmplitude()* es una lectura digital sin una calibración absoluta, lo que significa que el valor en decibelios calculado es relativo a la sensibilidad y respuesta específica del sensor del dispositivo.

En el código de la aplicación, se realiza la conversión de la amplitud a decibelios mediante la siguiente operación:

```
Double decibels = (amplitude > 0) ? 20 * Math.log10((double) amplitude / A_REF) : 0;
```

Aquí, se establece que si la amplitud es mayor que cero, se aplica la fórmula logarítmica. En el caso de que la amplitud sea cero, se asigna un valor de 0 dB para evitar problemas matemáticos derivados del cálculo del logaritmo de cero. Este método garantiza que, a medida que se obtiene la lectura de la señal, se convierta en una representación logarítmica que refleje de forma aproximada el nivel de presión sonora.

11.10.5. Funcionamiento Interno de la Aplicación

La aplicación utiliza la clase *MediaRecorder* de Android para capturar la señal de audio. Este proceso implica varios pasos clave:

1. Selección de la Fuente de Audio: Se establece el micrófono del dispositivo como fuente de entrada mediante la llamada a *setAudioSource(MediaRecorder.AudioSource.MIC)*. Esto indica que el dispositivo utilizará su micrófono integrado para captar el sonido.
2. Configuración del Formato de Salida y Codificador: Se selecciona un formato de salida, en este caso, MPEG-4, y un codificador de audio, como AAC. Esto se realiza con las llamadas a *setOutputFormat(MediaRecorder.OutputFormat.MPEG_4)* y *setAudioEncoder(MediaRecorder.AudioEncoder.AAC)*. Aunque en este contexto la grabación no se utiliza para almacenar datos en un archivo permanente (se utiliza un archivo temporal), es esencial para inicializar el sistema de grabación.

3. Especificación del Archivo de Salida: Se define un archivo de salida en el directorio de caché del dispositivo. Aunque la grabación no se guarda para un análisis posterior, la especificación de un archivo de salida es necesaria para que el *MediaRecorder* funcione correctamente.
4. Preparación e Inicio de la Grabación: Tras configurar todos los parámetros, se invoca el método *prepare()* para inicializar el grabador y, posteriormente, *start()* para comenzar la captura de la señal. En este momento, el micrófono empieza a convertir la presión sonora en una señal eléctrica, la cual es digitalizada y se refleja en las llamadas subsiguientes a *getMaxAmplitude()*.

La función *updateAmplitude()* se encarga de obtener la amplitud máxima de la señal de audio a intervalos regulares. Esto se implementa utilizando un Handler que ejecuta un *Runnable* cada 100 milisegundos. Durante cada iteración:

- Se llama a *mediaRecorder.getMaxAmplitude()* para obtener el valor máximo de la señal capturada desde la última medición.
- Este valor se utiliza para calcular el nivel en decibelios, siempre y cuando se haya realizado una calibración previa o se tenga un valor de referencia establecido.

Este mecanismo de medición periódica permite a la aplicación proporcionar una actualización casi en tiempo real del nivel de intensidad sonora, lo que es fundamental en aplicaciones de monitoreo de sonido o análisis de ruido ambiental.

Uno de los desafíos en la medición de audio es la variabilidad inherente al sensor y al ambiente. Para abordar este problema, se implementa una fase de calibración automática en la que, durante un período inicial (por ejemplo, 3 segundos), se recogen múltiples muestras de la amplitud de la señal. Durante esta fase:

- Se acumulan las lecturas de amplitud en una variable acumuladora.
- Se lleva un conteo de cuántas lecturas se han obtenido.

- Al finalizar el período de calibración, se calcula el promedio de las lecturas, que se utiliza como valor de referencia A_{ref} .

Esta técnica asume que durante el período de calibración el ambiente presenta un nivel de ruido que puede considerarse como la línea base. Con este valor de referencia, las mediciones posteriores se normalizan para obtener un cálculo de decibelios que es relativo al ambiente en el que se encuentra el dispositivo.

El código implementa esta calibración de manera sencilla, lo que, aunque no garantiza una precisión de laboratorio, mejora significativamente la utilidad de las mediciones en aplicaciones prácticas, donde la comparación relativa de niveles de sonido es más relevante que obtener un valor absoluto exacto.

11.11. Integración del sensor de Velocidad

La medición de la velocidad en dispositivos móviles es un campo que combina principios de la Física, sistemas de posicionamiento satelital (GPS) y procesamiento digital de datos. A diferencia de otros sensores del teléfono, la velocidad no se obtiene directamente de un acelerómetro o giroscopio, sino de los cálculos realizados a partir de señales de satélites GPS. En Android, la API de ubicación provee acceso a un objeto *Location* que incluye la magnitud de la velocidad en metros por segundo. Esta medida refleja el desplazamiento real del dispositivo en relación al tiempo, y es lo más cercano a la velocidad indicada en velocímetros de vehículos.

11.11.1. Definición de Velocidad

La velocidad se define como la derivada de la posición con respecto al tiempo. Matemáticamente, si una partícula ocupa una posición $r(t)$ en el espacio en función del tiempo, su velocidad instantánea se representa como:

$$v(t) \frac{dr(t)}{dt} \quad (27)$$

En el contexto de un teléfono móvil:

$r(t)$: posición geográfica del dispositivo en función del tiempo (latitud y longitud provistas por el GPS).

$v(t)$: la magnitud del cambio de posición por unidad de tiempo, expresada en m/s.

El sistema operativo Android, a través del GPS, ya realiza este cálculo y entrega la velocidad instantánea como un valor numérico accesible mediante `location.getSpeed()`.

11.11.2. Relación con el Desplazamiento Real

La velocidad reportada por el GPS está directamente vinculada al desplazamiento físico del dispositivo. A diferencia de una estimación basada en sensores inerciales (acelerómetros), la velocidad GPS no se ve afectada por ruidos acumulativos o desviaciones en la integración de datos.

En un vehículo, esta velocidad se puede comparar directamente con la del velocímetro.

Sin embargo, es común que el velocímetro marque un valor ligeramente mayor que el real (entre 3% y 10%) debido a regulaciones legales.

Esto significa que, en condiciones normales de señal, la velocidad mostrada por el dispositivo móvil puede ser incluso más precisa que la del velocímetro del vehículo.

11.11.3. Digitalización y Valor de Velocidad

El GPS mide el tiempo que tarda la señal en llegar desde varios satélites hasta el dispositivo. A partir de esas diferencias de tiempo, se calcula la posición y, derivando esta posición en intervalos cortos de tiempo, se obtiene la velocidad.

El objeto `Location` contiene un valor de velocidad en m/s (ya digitalizado y filtrado por el sistema).

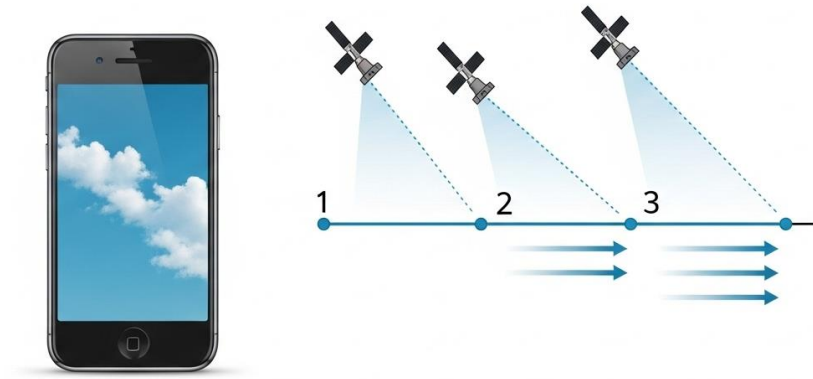
Para mostrarlo al usuario de forma práctica, se convierte:

- a km/h multiplicando por 3.6

- a mph multiplicando por 2.236

Figura 18.

Localización por satélites



Nota. Elaborada por los autores.

Este valor digitalizado ya es una medida absoluta, pues proviene de referencias satelitales, no relativas como ocurre en sensores de audio.

11.11.4. Conversión y Unidades

La conversión a diferentes unidades de velocidad es directa y lineal. Si v es la velocidad en m/s, entonces:

Fórmula 28. Adaptación de valores de velocidad

$$v_{km/h} = v * 3.6$$

$$v_{mph} = v * 2.236$$

A diferencia del caso del audio, aquí no se requiere una transformación logarítmica, ya que la velocidad es percibida y utilizada de forma lineal en la práctica.

La velocidad calculada mediante GPS es matemáticamente consistente porque deriva de cálculos satelitales exactos. Sin embargo, su precisión práctica depende de:

La calidad de la señal GPS (interferencias, túneles, edificios altos).

La frecuencia de actualización configurada en la aplicación (1 segundo en este caso).

El filtrado aplicado para reducir fluctuaciones instantáneas.

Para mejorar la estabilidad:

Se implementa una media móvil sobre las últimas N muestras (*WINDOW_SIZE = 5*) para suavizar la velocidad mostrada.

Se descartan lecturas erráticas si el salto entre la última lectura y la nueva supera *MAX_JUMP = 15 m/s*.

En entornos abiertos, la velocidad GPS suele tener un error menor a ± 0.5 km/h, suficiente para aplicaciones de navegación o comparación con velocímetros.

11.11.5. Implementación en la Aplicación

El sistema Android proporciona este valor mediante sus APIs de ubicación. El flujo típico es:

Solicitar permisos de ubicación fina (*ACCESS_FINE_LOCATION*).

Configurar actualizaciones periódicas de posición a través de *LocationManager* o *FusedLocationProviderClient*.

Acceder al valor con *location.getSpeed()*.

Convertir el valor a la unidad deseada antes de mostrarlo.

11.11.6. Funcionamiento Interno de la Aplicación

El teléfono móvil se comunica con múltiples satélites para calcular su posición y velocidad. Internamente:

Se determina el tiempo de llegada de las señales satelitales.

Se calcula la posición absoluta del dispositivo.

El sistema deriva esta posición en intervalos de tiempo cortos para obtener la velocidad.

La aplicación actualiza la velocidad cada segundo (intervalo configurado en *LocationRequest*). Cada lectura corresponde a la velocidad instantánea del dispositivo.

Aunque el GPS provee un valor absoluto, puede haber pequeños saltos en entornos urbanos o de baja cobertura. Para suavizar y garantizar estabilidad:

Se implementa media móvil con un buffer de *WINDOW_SIZE* muestras.

Se descartan lecturas erráticas si la variación con respecto a la última lectura supera *MAX_JUMP*.

Se actualiza la interfaz mostrando tanto la velocidad filtrada como el valor raw, junto con la precisión y el proveedor del GPS.

11.12. Integración del Sensor de Magnetismo

La medición del campo magnético en dispositivos móviles es posible gracias al magnetómetro, un sensor electrónico integrado que detecta la intensidad y dirección de campos magnéticos. Su funcionamiento combina principios de la Física electromagnética, electrónica y procesamiento digital de señales. En Android, este sensor se expone mediante la clase *SensorManager*, que permite acceder a lecturas periódicas del campo magnético terrestre en tres ejes cartesianos (X, Y, Z).

El uso principal en aplicaciones móviles está asociado a la orientación (como brújulas digitales), la navegación y la detección de perturbaciones magnéticas en el entorno.

11.12.1. Definición de Intensidad de Campo Magnético

El campo magnético es una magnitud vectorial que describe la fuerza y dirección que ejerce un imán, una corriente eléctrica o el propio campo geomagnético terrestre sobre partículas cargadas en movimiento. Matemáticamente se representa como:

$$\vec{B}(t) = (B_x(t), B_y(t), B_z(t)) \quad (29)$$

Donde:

$\vec{B}(t)$ es el campo magnético en un instante de tiempo t . La flecha sobre la B indica que es un vector, con magnitud y dirección.

B_x, B_y, B_z son las componentes del campo magnético en microteslas (μT) medidas a lo largo de los tres ejes del dispositivo, cuanto del campo magnético apunta a las direcciones.

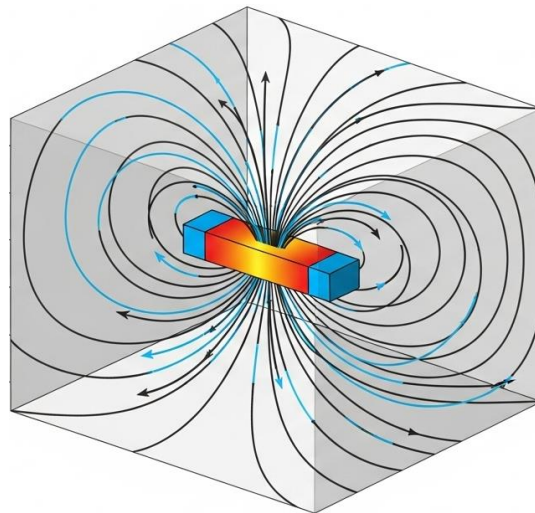
Estas componentes juntas permiten reconstruir el vector total del campo magnético. Si dibujas el vector en un espacio tridimensional, las componentes son básicamente las “sombras” del vector sobre cada eje.

La magnitud total del campo se calcula como:

$$|\vec{B}| = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2} \quad (30)$$

Figura 19.

Campo magnético



En Android, estos valores son entregados en un arreglo *float[3]*, donde cada posición corresponde a un eje.

11.12.2. Relación con el Campo Magnético Terrestre

El magnetómetro de un dispositivo móvil detecta principalmente el campo geomagnético terrestre, cuya magnitud típica oscila entre 25 μT y 65 μT dependiendo de la ubicación geográfica.

Si el dispositivo se encuentra en un lugar sin perturbaciones externas, la lectura debería reflejar este rango.

La orientación del teléfono respecto a este campo es lo que permite calcular el norte magnético, base de la brújula digital.

La presencia de imanes o corrientes cercanas altera las lecturas, lo que también habilita aplicaciones de detección de metales o perturbaciones magnéticas.

11.12.3. Digitalización y Valor del Magnetómetro

El magnetómetro del móvil convierte la intensidad del campo magnético en una señal eléctrica proporcional, que luego es digitalizada mediante un ADC (convertidor analógico–digital).

En Android:

Los valores digitalizados se obtienen con `Sensor.TYPE_MAGNETIC_FIELD`.

El sistema entrega directamente el campo en microteslas (μT), por lo que no se requieren conversiones de unidades adicionales.

El vector completo (B_x, B_y, B_z) permite conocer tanto la magnitud como la dirección del campo.

11.12.4. Conversión y Unidades

La unidad del Sistema Internacional para el campo magnético es el tesla (T), aunque en la práctica las medidas se expresan en microteslas (μT):

$$1T = 10^6\mu T \quad (31)$$

Dado que el campo terrestre se encuentra en el orden de decenas de μT , esta es la escala utilizada en aplicaciones móviles.

Las lecturas del magnetómetro son matemáticamente precisas en términos de conversión digital. Sin embargo, su precisión Física depende de:

- Interferencias externas: objetos metálicos, campos electromagnéticos artificiales.
- Calibración del sensor: la brújula digital requiere movimientos específicos (figura en forma de 8) para eliminar sesgos internos.
- Ruido electrónico: fluctuaciones propias del hardware del teléfono.
- En condiciones ideales, un magnetómetro de smartphone tiene un error de ± 1 a $\pm 3 \mu T$.

11.12.5. Implementación en la Aplicación

El acceso a este sensor en Android se realiza mediante:

- Obtención del *SensorManager*.
- Registro de un *SensorEventListener* para *Sensor.TYPE_MAGNETIC_FIELD*.
- Procesamiento de los valores de los tres ejes (x, y, z).
- Cálculo de la magnitud o utilización directa de los vectores para orientación.

11.12.6. Funcionamiento Interno de la Aplicación

El magnetómetro detecta variaciones en el campo magnético utilizando materiales sensibles (ejemplo: sensores de efecto Hall). Estas variaciones se traducen en voltajes que el sistema digitaliza y entrega en μT .

El sistema Android proporciona eventos cada vez que el sensor registra un cambio significativo. La aplicación puede recibir lecturas en intervalos de milisegundos, lo que permite monitorear variaciones rápidas del campo.

Dado que el sensor es sensible a la inclinación y a la presencia de materiales ferromagnéticos, la calibración es esencial. Normalmente se implementa de dos formas:

- Manual: el usuario realiza movimientos en forma de 8 para reajustar el sensor.
- Automática: la aplicación toma múltiples lecturas y aplica compensaciones matemáticas mediante matrices de rotación y algoritmos de filtro (ejemplo: filtro de Kalman).

11.13. Integración del sensor de Luz

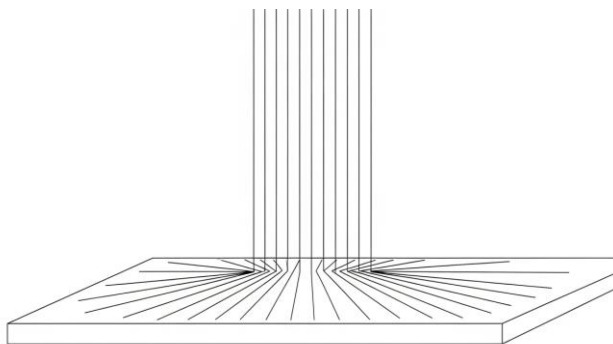
La medición de luz ambiental en dispositivos móviles combina principios de óptica, optoelectrónica y procesamiento digital. En Android, el sensor de luz (ALS, Ambient Light Sensor) provee una estimación de iluminancia en lux (lx), que es la magnitud estándar para describir cuánta luz incide sobre una superficie. Esta medida se usa para adaptar brillo de pantalla, domótica, registro ambiental y otras aplicaciones. A diferencia del audio (que parte de ondas de presión) o la velocidad (derivada del GPS), el ALS ya entrega una magnitud Física directa en unidades absolutas (lux), aunque su exactitud depende del hardware y de la calibración del fabricante ya que aplican correcciones o escalas internas, porque el sensor no siempre es perfectamente lineal ni perfectamente calibrado.

11.13.1. Definición de Iluminancia de Luz

La iluminancia es la cantidad de flujo luminoso que incide por unidad de área.

Figura 20.

Espacio de iluminancia



Matemáticamente se define como:

Fórmula 32. Definición de iluminancia:

$$E(t) = \frac{\Phi(t)}{A} |lux| = \frac{lumen}{m^2}$$

Donde:

$\Phi(t)$: flujo luminoso incidente (lúmenes).

A: área sobre la cual incide la luz.

Cómo lo hace el sensor físicamente:

- El sensor ALS (Ambient Light Sensor) es típicamente un fotodiodo o un fototransistor que genera una corriente eléctrica proporcional a la cantidad de luz que recibe. En consecuencia, sigue funcionando como un fotodiodo normal, solo que está empaquetado dentro de un chip que contiene otros sensores MEM
- Esa corriente se mide y se convierte en flujo luminoso Φ usando la sensibilidad del sensor, que ya está calibrada de fábrica.
- Finalmente, el teléfono divide ese flujo luminoso por el área del sensor A
- A para calcular la iluminancia E en lux.

En un teléfono, el sensor mide una aproximación de $E(t)$ en el entorno inmediato del dispositivo. El valor reportado representa “qué tan iluminado” está el lugar donde se encuentra el sensor, independientemente del color de la luz (con límites por la respuesta espectral del sensor).

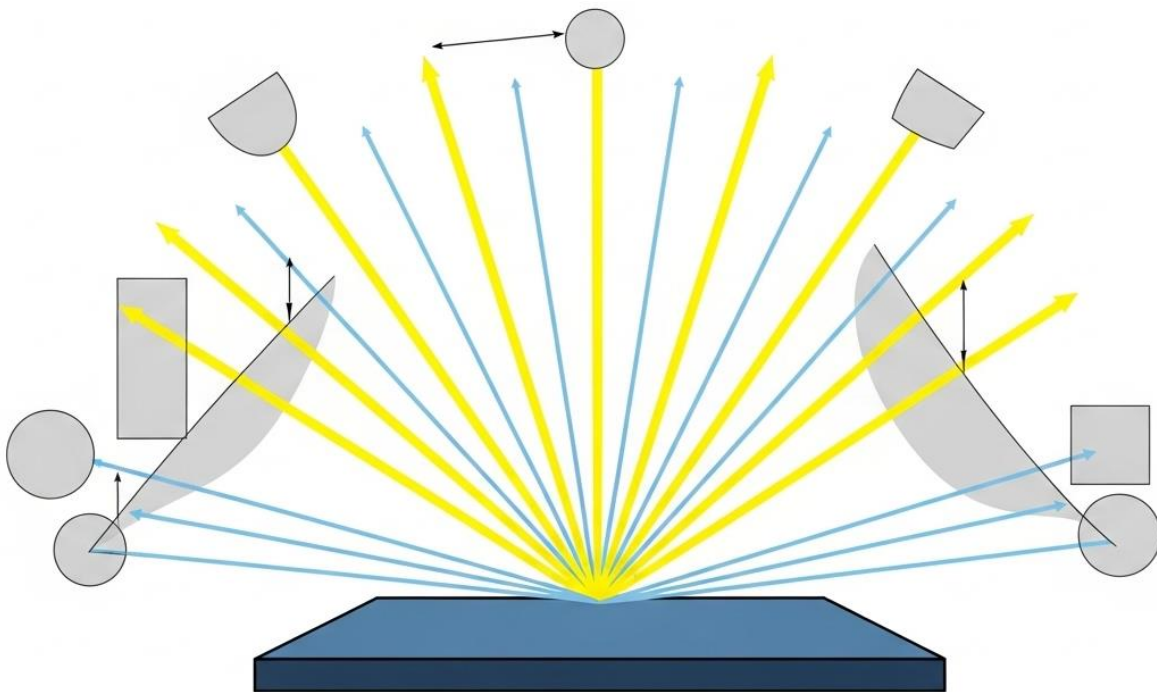
11.13.2. *Relación con la Iluminación Ambiental*

La iluminancia está directamente relacionada con la percepción de claridad del entorno:

- ~0 lx: oscuridad total.
- 50–150 lx: pasillos, iluminación tenue.
- 300–500 lx: oficina o aula bien iluminada.
- 1 000–10 000 lx: exterior con sombra/luz difusa.
- 50 000 lx: sol directo (puede superar 100 000 lx).

Figura 21.

Representación de la recepción de luz



El sensor del teléfono estima esta magnitud considerando su respuesta espectral (intenta emular al ojo humano $V(\lambda)$) y el ángulo de incidencia. Objetos que sombreen o reflejen luz cerca del sensor afectan la lectura.

11.13.3. Digitalización y Valor del Sensor de Luz

El ALS es típicamente un fotodiodo/fototransistor con filtros ópticos. Convierte la luz en corriente/voltaje, que se digitaliza mediante un ADC interno del chip y se entrega al sistema operativo como un valor en lux.

En Android, el evento del sensor (*Sensor.TYPE_LIGHT*) expone:

- *values[0]*: iluminancia estimada en lux.
- El sistema ya hace parte del mapeo eléctrico → lux; no se recibe un número arbitrario, sino una estimación calibrada por el fabricante.

11.13.4. Conversión y Escalas de Iluminancia

A diferencia del audio (que requiere conversión logarítmica a dB), en luz no hace falta transformar a otra escala para uso general: el lux es lineal y estándar.

Si se necesita normalizar o clasificar:

- Se definen umbrales (p. ej., “oscuro” < 50 lx, “interior típico” 100–500 lx, “exterior” > 1 000 lx).
- Para fotografía avanzada puede relacionarse con exposición, pero eso exige otras magnitudes (luminancia en cd/m², sensibilidad ISO, etc.). En aplicaciones de ambiente, lux basta.

11.13.5. Precisión Matemática vs. Precisión Física

La cadena eléctrica y digital es internamente consistente, pero la exactitud Física depende de:

Espectro de la fuente (LED cálido/frío, sol, fluorescente). El sensor aproxima la curva $V(\lambda)$, no la iguala.

Ángulo de incidencia y oclusión (carcasa, vidrio, mano del usuario).

Calibración de fábrica (offset/ganancia) y rango dinámico del sensor (muchos ALS trabajan aprox. 0–100 000 lx).

Ruido y fluctuaciones rápidas (flicker de iluminación artificial).

11.13.6. Implementación en la Aplicación

- Obtener el *SensorManager*.
- Solicitar el sensor *Sensor.TYPE_LIGHT*.
- Registrar un *SensorEventListener* con una tasa de muestreo acorde (NORMAL o GAME, según necesidad y batería).
- Leer *values[0]* (lux) en cada evento y suavizar si es necesario (media móvil o mediana) para evitar parpadeos.
- Aplicar umbrales o lógica de negocio (p. ej., cambiar tema UI, registrar series temporales, activar modos).

Nota: no se requiere permiso de runtime para *TYPE_LIGHT*. Administrar ciclo de vida: registrar en *onResume()* y desregistrar en *onPause()* para ahorrar batería.

11.13.7. Funcionamiento Interno de la Aplicación

- El fotodiodo genera una corriente proporcional a la iluminancia efectiva.
- Un circuito de acondicionamiento (TIA + ADC) convierte a digital.
- El driver traduce el conteo ADC a lux usando tablas/factores del fabricante (considerando filtros espectrales y ganancia). Android expone ese valor al framework.
- El sistema emite eventos cuando hay cambios o a una cadencia establecida.
- Es común recibir variaciones rápidas por flicker (50/60 Hz) o por micro-movimientos.
- Se recomienda suavizado (p. ej., media móvil de 5–10 muestras) y histeresis al cambiar estados (“oscuro” ↔ “claro”) para evitar “rebotes”.

Aunque el fabricante calibra el ALS, se puede mejorar la consistencia relativa entre dispositivos/ambientes:

- Offset de oscuridad: registrar lectura en condiciones muy bajas (sensor tapado) y restarla como línea base si hay un sesgo positivo.

- Escala relativa: durante unos segundos iniciales, muestrear y fijar un rango operativo (mín–máx observados) para normalizar a 0–1 en UI.
- Referencia externa (opcional): si dispone de un luxómetro, ajustar un factor de ganancia para acercar lecturas del teléfono a la referencia en 2–3 niveles de iluminación (baja/media/alta).

11.14. Experimentos

Seguidamente, te presentamos una lista de experimentos prácticos que te permitirán aplicar los sensores MEMS en el estudio de contenidos de física clásica. Cada experimento está diseñado para ilustrar de manera concreta cómo las magnitudes físicas como aceleración, velocidad, presión sonora, campo magnético e iluminancia pueden medirse, registrarse y analizarse usando dispositivos móviles equipados con MEMS. La intención es que, a través de estas actividades, puedas conectar conceptos teóricos con resultados experimentales de manera directa.

Estos experimentos incluyen la medición de aceleración en movimientos lineales y circulares, análisis de ondas sonoras y niveles de presión acústica, registro de campos magnéticos y orientación espacial, monitoreo de la luz ambiental y cálculo de velocidades usando GPS. Cada práctica está acompañada de procedimientos, fórmulas y recomendaciones para interpretar los datos de manera precisa, fomentando el aprendizaje activo y la capacidad de diseñar aplicaciones que integren sensores MEMS en contextos educativos, científicos o de desarrollo tecnológico.

11.14.1. *Energía baja – Estático sobre superficie horizontal*

Enunciado completo:

Este experimento tiene como objetivo medir la energía mínima que los sensores del teléfono pueden detectar cuando el dispositivo se encuentra completamente inmóvil sobre una superficie estable y horizontal. El teléfono debe colocarse con la pantalla hacia arriba sobre una mesa plana, asegurándose de que no haya inclinación ni vibraciones externas. La luz ambiental debe ser tenue, de manera que el sensor de luz pueda registrar condiciones de iluminación baja, mientras el acelerómetro y el giroscopio detectan mínimas fluctuaciones producidas por la superficie y el entorno. Este experimento permite comprender cómo los sensores captan la presencia de energía incluso en un estado de reposo absoluto.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono horizontalmente sobre una mesa estable y nivelada.
2. Ajusta la iluminación ambiental a un nivel bajo, evitando fuentes de luz directa sobre la pantalla.
3. Asegúrate de que el teléfono permanezca completamente inmóvil durante todo el experimento.
4. Observa y registra las lecturas de aceleración, rotación y luz, prestando atención a cualquier fluctuación mínima.
5. Repite el experimento varias veces para confirmar la consistencia de los datos.

Resultados esperados:

- Acelerómetro y giroscopio: lecturas cercanas a cero con pequeñas variaciones.
- Sensor de luz: valores bajos, reflejando la iluminación tenue.

Explicación científica:

El acelerómetro mide aceleraciones lineales, detectando incluso vibraciones mínimas de la mesa. El giroscopio capta cambios de orientación imperceptibles. El sensor de luz mide la energía lumínica ambiental baja. Este experimento demuestra que la energía se puede detectar incluso en sistemas aparentemente estáticos.

11.14.2. *Energía media – Movimiento controlado horizontal***Enunciado completo:**

El objetivo de este experimento es medir energía de magnitud media mediante movimientos controlados del teléfono. El dispositivo se debe colocar horizontalmente, con la parte trasera hacia arriba. Se mueve suavemente en línea recta mientras se realiza un giro lento, con una lámpara cercana iluminando la parte trasera para que el sensor de luz registre cambios intermedios en la energía lumínica. Este experimento permite analizar la relación entre aceleración, rotación y luz en condiciones de energía media y movimiento deliberado.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono horizontal con la parte trasera hacia arriba, asegurando que esté estable.
2. Aplica un movimiento suave en línea recta, combinando un giro lento.
3. Coloca una lámpara cercana sobre la parte trasera para proporcionar iluminación media.
4. Registra los datos del acelerómetro, giroscopio y sensor de luz, observando cómo varían con el movimiento y la iluminación.
5. Repite varias veces para asegurar la consistencia de las mediciones.

Resultados esperados:

- Acelerómetro: valores intermedios de aceleración lineal.
- Giroscopio: registro de velocidad angular baja a media.
- Sensor de luz: valores medios de energía lumínica.

Explicación científica:

El acelerómetro detecta aceleración lineal proporcional al movimiento controlado. El giroscopio mide la velocidad de giro lenta, y el sensor de luz registra la iluminación intermedia. Este experimento evidencia cómo la energía media influye en los sensores cuando el teléfono se mueve deliberadamente.

11.14.3. *Energía alta – Movimiento controlado vertical***Enunciado completo:**

Este experimento permite observar cómo los sensores del teléfono registran energía alta cuando se sostiene verticalmente y se realizan movimientos rápidos de vaivén y rotación. La pantalla del teléfono debe estar orientada hacia el observador, y se aplica luz intensa directa sobre la pantalla para que el sensor de luz registre máxima energía lumínica.

El objetivo es analizar cómo los sensores responden a aceleraciones y rotaciones significativas combinadas con luz intensa.

Procedimiento detallado:

1. Sostén el teléfono verticalmente con la pantalla hacia ti, asegurándote de un agarre firme.
2. Realiza movimientos rápidos de vaivén y rotación, manteniendo la seguridad del dispositivo.
3. Aplica luz intensa directa sobre la pantalla.
4. Registra los datos de aceleración, velocidad angular y luz durante los movimientos.
5. Repite el procedimiento varias veces para obtener consistencia y comparar resultados.

Resultados esperados:

- Acelerómetro: picos altos de aceleración.
- Giroscopio: velocidad angular alta.
- Sensor de luz: lecturas máximas por la luz directa intensa.

Explicación científica:

El acelerómetro y el giroscopio detectan la energía cinética y rotacional generada por los movimientos rápidos. La intensidad de la luz aumenta la energía lumínica registrada por el sensor. Este experimento muestra cómo la combinación de movimientos vigorosos y luz intensa produce lecturas máximas en los sensores.

11.14.4. *Energía media – Estático vertical*

Enunciado completo:

Este experimento mide energía media mientras el teléfono se mantiene inmóvil en posición vertical sobre un soporte. La parte trasera debe estar expuesta a luz artificial de intensidad media. La orientación vertical permite observar cómo la gravedad afecta los ejes del acelerómetro y cómo los sensores registran energía media en un sistema estático.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono verticalmente en un soporte estable.
2. Ajusta la iluminación artificial a un nivel medio sobre la parte trasera.
3. Mantén el teléfono inmóvil durante varios minutos.
4. Registra los datos del acelerómetro, giroscopio y sensor de luz, observando las mínimas variaciones.
5. Repite el experimento para asegurar consistencia.

Resultados esperados:

- Acelerómetro: valores bajos a medios por la orientación vertical.
- Giroscopio: lecturas estables.
- Sensor de luz: valores medios de energía lumínica.

Explicación científica:

La gravedad proyectada sobre los ejes del acelerómetro genera pequeñas diferencias respecto a una posición horizontal. La energía lumínica media registrada muestra cómo la orientación y la luz afectan la detección de energía incluso en reposo.

11.14.5. *Energía baja – Movimiento controlado horizontal*

Enunciado completo:

Este experimento permite estudiar cómo los sensores detectan energía baja cuando el teléfono se desliza suavemente sobre una superficie lisa en movimiento horizontal, mientras se realiza un giro lento. La pantalla debe estar orientada hacia arriba y la luz ambiental difusa permite que el sensor de luz registre energía mínima. Este experimento ilustra la sensibilidad de los sensores ante desplazamientos lentos combinados con luz tenue.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono horizontal sobre una superficie lisa.
2. Deslízalo suavemente hacia adelante y hacia atrás mientras giras lentamente el dispositivo.
3. Mantén luz ambiental difusa sobre la pantalla.
4. Registra aceleraciones, velocidad angular y energía lumínica.
5. Repite varias veces para obtener lecturas consistentes.

Resultados esperados:

- Acelerómetro: pequeñas variaciones reflejando energía cinética baja.
- Giroscopio: valores bajos por el giro lento.
- Sensor de luz: lecturas mínimas.

Explicación científica:

El acelerómetro y giroscopio captan las pequeñas energías generadas por el movimiento lento y el giro controlado. La luz difusa mantiene la energía lumínica baja, demostrando cómo la magnitud de energía y el movimiento afectan la sensibilidad de los sensores.

11.14.6. *Energía cinética baja – Movimiento libre sobre carrito*

Enunciado completo:

El objetivo de este experimento es medir la energía cinética mínima que los sensores del teléfono pueden detectar cuando se coloca sobre un carrito pequeño en una superficie plana y se aplica un empuje muy suave. El teléfono debe colocarse horizontalmente sobre el carrito, asegurándose de que esté centrado y estable. Este experimento permite registrar aceleraciones bajas sin riesgo de caídas y sirve para analizar la sensibilidad del acelerómetro y del giroscopio frente a movimientos mínimos.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono horizontalmente sobre un carrito pequeño y estable.
2. Ubica el carrito sobre una superficie plana y nivelada, libre de irregularidades o vibraciones externas.
3. Empuja el carrito suavemente para generar un desplazamiento mínimo.
4. Observa y registra las lecturas del acelerómetro y giroscopio durante el movimiento.
5. Repite el experimento varias veces para asegurar consistencia y verificar que los sensores respondan a energía cinética baja.

Resultados esperados:

- Acelerómetro: registrará aceleraciones bajas, cercanas a su umbral de detección.
- Giroscopio: detectará rotaciones mínimas si el carrito gira levemente.

Explicación científica:

La aceleración lineal generada por un empuje mínimo representa baja energía cinética. El giroscopio detecta cualquier rotación leve producida por desviaciones del carrito. Este experimento evidencia la capacidad de los sensores de percibir pequeñas variaciones de energía incluso en desplazamientos muy controlados.

11.14.7. *Energía cinética media – Movimiento controlado sobre carrito*

Enunciado completo:

En este experimento se analiza cómo los sensores registran energía cinética de magnitud media al mover un carrito con empuje moderado y controlado. El teléfono se coloca horizontalmente sobre el carrito, centrado y estable. Se pretende estudiar cómo incrementos en la velocidad y fuerza aplicada afectan las lecturas del acelerómetro.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono horizontalmente sobre el carrito, asegurando estabilidad.
2. Ubica el carrito sobre una superficie plana y estable.
3. Aplica un empuje moderado, manteniendo control sobre la dirección y velocidad.
4. Registra los datos del acelerómetro durante el movimiento controlado.
5. Repite varias veces para verificar consistencia y analizar el comportamiento del sensor ante energía cinética media.

Resultados esperados:

- Acelerómetro: valores intermedios, mayores que en el experimento 1, reflejando aumento de energía cinética.

Explicación científica:

El aumento en la velocidad del carrito genera mayor aceleración lineal. El sensor detecta estas variaciones y permite diferenciar energías bajas de medias. Este experimento muestra la relación directa entre la magnitud de la fuerza aplicada y la respuesta del acelerómetro.

11.14.8. *Energía cinética alta – Caída libre de carrito*

Enunciado completo:

Este experimento mide energía cinética alta mediante la caída libre de un carrito ligero con teléfono desde una posición baja. El dispositivo se coloca verticalmente sobre el carrito para simular una caída controlada. Este procedimiento permite observar cómo el acelerómetro y giroscopio registran aceleraciones máximas y rotaciones durante el movimiento libre de caída.

Procedimiento detallado:

1. Coloca un carrito ligero con el teléfono en posición vertical sobre una superficie elevada baja.
2. Suelta el carrito de manera libre, evitando empujes adicionales.
3. Observa cómo el acelerómetro registra picos de aceleración durante la caída y el giroscopio las rotaciones generadas.
4. Repite varias veces para asegurar consistencia en las mediciones.

Resultados esperados:

- Acelerómetro: picos máximos de aceleración durante la caída.
- Giroscopio: registros de velocidad angular alta si el carrito rota durante el descenso.

Explicación científica:

La energía potencial inicial se transforma en energía cinética al caer. El acelerómetro mide esta aceleración máxima, mientras que el giroscopio registra las rotaciones provocadas por el movimiento libre. Este experimento evidencia la conversión de energía potencial a cinética y la capacidad de los sensores para detectarla.

11.14.9. *Energía potencial media – Caída controlada desde altura*

Enunciado completo:

El objetivo es medir energía potencial de magnitud media usando un teléfono colocado en un soporte elevado. Al soltarlo controladamente, el acelerómetro registra la aceleración durante la caída. Este experimento permite observar la relación entre altura inicial, energía potencial y la respuesta del sensor, sin movimientos bruscos ni impactos que puedan dañar el dispositivo.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono verticalmente sobre un soporte estable a una altura media.
2. Suelta el teléfono lentamente, evitando movimientos bruscos.
3. Registra la aceleración durante la caída usando el acelerómetro.
4. Repite varias veces para obtener lecturas consistentes y confiables.

Resultados esperados:

- Acelerómetro: valores intermedios, reflejando energía potencial media transformada en cinética durante la caída.

Explicación científica:

La energía potencial inicial depende de la altura del teléfono. Al caer, parte de esta energía se convierte en cinética y es detectada por el acelerómetro. Este experimento permite analizar cómo variaciones de altura influyen en la magnitud de la energía registrada.

11.14.10. *Energía potencial alta – Caída libre desde altura mayor*

Enunciado completo:

Este experimento mide energía potencial alta dejando caer el teléfono desde una altura considerable sobre una superficie acolchada para evitar daños. Se busca registrar la máxima aceleración que puede detectar el sensor al convertir energía potencial elevada en cinética durante la caída libre.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono horizontal sobre un soporte elevado a gran altura.
2. Deja caer el teléfono libremente sobre una superficie acolchada.
3. Registra la aceleración máxima alcanzada por el acelerómetro.
4. Repite varias veces para verificar consistencia de los datos.

Resultados esperados:

- Acelerómetro: picos máximos de aceleración, correspondientes a energía potencial alta convertida en cinética.

Explicación científica:

La energía potencial alta se transforma en energía cinética durante la caída, generando aceleraciones máximas detectables por el sensor. Este experimento permite analizar la influencia de la altura inicial sobre la magnitud de energía registrada.

11.14.11. *Energía cinética + potencial baja – Rampa ligera*

Enunciado completo:

El teléfono se coloca horizontalmente en un carrito que desciende por una rampa ligera. El objetivo es medir la transición de energía potencial a cinética en movimiento controlado, generando aceleraciones bajas y seguras. Este experimento permite estudiar

cómo los sensores detectan cambios graduales de energía mientras el carrito desciende lentamente.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono horizontalmente sobre un carrito estable en la parte superior de la rampa ligera.
2. Suelta el carrito lentamente, asegurando un descenso controlado.
3. Registra aceleración y velocidad angular usando acelerómetro y giroscopio.
4. Repite varias veces para asegurar consistencia de las mediciones.

Resultados esperados:

- Acelerómetro: aumento gradual de aceleración.
- Giroscopio: leves variaciones de rotación.

Explicación científica:

La energía potencial inicial se convierte lentamente en cinética, y los sensores detectan esta transición gradual. La inclinación ligera limita la aceleración máxima, mostrando cómo la magnitud de la pendiente afecta la energía detectada.

11.14.12. *Energía cinética + potencial alta – Rampa pronunciada*

Enunciado completo:

En este experimento, el teléfono se coloca verticalmente sobre un carrito que desciende por una rampa inclinada pronunciada. El movimiento libre y rápido genera aceleración y rotación máximas, permitiendo medir la respuesta de los sensores a energías altas combinadas.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono verticalmente sobre un carrito en la parte superior de la rampa pronunciada.
2. Suelta el carrito de manera libre, permitiendo un descenso rápido y sin control adicional.
3. Registra aceleración y velocidad angular con el acelerómetro y giroscopio.
4. Repite varias veces para comparar datos y asegurar consistencia.

Resultados esperados:

- Acelerómetro: picos máximos de aceleración.
- Giroscopio: máximos registros de velocidad angular.

Explicación científica:

La conversión de energía potencial elevada a cinética y rotacional se produce de forma intensa por la pendiente pronunciada. Este experimento muestra cómo la magnitud de la inclinación y la altura inicial influyen en la respuesta máxima de los sensores.

11.14.13. *Magnetómetro – Efecto Oersted – Distancia cercana***Enunciado completo:**

El objetivo de este experimento es medir cómo el magnetómetro del teléfono detecta un campo magnético débil generado por un imán pequeño cercano al dispositivo. El teléfono debe colocarse horizontalmente, a unos 2–3 cm del imán, asegurando estabilidad y que el sensor esté orientado directamente hacia la fuente magnética. Esto permite observar la sensibilidad del magnetómetro frente a campos magnéticos bajos.

Procedimiento detallado:

1. Coloca un imán pequeño sobre la mesa, asegurándolo para que no se desplace.
2. Acerca el teléfono horizontalmente a 2–3 cm del imán.

3. Abre la aplicación de magnetismo y observa la lectura inicial del magnetómetro.
4. Mantén el teléfono estable y registra los valores.

Resultados esperados:

- Lectura del magnetómetro: valores bajos, representando la intensidad mínima del campo magnético detectado a corta distancia.

Explicación científica:

El efecto Oersted indica que una corriente eléctrica genera un campo magnético; en este caso, el sensor detecta el campo estático del imán. La intensidad baja se debe a la pequeña magnitud del imán y la proximidad limitada.

11.14.14. *Magnetómetro – Efecto Oersted – Distancia lejana*

Enunciado completo:

Este experimento busca medir cómo el magnetómetro detecta un campo magnético de intensidad media cuando el teléfono se encuentra más alejado (10 cm) de un imán pequeño. Se observa cómo la orientación influye en la lectura del sensor.

Procedimiento detallado:

1. Coloca un imán pequeño sobre la mesa.
2. Aleja el teléfono a 10 cm y colócalo verticalmente.
3. Abre el sensor de magnetismo y registra la lectura del magnetómetro.
4. Mantén la posición estable y repite varias veces para asegurar consistencia.

Resultados esperados:

- Magnetómetro: lectura media, menor que la detectada a corta distancia, pero aún perceptible.

Explicación científica:

La intensidad del campo magnético disminuye con la distancia según la ley del inverso del cuadrado. La orientación vertical del sensor puede afectar ligeramente la componente detectada del campo.

11.14.15. *Magnetómetro – Efecto Oersted – Distancia cercana***Enunciado completo:**

Este experimento permite observar la respuesta del magnetómetro frente a un campo magnético fuerte generado por un imán grande. El teléfono se coloca horizontalmente a 2 cm del imán para registrar la máxima lectura posible del sensor.

Procedimiento detallado:

1. Coloca un imán grande horizontalmente sobre la mesa.
2. Acerca el teléfono horizontalmente a 2 cm del imán.
3. Abre el sensor de magnetismo y registra la lectura máxima detectada.
4. Repite varias veces para garantizar consistencia y seguridad.

Resultados esperados:

- Magnetómetro: lectura alta, cercana al máximo detectable por el sensor.

Explicación científica:

Un imán grande genera un campo intenso que induce mayor flujo magnético en el sensor. La proximidad aumenta la intensidad detectada, demostrando cómo tamaño y distancia afectan la medición.

11.14.16. *Magnetómetro – Efecto Biot-Savart – Distancia lejana*

Enunciado completo:

Se mide la intensidad baja de un campo magnético siguiendo la ley de Biot-Savart, acercando lentamente el teléfono a un imán pequeño desde 10 cm de distancia. El dispositivo se mantiene vertical para analizar cómo el sensor detecta la dirección y magnitud del campo generado por una fuente puntual.

Procedimiento detallado:

1. Coloca un imán pequeño sobre la mesa.
2. Sostén el teléfono vertical a 10 cm de distancia.
3. Mueve lentamente el teléfono alrededor del imán siguiendo un pequeño arco circular.
4. Observa y registra los cambios en la lectura del magnetómetro.
5. Repite para confirmar consistencia de la medición.

Resultados esperados:

- Magnetómetro: lecturas bajas que varían ligeramente según el ángulo de orientación respecto al imán.

Explicación científica:

La ley de Biot-Savart establece que la intensidad del campo magnético depende de la distancia y orientación. La lectura baja se debe a la pequeña intensidad y distancia lejana, y el movimiento alrededor del imán permite observar la variación de campo según la posición.

11.14.17. *Magnetómetro – Efecto Biot-Savart – Distancia cercana*

Enunciado completo:

Este experimento analiza la energía magnética media detectada por el sensor cuando el teléfono se acerca a 2 cm de un imán pequeño y se mueve horizontalmente alrededor de él. Se pretende observar la variación del campo magnético con desplazamientos controlados y cercanos.

Procedimiento detallado:

1. Coloca un imán pequeño horizontal sobre la mesa.
2. Acerca el teléfono horizontalmente a 2 cm del imán.
3. Desplaza el teléfono alrededor del imán, siguiendo un arco controlado.
4. Registra la intensidad detectada por el magnetómetro.
5. Repite varias veces para obtener lecturas consistentes.

Resultados esperados:

- Magnetómetro: valores medios que cambian según la posición relativa al imán.

Explicación científica:

La proximidad aumenta la intensidad detectada y el movimiento alrededor permite observar cómo el campo varía en función del ángulo. La energía media corresponde a la combinación de proximidad y tamaño del imán.

11.14.18. *Magnetómetro – Efecto Biot-Savart – Distancia lejana*

Enunciado completo:

Este experimento mide la energía magnética alta utilizando un imán grande, manteniendo el teléfono vertical a 10 cm. Se busca detectar la máxima intensidad posible a una distancia moderada, siguiendo la ley de Biot-Savart.

Procedimiento detallado:

1. Coloca un imán grande sobre la mesa.
2. Sostén el teléfono vertical a 10 cm de distancia.
3. Registra la intensidad máxima detectada mientras el teléfono permanece estable.
4. Repite varias veces para asegurar consistencia de datos.

Resultados esperados:

- Magnetómetro: lecturas altas, reflejando la intensidad del imán grande.

Explicación científica:

El magnetómetro detecta la componente del campo magnético generada por el imán grande. Aunque la distancia reduce la intensidad, el tamaño del imán permite obtener valores altos, demostrando la relación entre tamaño, distancia y fuerza del campo.

11.14.19. *Magnetómetro – Efecto Ampere – Distancia cercana***Enunciado completo:**

El objetivo es medir la respuesta del magnetómetro frente a un campo magnético débil siguiendo la ley de Ampere. Se coloca el teléfono horizontal a 2 cm de un imán pequeño para registrar la energía mínima detectada por el sensor.

Procedimiento detallado:

1. Coloca un imán pequeño sobre la mesa.
2. Acerca el teléfono horizontalmente a 2 cm del imán.
3. Registra la lectura del magnetómetro.
4. Repite varias veces para confirmar consistencia.

Resultados esperados:

- Magnetómetro: valores bajos, representando la intensidad mínima detectada.

Explicación científica:

La ley de Ampere indica que el campo magnético alrededor de un conductor o imán depende de la corriente o tamaño de la fuente. En este caso, la energía detectada es baja debido al pequeño tamaño del imán y la corta distancia.

11.14.20. *Magnetómetro – Efecto Ampere – Distancia lejana***Enunciado completo:**

Este experimento permite observar cómo el magnetómetro detecta un campo magnético de intensidad media cuando se coloca verticalmente a 10 cm de un imán pequeño.

Procedimiento detallado:

1. Coloca un imán pequeño sobre la mesa.
2. Aleja el teléfono verticalmente a 10 cm.
3. Registra la lectura del sensor.
4. Repite varias veces para obtener datos consistentes.

Resultados esperados:

- Magnetómetro: lecturas medias, menores que si el teléfono estuviera más cerca.

Explicación científica:

La intensidad del campo disminuye con la distancia y la orientación vertical del sensor determina qué componente del campo se detecta.

11.14.21. *Magnetómetro – Efecto Ampere – Distancia cercana*

Enunciado completo:

Se mide la energía magnética alta con un imán grande y el teléfono horizontal a 2 cm de distancia. Esto permite registrar la máxima lectura posible del magnetómetro bajo condiciones de alta intensidad magnética.

Procedimiento detallado:

1. Coloca un imán grande horizontalmente sobre la mesa.
2. Acerca el teléfono a 2 cm de distancia.
3. Registra la lectura máxima del magnetómetro.
4. Repite varias veces para asegurar consistencia de resultados.

Resultados esperados:

- Magnetómetro: valores máximos, representando energía magnética alta.

Explicación científica:

La proximidad y el tamaño del imán generan un campo intenso. El sensor detecta la magnitud máxima, evidenciando la relación directa entre tamaño de la fuente, distancia y energía magnética detectada.

11.14.22. *Magnetómetro – Bobina móvil – Imán débil – Horizontal*

Enunciado completo:

El objetivo de este experimento es medir la respuesta del magnetómetro cuando un imán débil se mueve lentamente a través de una bobina de pocas vueltas situada sobre el teléfono colocado horizontalmente. Este procedimiento permite observar cómo la velocidad y número de vueltas de la bobina afectan la intensidad detectada por el sensor.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono horizontal sobre la mesa, asegurando que esté estable y centrado.
2. Coloca la bobina de pocas vueltas sobre el teléfono.
3. Pasa lentamente un imán débil por el centro de la bobina, asegurando un movimiento uniforme y constante.
4. Observa cómo varía la lectura del magnetómetro mientras el imán se desplaza.
5. Repite varias veces para verificar consistencia de la medición.

Resultados esperados:

- El magnetómetro registrará cambios leves en la intensidad del campo magnético, mostrando picos bajos y suaves.

Explicación científica:

El movimiento del imán induce un flujo magnético variable en la bobina. Según la ley de Faraday, el cambio del flujo genera una corriente inducida que se traduce en variaciones detectables por el magnetómetro. La baja velocidad y pocas vueltas producen variaciones mínimas, ideales para estudiar sensibilidad del sensor.

11.14.23. *Magnetómetro – Bobina móvil – Imán débil – Vertical***Enunciado completo:**

Este experimento mide cómo el magnetómetro detecta un campo inducido por un imán débil moviéndose a velocidad media a través de una bobina de pocas vueltas, con el teléfono colocado verticalmente. La orientación vertical permite analizar la influencia del ángulo del sensor sobre la lectura.

Procedimiento detallado:

1. Sostén el teléfono vertical, estable y asegurado.
2. Coloca la bobina de pocas vueltas sobre el teléfono.

3. Pasa el imán débil a velocidad media por el centro de la bobina.
4. Observa y registra la lectura del magnetómetro durante el desplazamiento.
5. Repite varias veces para asegurar consistencia de los resultados.

Resultados esperados:

- El magnetómetro mostrará cambios moderados en la lectura, mayores que en el experimento 1, reflejando la velocidad media del imán.

Explicación científica:

El aumento de la velocidad del imán incrementa la tasa de cambio del flujo magnético, generando variaciones más significativas detectadas por el magnetómetro. La orientación vertical del teléfono afecta la componente del campo detectado.

11.14.24. *Magnetómetro – Bobina móvil – Imán fuerte – Horizontal*

Enunciado completo:

El objetivo es medir la respuesta máxima del magnetómetro cuando un imán fuerte pasa rápidamente por una bobina con muchas vueltas situada sobre un teléfono horizontal. Este experimento permite observar picos máximos de campo inducido.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono horizontalmente sobre la mesa, asegurando estabilidad.
2. Coloca una bobina con muchas vueltas sobre el teléfono.
3. Pasa rápidamente un imán fuerte por el centro de la bobina.
4. Registra el cambio máximo en la lectura del magnetómetro.
5. Repite varias veces para verificar consistencia y seguridad del dispositivo.

Resultados esperados:

- El magnetómetro mostrará picos altos, reflejando un cambio de flujo magnético intenso y rápido.

Explicación científica:

La ley de Faraday establece que el voltaje inducido en la bobina es proporcional a la velocidad de cambio del flujo y al número de vueltas. Una mayor velocidad y más vueltas generan un campo inducido más intenso, capturado como un pico por el sensor.

11.14.25. *Magnetómetro – Imán en movimiento – Horizontal***Enunciado completo:**

Se mide la variación del campo magnético cuando un imán débil se mueve lentamente sobre un teléfono colocado horizontalmente. Este experimento permite registrar cambios graduales en la intensidad detectada por el magnetómetro sin utilizar bobina.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono horizontal sobre la mesa, estable y centrado.
2. Toma un imán débil y muévelo lentamente sobre la superficie del teléfono, asegurando un desplazamiento uniforme.
3. Observa y registra cómo varía la lectura del magnetómetro.
4. Repite varias veces para confirmar consistencia.

Resultados esperados:

- Lecturas suaves y bajas, variando levemente a medida que el imán se desplaza.

Explicación científica:

El magnetómetro detecta directamente el campo magnético generado por el imán en movimiento. La baja velocidad genera cambios graduales, permitiendo estudiar la sensibilidad del sensor a variaciones lentas de campo.

11.14.26. *Magnetómetro – Imán en movimiento – Vertical***Enunciado completo:**

Este experimento mide la respuesta del magnetómetro cuando un imán fuerte se mueve a velocidad media sobre un teléfono colocado verticalmente. Permite estudiar cómo la velocidad y fuerza del campo magnético afectan la lectura del sensor.

Procedimiento detallado:

1. Sostén el teléfono vertical, estable y asegurado.
2. Toma un imán fuerte y muévelo a velocidad media sobre el sensor del teléfono.
3. Registra los cambios de intensidad detectados por el magnetómetro.
4. Repite varias veces para obtener resultados consistentes.

Resultados esperados:

- Lecturas de intensidad media-alta, mostrando variaciones más notables que en velocidad lenta.

Explicación científica:

El movimiento más rápido del imán provoca una variación más rápida del flujo magnético sobre el sensor. La mayor fuerza del imán incrementa la magnitud del campo detectado, evidenciando la relación entre velocidad, intensidad y respuesta del magnetómetro.

11.14.27. *Magnetómetro – Imán en movimiento – Horizontal*

Enunciado completo:

Este experimento busca medir la máxima respuesta del magnetómetro cuando un imán fuerte se desplaza rápidamente sobre un teléfono colocado horizontalmente. Permite registrar picos de intensidad de campo magnético inducido directamente sobre el sensor.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono horizontalmente sobre la mesa, asegurando estabilidad.
2. Toma un imán fuerte y muévelo rápidamente sobre el sensor del teléfono.
3. Registra el pico máximo de intensidad detectado.
4. Repite varias veces para confirmar consistencia de los resultados.

Resultados esperados:

- Lectura máxima del magnetómetro, mostrando el campo más intenso inducido por el movimiento rápido del imán.

Explicación científica:

La velocidad rápida del imán provoca cambios bruscos en el flujo magnético sobre el sensor. Según la ley de Faraday, estos cambios generan un campo inducido más intenso, captado como pico por el magnetómetro. Este experimento permite estudiar la respuesta del sensor a campos magnéticos dinámicos y fuertes.

Magnetómetro – Conductor recto – Horizontal – Sin núcleo

Enunciado completo:

Este experimento tiene como objetivo medir la intensidad baja de un campo magnético generado por un imán pequeño alineado rectamente, colocado sobre la mesa. El teléfono se coloca horizontalmente a 2–3 cm del imán para evaluar la sensibilidad del magnetómetro a campos magnéticos débiles.

Procedimiento detallado:

1. Coloca un imán pequeño alineado recto sobre la mesa, asegurando que no se mueva.
2. Acerca el teléfono horizontalmente a 2–3 cm del imán.
3. Abre la medición del magnetómetro y registra la lectura inicial.
4. Mantén la posición estable y repite varias veces para asegurar consistencia.

Resultados esperados:

- Lectura baja del magnetómetro, correspondiente a la intensidad mínima del campo generado por el imán pequeño.

Explicación científica:

El magnetómetro detecta la componente del campo magnético generado por el imán recto. La baja intensidad se debe al pequeño tamaño del imán y la cercanía limitada, mostrando cómo el sensor responde a campos débiles.

11.14.28. *Magnetómetro – Conductor recto – Vertical – Sin núcleo***Enunciado completo:**

Este experimento analiza cómo el magnetómetro detecta un campo magnético de intensidad media generado por un imán recto pequeño, cuando el teléfono se encuentra verticalmente a 10 cm de distancia. Evalúa cómo la posición del sensor afecta la lectura.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el imán recto sobre la mesa.
2. Aleja el teléfono verticalmente a 10 cm del imán.
3. Abre el sensor de magnetismo y registra la lectura.

Resultados esperados:

- El magnetómetro mostrará lecturas de intensidad media, menores.

Explicación científica:

La intensidad del campo magnético disminuye con la distancia según la ley del inverso del cuadrado. La orientación vertical del teléfono influye en la componente del campo detectada por el sensor.

11.14.29. Magnetómetro – Conductor recto – Con núcleo metálico**Enunciado completo:**

Se busca medir la respuesta máxima del magnetómetro ante un campo intenso generado por un imán grande con núcleo metálico (como una barra de hierro). El teléfono se coloca horizontalmente a 2 cm del imán, buscando registrar la lectura máxima.

Procedimiento detallado:

1. Coloca un imán grande con núcleo metálico sobre la mesa, asegurando estabilidad.
2. Acerca el teléfono horizontalmente a 2 cm del imán.
3. Abre la medición del magnetómetro y registra la lectura máxima.
4. Repite varias veces para asegurar consistencia y seguridad del teléfono.

Resultados esperados:

- Lectura alta, reflejando la intensidad máxima del campo magnético inducido por el imán con núcleo metálico.

Explicación científica:

El núcleo metálico concentra el flujo magnético, aumentando la intensidad detectada por el sensor. La proximidad y el tamaño del imán permiten obtener valores altos, evidenciando la relación entre fuente magnética y medición.

11.14.30. *Magnetómetro – Conductor circular – Sin núcleo*

Enunciado completo:

Este experimento permite medir la intensidad baja de un campo magnético generado por un imán pequeño dispuesto en forma de aro (conductor circular). El teléfono se coloca verticalmente a 10 cm del aro para estudiar la respuesta del sensor a campos débiles distribuidos circularmente.

Procedimiento detallado:

1. Forma un aro con un imán pequeño, asegurando que mantenga su forma circular.
2. Coloca el teléfono verticalmente a 10 cm del aro.
3. Registra la lectura del magnetómetro mientras el teléfono permanece estable.
4. Repite varias veces para verificar consistencia.

Resultados esperados:

- Lectura baja, con variaciones menores debido a la distancia y baja intensidad del imán.

Explicación científica:

El campo magnético generado por un conductor circular disminuye con la distancia. La orientación vertical permite detectar la componente del campo perpendicular al sensor, mostrando la sensibilidad del dispositivo ante configuraciones circulares.

11.14.31. *Magnetómetro – Conductor circular – Con núcleo metálico*

Enunciado completo:

Este experimento mide la intensidad media de un campo magnético generado por un imán pequeño con núcleo metálico dispuesto en forma circular. El teléfono se coloca horizontalmente a 2–3 cm del aro para registrar cómo la presencia del núcleo y la proximidad influyen en la lectura del sensor.

Procedimiento detallado:

1. Forma un aro con un imán pequeño y núcleo metálico.
2. Acerca horizontalmente el teléfono a 2–3 cm del aro.
3. Abre la medición del magnetómetro y registra la intensidad detectada.
4. Repite varias veces para asegurar consistencia.

Resultados esperados:

- Lectura media, mayor que la obtenida sin núcleo, reflejando la concentración del flujo magnético por el núcleo metálico.

Explicación científica:

El núcleo metálico aumenta la densidad de flujo dentro del aro, incrementando la intensidad detectada por el sensor. La proximidad del teléfono permite captar cambios significativos en la lectura.

11.14.32. *Magnetómetro – Conductor circular – Vertical – Sin núcleo***Enunciado completo:**

Este experimento busca medir la intensidad máxima del campo magnético generado por un imán grande en forma de aro, sin núcleo metálico, cuando el teléfono se coloca verticalmente a 10 cm. Esto permite estudiar la máxima respuesta del magnetómetro en configuraciones circulares a distancia moderada.

Procedimiento detallado:

1. Forma un aro con un imán grande.
2. Coloca el teléfono verticalmente a 10 cm del aro.
3. Registra la lectura máxima del magnetómetro.
4. Repite varias veces para confirmar consistencia de la medición.

Resultados esperados:

- Lectura alta, mostrando la intensidad máxima detectada por el sensor debido al tamaño del imán y la forma circular.

Explicación científica:

Aunque la distancia reduce la intensidad percibida, el tamaño del imán y su disposición circular generan un campo magnético significativo. El sensor detecta la componente del campo perpendicular a su orientación, permitiendo analizar la influencia de la geometría del conductor en la medición.

11.14.33. *Sensor de RF / magnetómetro – Onda electromagnética***Enunciado completo:**

Este experimento tiene como objetivo medir la intensidad de una señal electromagnética débil utilizando el sensor de RF del teléfono o magnetómetro. Se busca observar cómo la señal se detecta en condiciones de baja frecuencia y polarización lineal cuando el teléfono se coloca horizontalmente.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono horizontalmente sobre una superficie estable.
2. Acerca el teléfono a una fuente de señal débil, como un router distante o un dispositivo de bajo alcance.
3. Abre la medición del sensor de RF y registra la intensidad de la señal detectada.
4. Mantén la posición estable y repite varias veces para garantizar consistencia.

Resultados esperados:

- Lecturas bajas en la intensidad del campo electromagnético, reflejando la debilidad de la señal.

Explicación científica:

La intensidad detectada por el sensor depende de la proximidad y potencia de la fuente emisora. La polarización lineal y la orientación horizontal del teléfono permiten captar una componente específica de la onda electromagnética, mostrando la sensibilidad del sensor frente a señales débiles.

11.14.34. *Sensor de RF / magnetómetro – Onda electromagnética***Enunciado completo:**

Este experimento mide la respuesta del sensor de RF a una señal electromagnética de intensidad media a fuerte, con polarización lineal y teléfono en orientación vertical. Permite estudiar cómo la orientación influye en la lectura del sensor.

Procedimiento detallado:

1. Sostén el teléfono vertical cerca de un router activo o un teléfono con Wi-Fi encendido.
2. Abre la medición del sensor de RF y observa cómo cambia la señal al variar ligeramente la orientación del teléfono.
3. Registra la intensidad promedio de la señal.
4. Repite varias veces para garantizar resultados consistentes.

Resultados esperados:

- Intensidad media-alta detectada, con pequeñas variaciones según la orientación del teléfono.

Explicación científica:

La orientación del sensor frente a la polarización de la onda afecta la cantidad de señal detectada. Las señales de intensidad media a fuerte producen lecturas más claras y estables, permitiendo observar cómo el sensor responde a cambios de posición y polarización.

11.14.35. *Sensor de RF / magnetómetro – Onda electromagnética*

Enunciado completo:

Se busca medir la máxima intensidad de una señal de alta frecuencia utilizando el sensor de RF, con polarización circular y teléfono horizontal. Se simula con una señal Wi-Fi potente o microondas controladas.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono horizontalmente cerca de una fuente potente de señal, como un router de alta potencia.
2. Registra la lectura máxima detectada por el sensor de RF.
3. Cambia la orientación del teléfono y observa cómo varía la señal detectada.
4. Repite varias veces para asegurar consistencia y seguridad del dispositivo.

Resultados esperados:

- Lectura alta, reflejando la intensidad máxima de la onda electromagnética detectada por el sensor.

Explicación científica:

La polarización circular y la alta frecuencia permiten que el sensor detecte un campo electromagnético más complejo. La orientación horizontal del teléfono influye en la componente del campo captada, mostrando picos de intensidad máximos.

11.14.36. *Sensor de RF – Ondas de radio – Baja frecuencia*

Enunciado completo:

Este experimento evalúa la capacidad del sensor de RF para detectar ondas de radio de baja frecuencia y baja intensidad, con teléfono colocado horizontalmente. Se simula con una emisora AM débil o transmisor cercano de baja potencia.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono horizontalmente sobre la mesa.
2. Acerca el teléfono a la fuente de ondas de radio de baja intensidad.
3. Registra la lectura del sensor de RF mientras mantiene la posición estable.
4. Repite varias veces para verificar la consistencia de los datos.

Resultados esperados:

- Lecturas bajas, reflejando la intensidad débil de la onda de radio detectada.

Explicación científica:

Las ondas de radio de baja frecuencia generan campos magnéticos débiles. El sensor detecta la componente lineal de la onda, mostrando cómo la intensidad y orientación afectan la sensibilidad del teléfono a este tipo de señal.

11.14.37. *Sensor de RF – Ondas de radio – Media frecuencia***Enunciado completo:**

Este experimento mide cómo el sensor de RF detecta ondas de radio de intensidad media a fuerte, con polarización circular y teléfono vertical. Se puede realizar apuntando hacia una emisora FM cercana.

Procedimiento detallado:

1. Sostén el teléfono verticalmente apuntando hacia la fuente de radio FM.
2. Abre el sensor de RF y registra cómo varía la señal con cambios de orientación.
3. Anota la intensidad promedio y los picos de señal detectados.
4. Repite varias veces para asegurar consistencia.

Resultados esperados:

- Lectura media-alta con variaciones según la orientación, mostrando la influencia de la polarización circular.

Explicación científica:

La polarización circular permite que el sensor detecte componentes giratorias de la onda. La intensidad de la señal se refleja directamente en la magnitud captada por el sensor, mientras la orientación vertical del teléfono afecta la componente perpendicular del campo.

11.14.38. *Sensor de RF – Microondas (simulación) – Alta frecuencia***Enunciado completo:**

Este experimento mide la respuesta del sensor de RF a microondas o señales Wi-Fi/Bluetooth potentes, simulando un campo de alta frecuencia con polarización lineal y teléfono horizontal.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono horizontalmente cerca de una fuente potente de Wi-Fi o Bluetooth.
2. Cambia ligeramente la posición del teléfono para observar variaciones de la señal.
3. Registra la intensidad máxima detectada por el sensor de RF.
4. Repite varias veces para obtener mediciones consistentes.

Resultados esperados:

- Lectura alta, reflejando la intensidad máxima de las microondas detectadas por el sensor.

Explicación científica:

El sensor detecta la intensidad de las ondas electromagnéticas de alta frecuencia. La polarización lineal y la orientación horizontal afectan la componente del campo captada, mostrando cómo varía la señal según posición y proximidad a la fuente.

11.14.39. *Sensor de luz – Reflexión – Intensidad baja*

Enunciado completo:

Este experimento permite medir cómo el sensor de luz del teléfono detecta la intensidad de un rayo rojo reflejado desde un espejo con un ángulo de incidencia bajo. El teléfono se coloca horizontalmente, y se analiza la capacidad del sensor para registrar luz débil cercana.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono horizontal sobre una mesa estable, con el sensor de luz orientado hacia la dirección donde se reflejará el rayo.
2. Coloca un espejo pequeño frente al teléfono.
3. Apunta una linterna roja hacia el espejo con un ángulo de incidencia aproximado de 15° .
4. Enciende la linterna y registra la lectura del sensor de luz mientras se mantiene estable.
5. Repite la medición varias veces para verificar consistencia.

Resultados esperados:

- Lectura baja de intensidad reflejada en el sensor.
- La variación entre repeticiones debe ser mínima si la posición del teléfono y la linterna se mantiene constante.

Explicación científica:

Cuando la luz incide sobre un espejo con un ángulo pequeño, parte de la energía se refleja hacia el sensor del teléfono. La intensidad detectada depende del ángulo de incidencia, la distancia y la potencia de la linterna. La luz roja se comporta de acuerdo con la ley de reflexión, donde el ángulo de incidencia es igual al de reflexión.

11.14.40. *Sensor de luz – Reflexión – Intensidad media***Enunciado completo:**

Este experimento evalúa la detección de luz azul reflejada en un espejo a distancia mayor y con ángulo medio de incidencia. El objetivo es analizar cómo el sensor de luz responde a señales de intensidad media desde una distancia mayor y con orientación específica.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono horizontal a 20 cm del espejo.
2. Apunta una linterna azul hacia el espejo con un ángulo de incidencia de aproximadamente 45°.
3. Observa y registra la intensidad de luz detectada por el sensor.
4. Mantén la posición y orientación constantes, repitiendo la medición varias veces.

Resultados esperados:

- Lectura de intensidad media en el sensor, mayor que en condiciones de luz débil y ángulo bajo.
- La señal debe ser más estable que si la linterna o el teléfono se movieran.

Explicación científica:

El sensor detecta la componente reflejada de la luz azul. La distancia y el ángulo de incidencia determinan la cantidad de luz que llega al sensor, y la polarización natural de la luz reflejada puede afectar la intensidad registrada.

11.14.41. *Sensor de luz – Refracción – Intensidad alta***Enunciado completo:**

Este experimento mide la luz roja que atraviesa un vaso de agua, aprovechando el fenómeno de refracción. El teléfono detecta la intensidad de la luz transmitida a través del agua con un ángulo de incidencia alto y proximidad cercana.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el vaso con agua transparente frente al sensor de luz del teléfono.
2. Acerca el teléfono a unos pocos centímetros del vaso, asegurando que el sensor reciba la luz transmitida.
3. Dirige una linterna roja hacia la superficie del agua con un ángulo de incidencia cercano a 75° .
4. Registra la intensidad de la luz que llega al sensor.
5. Repite la medición varias veces para consistencia.

Resultados esperados:

- Lectura alta de intensidad, reflejando que gran parte de la luz atraviesa el agua y llega al sensor.
- Se puede observar ligeros cambios al variar el ángulo, demostrando dependencia de la refracción.

Explicación científica:

La luz cambia de dirección al pasar de aire al agua, fenómeno conocido como refracción. La intensidad detectada depende del índice de refracción del agua, el ángulo de incidencia y la distancia al sensor. La luz roja se desvía menos que otras longitudes de onda, mostrando un comportamiento predecible.

11.14.42. *Sensor de luz – Refracción – Intensidad media***Enunciado completo:**

Este experimento mide cómo el sensor del teléfono detecta la luz azul que atraviesa un vaso de agua desde mayor distancia y con ángulo de incidencia medio. La luz es débil, y se busca analizar la respuesta del sensor ante señales menos intensas y a distancia.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono a 20 cm del vaso con agua transparente.
2. Dirige una linterna azul hacia la superficie del agua con ángulo de 45°.
3. Registra la intensidad de luz que pasa a través del vaso y llega al sensor.
4. Mantén el teléfono y la linterna estables, repitiendo la medición varias veces.

Resultados esperados:

- Lectura media en intensidad, menor que en el experimento 3 debido a la distancia y menor potencia de luz.
- La señal debe ser consistente pero más débil que la detectada a proximidad cercana.

Explicación científica:

La refracción altera la trayectoria de la luz azul. La intensidad que llega al sensor disminuye con la distancia y la absorción parcial por el agua. Esto permite analizar cómo el sensor responde a variaciones de intensidad y ángulo de incidencia.

11.14.43. *Sensor de luz – Difracción – Intensidad baja*

Enunciado completo:

Este experimento permite observar cómo el sensor detecta patrones de luz roja difractada a través de una rendija o rejilla simple. La intensidad es baja, y el teléfono se coloca cercano a la fuente de difracción.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono cerca de una rendija (por ejemplo, papel con un corte fino).
2. Apunta una linterna roja hacia la rendija.
3. Registra la intensidad y patrón de luz que llega al sensor.
4. Mantén el teléfono estable y repite varias veces para asegurar consistencia.

Resultados esperados:

- Lectura baja de intensidad, con posibles variaciones por los patrones de difracción.
- Se pueden observar franjas o cambios de intensidad según la posición del sensor frente a la rendija.

Explicación científica:

La luz que pasa por una rendija se dispersa y genera un patrón de difracción. La intensidad detectada por el sensor depende de la posición relativa del teléfono y la rendija. Este fenómeno demuestra cómo la luz se comporta al pasar por obstáculos finos.

11.14.44. *Sensor de luz – Difracción – Intensidad alta*

Enunciado completo:

Este experimento mide la luz azul difractada a través de una rendija o rejilla desde mayor distancia y con ángulo de incidencia alto. Se busca observar la respuesta del sensor a señales intensas de difracción.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono a 20 cm de la rendija o rejilla.
2. Dirige la linterna azul con ángulo alto hacia la rendija.
3. Registra la intensidad de luz que llega al sensor y observa posibles patrones de difracción.
4. Repite varias veces para verificar consistencia de la medición.

Resultados esperados:

- Lectura alta de intensidad, mostrando que la luz azul intensa puede generar patrones visibles y ser detectada a distancia.
- La variación en la posición del teléfono permite observar cambios en la intensidad y distribución de la luz.

Explicación científica:

La difracción produce dispersión de la luz, creando franjas de intensidad variable. La luz azul tiene una longitud de onda menor que la roja, lo que puede producir franjas más estrechas y definidas. La distancia y ángulo influyen en la intensidad registrada por el sensor.

11.14.45. *Sensor de luz – Reflexión – Luz roja***Enunciado completo:**

Este experimento permite analizar cómo el sensor de luz del teléfono detecta un rayo rojo reflejado desde un espejo con un ángulo de incidencia pequeño. La luz es débil y lineal, por lo que el objetivo es registrar la respuesta del sensor ante señales de baja intensidad reflejada.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono horizontal sobre una superficie plana y estable, asegurando que el sensor de luz quede orientado hacia donde se reflejará el rayo.

2. Coloca un espejo frente al teléfono.
3. Dirige una linterna roja lineal hacia el espejo con un ángulo de incidencia aproximado de 15° .
4. Enciende la linterna y registra la lectura del sensor de luz del teléfono.
5. Mantén la posición estable durante varias mediciones para asegurar consistencia.

Resultados esperados:

- Lectura baja de intensidad reflejada en el sensor.
- Las variaciones deben ser mínimas si se mantiene la posición del teléfono y la linterna.

Explicación científica:

La luz que incide sobre el espejo se refleja siguiendo la ley de reflexión: el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión. La intensidad detectada depende de la distancia, el ángulo y la potencia de la linterna. La luz lineal y roja se refleja parcialmente, y el sensor detecta la fracción que llega.

11.14.46. *Sensor de luz – Reflexión – Luz verde*

Enunciado completo:

Este experimento estudia cómo el sensor del teléfono detecta luz verde reflejada desde un espejo con ángulo de incidencia alto y polarización circular. Se evalúa la respuesta del sensor a señales más intensas y desde mayor ángulo.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono a 20 cm del espejo, con el sensor orientado hacia la superficie reflectante.
2. Apunta una linterna verde circular hacia el espejo con ángulo de incidencia aproximado de 75° .

3. Enciende la linterna y registra la intensidad de luz reflejada detectada por el sensor.
4. Repite varias veces manteniendo constante la posición del teléfono y la linterna.

Resultados esperados:

- Lectura alta de intensidad reflejada.
- El sensor debe mostrar cambios menores al variar ligeramente la posición.

Explicación científica:

La luz verde, al incidir con un ángulo elevado y polarización circular, genera una mayor fracción de energía reflejada hacia el sensor. La polarización circular puede influir en la eficiencia con la que el sensor detecta la luz.

11.14.47. *Sensor de luz – Refracción – Luz azul*

Enunciado completo:

Este experimento mide la luz azul que atraviesa un vaso con agua, evaluando cómo el sensor detecta señales débiles de luz refractada a ángulo bajo.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono cerca del vaso transparente, con el sensor orientado hacia la trayectoria de la luz que atravesará el agua.
2. Dirige una linterna azul lineal sobre la superficie del agua con ángulo de incidencia de aproximadamente 15° .
3. Registra la intensidad de luz que atraviesa el vaso y llega al sensor.
4. Repite varias mediciones para asegurar consistencia.

Resultados esperados:

- Lectura baja de intensidad, pero consistente.
- La posición cercana permite captar la mayor parte de la luz transmitida.

Explicación científica:

Al pasar del aire al agua, la luz se refracta según el índice de refracción del agua. La intensidad que llega al sensor depende del ángulo y de la polarización lineal de la luz. La luz azul se desvía más que la roja, pero al ser débil, la señal medida es menor.

11.14.48. *Sensor de luz – Refracción – Luz roja***Enunciado completo:**

Este experimento analiza cómo el sensor detecta luz roja refractada desde un vaso de agua a distancia de 20 cm, con ángulo de incidencia alto y polarización circular.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono a 20 cm del vaso transparente.
2. Dirige una linterna roja circular hacia el vaso con un ángulo de incidencia aproximado de 75°.
3. Registra la intensidad de la luz refractada que llega al sensor.
4. Repite varias mediciones manteniendo constante la posición.

Resultados esperados:

- Lectura alta de intensidad.
- Cambios leves al variar ligeramente la posición o la orientación del teléfono.

Explicación científica:

La luz se refracta al pasar del aire al agua. La polarización circular y la intensidad de la luz aumentan la energía que llega al sensor, mostrando un patrón de intensidad superior al de ángulos bajos o luz débil.

11.14.49. *Sensor de luz – Difracción – Luz verde*

Enunciado completo:

Este experimento permite observar cómo el sensor mide la luz verde difractada al pasar por una rendija simple, con intensidad débil y ángulo de incidencia bajo.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono cerca de una rendija simple (papel con corte fino).
2. Apunta una linterna verde lineal hacia la rendija.
3. Registra la intensidad y el patrón de luz que llega al sensor.
4. Mantén el teléfono estable y repite varias veces para consistencia.

Resultados esperados:

- Lectura baja de intensidad con un patrón visible de franjas difractadas.
- Posibles variaciones de intensidad según la posición relativa del sensor.

Explicación científica:

La luz que pasa por la rendija se dispersa generando un patrón de difracción. La intensidad detectada depende del ángulo de incidencia, la polarización y la posición del sensor respecto a la rendija.

11.14.50. *Sensor de luz – Difracción – Luz azul*

Enunciado completo:

Este experimento mide la luz azul difractada a través de una rendija a distancia de 20 cm, con ángulo alto y polarización circular, evaluando la capacidad del sensor de luz para registrar señales intensas y patrones definidos.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono a 20 cm de la rendija.
2. Apunta una linterna azul circular hacia la rendija con ángulo de incidencia alto.
3. Registra la intensidad de luz y observa el patrón de difracción en el sensor.
4. Repite varias mediciones manteniendo constante la posición del teléfono y linterna.

Resultados esperados:

- Lectura alta de intensidad con franjas de difracción visibles.
- Cambios en posición del teléfono muestran variaciones en la intensidad y patrón.

Explicación científica:

La luz azul, al ser de longitud de onda menor, produce franjas más estrechas y definidas en la difracción. La polarización circular y la intensidad aumentan la señal detectada por el sensor, evidenciando cómo la luz se dispersa al pasar por obstáculos finos.

11.14.51. Ondas mecánicas – Cuerda – Amplitud baja**Enunciado completo:**

Este experimento se centra en medir las ondas mecánicas de baja amplitud y baja frecuencia generadas en una cuerda tensa utilizando el acelerómetro y el micrófono del teléfono. La intención es registrar cómo se propagan las vibraciones en un medio lineal y cómo los sensores responden a oscilaciones suaves y controladas.

Procedimiento detallado:

1. Ata un extremo de una cuerda a un soporte firme que no se mueva, asegurándote de que esté bien sujeto y tensado. El otro extremo debe quedar libre para permitir el movimiento.

2. Coloca el teléfono horizontalmente, cerca de la cuerda, de manera que el sensor de aceleración pueda detectar las pequeñas vibraciones de la cuerda y el micrófono pueda registrar cualquier sonido generado por el movimiento.
3. Con movimientos controlados, realiza oscilaciones pequeñas en el extremo libre de la cuerda, procurando mantener la frecuencia baja. Cada oscilación debe ser suave, sin generar fuerzas bruscas que puedan desestabilizar el teléfono.
4. Observa y registra las lecturas del acelerómetro y del micrófono, asegurándote de mantener constantes la posición del teléfono y la orientación de los sensores durante toda la actividad.

Resultados esperados:

- Se espera que el acelerómetro registre movimientos suaves y periódicos correspondientes a la amplitud baja de las ondas en la cuerda.
- El micrófono detectará un sonido tenue y continuo, que refleja la frecuencia baja de las vibraciones de la cuerda.

Explicación científica:

Las ondas mecánicas en una cuerda se producen por la transferencia de energía desde el extremo que se mueve hacia el resto de la cuerda. La amplitud baja genera una mínima oscilación en cada punto de la cuerda, mientras que la frecuencia baja hace que los ciclos sean lentos. El acelerómetro detecta desplazamientos y aceleraciones locales, mientras que el micrófono capta la perturbación sonora que genera la vibración en el aire circundante.

11.14.52. Ondas mecánicas – Cuerda – Amplitud media

Enunciado completo:

En este experimento se busca medir cómo se propagan ondas mecánicas de amplitud media y frecuencia relativamente alta en una cuerda utilizando únicamente el acelerómetro del teléfono, con orientación vertical, para observar la respuesta del sensor frente a oscilaciones más rápidas y pronunciadas.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono vertical cerca de la cuerda tensada. La orientación vertical permitirá al acelerómetro registrar mejor la componente del movimiento en la dirección de las oscilaciones.
2. Sujeta el extremo libre de la cuerda y realiza movimientos controlados con amplitud media, procurando que la frecuencia sea alta, es decir, movimientos rápidos y repetitivos.
3. Asegúrate de mantener el teléfono estable y en posición vertical durante todo el experimento para evitar lecturas erróneas.
4. Observa y registra las variaciones del acelerómetro mientras las ondas se propagan por la cuerda, notando cómo cambia la magnitud de la aceleración con cada oscilación.

Resultados esperados:

- El acelerómetro debe mostrar picos de aceleración más frecuentes y de mayor magnitud que en el experimento anterior.
- Se evidenciará un patrón más rápido de oscilaciones que corresponde a la frecuencia más alta aplicada.

Explicación científica:

Las ondas mecánicas de frecuencia alta transportan energía rápidamente a través del medio. La amplitud media provoca desplazamientos perceptibles pero no extremos. El acelerómetro, al estar orientado verticalmente, detecta eficazmente la variación de aceleración en esa dirección, mostrando cómo la frecuencia y la amplitud de la oscilación afectan la señal registrada.

11.14.53. Ondas sonoras – Aire – Amplitud baja**Enunciado completo:**

Este experimento analiza cómo el micrófono del teléfono detecta ondas sonoras de baja amplitud y frecuencia propagadas a través del aire. La actividad busca registrar sonidos suaves y graves generados de forma controlada y observar cómo varían las lecturas del sensor en estas condiciones.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono horizontal sobre una superficie estable, con el micrófono orientado hacia la fuente del sonido.
2. Genera un sonido suave y grave, preferiblemente con un instrumento o mediante la voz, manteniendo la intensidad baja.
3. Mantén constante la posición del teléfono para evitar cambios de orientación que puedan afectar las lecturas del micrófono.
4. Registra la intensidad y variaciones del sonido detectado por el sensor, observando la estabilidad y la periodicidad del registro.

Resultados esperados:

- El micrófono registrará un nivel de intensidad bajo, reflejando la amplitud baja del sonido.

- Las variaciones serán lentas y periódicas, correspondientes a la frecuencia grave del sonido emitido.

Explicación científica:

Las ondas sonoras son vibraciones mecánicas que se propagan a través del aire. Una amplitud baja genera presión sonora reducida, que se traduce en una señal débil en el micrófono. La frecuencia baja corresponde a tonos graves, que tienen ciclos más largos y producen una señal lenta y estable en el sensor.

11.14.54. Ondas sonoras – Aire – Amplitud alta

Enunciado completo:

En este experimento se mide cómo el micrófono del teléfono detecta ondas sonoras de alta amplitud y frecuencia elevada, con el teléfono en orientación vertical. La actividad permite observar cómo los sonidos fuertes y agudos afectan las lecturas del sensor y cómo se distinguen de señales de menor energía.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono vertical, con el micrófono apuntando hacia la fuente de sonido.
2. Genera un sonido fuerte y agudo, utilizando un instrumento o un dispositivo de audio capaz de emitir frecuencias altas.
3. Mantén el teléfono estable en posición vertical durante toda la medición.
4. Registra la intensidad y frecuencia detectadas por el micrófono, observando los picos de señal y la respuesta a cambios rápidos en la amplitud y frecuencia.

Resultados esperados:

- Lectura alta de intensidad sonora.
- Registro rápido y detallado de las variaciones de frecuencia alta.

Explicación científica:

Las ondas sonoras de alta frecuencia producen ciclos rápidos de presión sonora en el aire, mientras que la alta amplitud genera fuertes variaciones de presión detectadas por el micrófono. La orientación vertical optimiza la captación de las vibraciones del aire, permitiendo registrar la señal de forma más precisa.

11.14.55. *Oscilaciones de resorte – Resorte – Amplitud media***Enunciado completo:**

Este experimento estudia cómo el acelerómetro del teléfono detecta las oscilaciones de un resorte con un peso en el extremo, generando movimientos de amplitud media y frecuencia alta, para registrar cómo se transforma la energía potencial en cinética en un sistema oscilante.

Procedimiento detallado:

1. Sujeta un resorte con un peso en el extremo, asegurándote de que el sistema pueda moverse libremente.
2. Coloca el teléfono horizontal cerca del resorte, con el acelerómetro apuntando hacia la dirección de movimiento del peso.
3. Provoca oscilaciones del resorte con amplitud media y frecuencia alta, de manera controlada, evitando que el sistema se desestabilice.
4. Registra la aceleración detectada por el sensor, observando los picos y las variaciones correspondientes a cada oscilación.

Resultados esperados:

- El acelerómetro mostrará picos de aceleración periódicos con magnitud media.
- Las variaciones serán frecuentes y consistentes con la alta frecuencia de las oscilaciones.

Explicación científica:

El resorte convierte energía potencial en cinética y viceversa en cada ciclo. La amplitud media genera desplazamientos visibles pero no extremos, mientras que la frecuencia alta produce aceleraciones rápidas que el sensor detecta como picos regulares.

11.14.56. *Oscilaciones de resorte – Resorte – Amplitud alta***Enunciado completo:**

En este experimento se mide cómo el acelerómetro detecta oscilaciones lentas y amplias de un resorte con un peso, registrando cómo la energía potencial se convierte en cinética de forma gradual y cómo varía la aceleración con amplitud elevada y frecuencia baja.

Procedimiento detallado:

1. Coloca el teléfono vertical cerca del resorte, orientando el acelerómetro en la dirección de la oscilación.
2. Sostén un resorte con un peso en el extremo y haz que oscile lentamente, con amplitud grande, asegurándote de mantener el teléfono estable y en posición vertical.
3. Registra la aceleración del sensor durante cada ciclo de oscilación, observando cómo los picos son menos frecuentes, pero de mayor magnitud.
4. Repite varias mediciones para verificar consistencia en los resultados.

Resultados esperados:

- Lecturas de aceleración más espaciadas en el tiempo, pero con valores máximos superiores a oscilaciones de menor amplitud.
- Patrón periódico que muestra claramente la relación entre amplitud, frecuencia y aceleración.

Explicación científica:

La amplitud alta genera mayores desplazamientos y, por ello, aceleraciones máximas más grandes, mientras que la baja frecuencia implica ciclos lentos. El acelerómetro detecta las variaciones de aceleración y permite observar cómo la energía del sistema se distribuye entre cinética y potencial a lo largo del tiempo.

11.14.57. *Traslación – Bloque uniforme – Inclinación baja*

Enunciado completo:

Este experimento tiene como objetivo medir el movimiento de traslación de un bloque ligero y de masa uniformemente distribuida, desplazándose por una rampa con inclinación baja, utilizando el acelerómetro y el giroscopio del teléfono. Se busca observar cómo la aceleración cambia con un empuje suave y cómo el giroscopio detecta posibles desviaciones de orientación.

Procedimiento detallado:

1. Coloca una rampa sobre una superficie estable, asegurándote de que la inclinación sea baja, aproximadamente 10° .
2. Posiciona un bloque ligero y uniforme en la parte superior de la rampa, de manera que pueda deslizarse libremente.
3. Coloca el teléfono horizontalmente al lado del bloque, asegurando que los sensores estén alineados con la dirección de movimiento para captar aceleración y posibles giros.
4. Empuja suavemente el bloque para iniciar el movimiento. Mantén el teléfono firme durante todo el desplazamiento.
5. Observa y registra los valores del acelerómetro y del giroscopio mientras el bloque se desliza, anotando la aceleración, cualquier cambio de orientación y la velocidad aproximada.

Resultados esperados:

- El acelerómetro mostrará un aumento gradual de aceleración al inicio y luego una disminución conforme el bloque pierde velocidad.
- El giroscopio registrará mínimas variaciones, dado que la masa y forma del bloque son uniformes y la inclinación es baja.

Explicación científica:

La energía potencial inicial del bloque se convierte en energía cinética a medida que desciende por la rampa. La inclinación baja genera una aceleración moderada, mientras que la masa uniforme evita cambios inesperados de orientación, permitiendo al giroscopio registrar casi un movimiento lineal puro. Este experimento muestra la relación directa entre inclinación, masa, fuerza aplicada y aceleración medida por sensores.

11.14.58. *Traslación – Bloque desigual – Inclinación media***Enunciado completo:**

El objetivo es estudiar el efecto de la distribución desigual de masa en la traslación de un bloque sobre una rampa de inclinación media y velocidad inicial alta, utilizando el acelerómetro y giroscopio del teléfono en orientación vertical para capturar mejor la dinámica vertical de cualquier desviación y aceleración.

Procedimiento detallado:

1. Coloca una rampa con inclinación media ($\sim 30^\circ$) sobre una superficie estable.
2. Posiciona un bloque con masa distribuida de manera desigual en la parte superior de la rampa.
3. Coloca el teléfono verticalmente al lado de la rampa, asegurándote de que los sensores estén alineados con la dirección del movimiento vertical y lateral.
4. Aplica un empuje inicial medio-alto para iniciar el desplazamiento rápido del bloque.

5. Registra continuamente la aceleración y los cambios de orientación durante todo el recorrido del bloque, observando cualquier desviación debido a la distribución desigual de masa.

Resultados esperados:

- El acelerómetro mostrará picos de aceleración más pronunciados debido al empuje inicial alto.
- El giroscopio detectará variaciones de orientación, reflejando posibles inclinaciones o giros del bloque causados por su distribución desigual de masa.

Explicación científica:

Cuando un objeto con masa no uniforme se mueve por una rampa inclinada, la aceleración no es homogénea; algunas partes del bloque generan momentos de torsión que producen giros leves. El acelerómetro detecta la aceleración lineal, mientras que el giroscopio captura la rotación o desviación de la orientación, mostrando cómo la distribución de la masa afecta el comportamiento dinámico del sistema.

11.14.59. Rotación – Cilindro uniforme – Inclinación alta

Enunciado completo:

Este experimento busca medir el movimiento de rotación de un cilindro uniforme que rueda lentamente por una rampa inclinada alta, usando únicamente el giroscopio del teléfono para registrar la velocidad angular y los cambios de orientación durante el desplazamiento.

Procedimiento detallado:

1. Coloca una rampa con inclinación alta ($\sim 50^\circ$) sobre una superficie estable.
2. Posiciona un cilindro uniforme en la parte superior de la rampa de manera que pueda rodar libremente sin saltos ni desvíos.

3. Coloca el teléfono horizontalmente al lado de la rampa, asegurando que el giroscopio esté alineado con el eje de rotación del cilindro.
4. Deja que el cilindro ruede lentamente sin empujarlo, observando la respuesta del giroscopio mientras el cilindro completa el recorrido.
5. Registra la velocidad angular y cualquier cambio de orientación medido por el giroscopio.

Resultados esperados:

- El giroscopio mostrará un aumento progresivo de la velocidad angular a medida que el cilindro gana velocidad y un descenso al final de la rampa.
- La aceleración lineal será mínima, dado que el foco es la rotación del cilindro, no su traslación.

Explicación científica:

Un cilindro uniforme convierte la energía potencial en energía cinética de traslación y rotación. El giroscopio detecta la velocidad angular y la orientación del objeto, mostrando cómo la rotación depende de la inclinación de la rampa y de la uniformidad del cilindro. Las oscilaciones menores pueden ser causadas por imperfecciones de la superficie.

11.14.60. Rotación – Objeto irregular – Inclinación media

Enunciado completo:

Este experimento estudia la dinámica de rotación de un objeto irregular o con masa desigual lanzado con velocidad inicial alta sobre una rampa de inclinación media, utilizando giroscopio y acelerómetro en orientación vertical para registrar simultáneamente rotación y aceleración.

Procedimiento detallado:

1. Coloca una rampa con inclinación media ($\sim 30^\circ$).
2. Posiciona un objeto irregular en la parte superior, asegurándote de que pueda desplazarse libremente sin obstrucciones.
3. Coloca el teléfono vertical junto a la rampa, alineando los sensores con la dirección de movimiento y rotación esperada.
4. Suelta el objeto con velocidad inicial alta, observando cómo se desplaza y gira durante el recorrido.
5. Registra las lecturas del acelerómetro y giroscopio, identificando los picos de aceleración y velocidad angular generados por la irregularidad del objeto.

Resultados esperados:

- El giroscopio mostrará variaciones rápidas y desordenadas en la velocidad angular.
- El acelerómetro reflejará cambios de aceleración irregulares asociados a la distribución desigual de masa y la alta velocidad inicial.

Explicación científica:

La masa desigual genera momentos de inercia variables, provocando giros y desplazamientos no uniformes. La inclinación media y la velocidad inicial alta incrementan la energía cinética, que se distribuye entre rotación y traslación, siendo capturada de manera distinta por el giroscopio y el acelerómetro.

11.14.61. Combinado – Objeto uniforme – Inclinación baja**Enunciado completo:**

Este experimento analiza el movimiento combinado de traslación y rotación de un objeto uniforme desplazándose y girando sobre una rampa de inclinación baja, con velocidad inicial alta. El teléfono horizontal permite medir aceleración lineal y velocidad angular de manera simultánea.

Procedimiento detallado:

1. Coloca una rampa baja ($\sim 10^\circ$) sobre superficie estable.
2. Posiciona un objeto uniforme en la parte superior de la rampa de forma que pueda desplazarse y girar libremente.
3. Coloca el teléfono horizontal junto a la rampa, alineando el acelerómetro con la dirección de traslación y el giroscopio con la dirección de rotación del objeto.
4. Empuja el objeto con fuerza suficiente para que gire mientras se desplaza por la rampa.
5. Registra la aceleración y la velocidad angular durante todo el recorrido.

Resultados esperados:

- El acelerómetro mostrará aceleración constante o moderada dependiendo del empuje inicial.
- El giroscopio registrará una velocidad angular uniforme y controlada, reflejando el giro del objeto.

Explicación científica:

Cuando un objeto uniforme combina traslación y rotación, la energía cinética se reparte entre ambas formas de movimiento. La inclinación baja limita la aceleración lineal, mientras que la uniformidad del objeto produce un giro regular, fácil de medir con los sensores del teléfono.

11.14.62. Combinado – Objeto irregular – Inclinación alta**Enunciado completo:**

Este experimento estudia un objeto irregular lanzado lentamente desde una rampa alta, observando simultáneamente traslación y rotación, utilizando el acelerómetro y el giroscopio con orientación vertical para captar toda la dinámica del movimiento.

Procedimiento detallado:

1. Coloca una rampa alta ($\sim 50^\circ$) y asegúrate de que el objeto pueda deslizarse sin obstáculos.
2. Posiciona un objeto irregular en la parte superior de la rampa.
3. Coloca el teléfono vertical junto a la rampa, alineando los sensores con las direcciones de movimiento y rotación esperadas.
4. Suelta el objeto lentamente, permitiendo que se traslade y gire simultáneamente.
5. Registra los datos, observando picos de aceleración y cambios de velocidad angular irregulares provocados por la forma desigual del objeto.

Resultados esperados:

- Lecturas irregulares en el giroscopio y acelerómetro, reflejando la distribución desigual de masa y la interacción con la inclinación alta.
- Variaciones en velocidad angular y aceleración, más lentas que en los objetos regulares, pero con magnitudes amplias en algunos momentos.

Explicación científica:

La combinación de masa desigual y liberación lenta sobre una pendiente alta genera un movimiento complejo de traslación y rotación. El acelerómetro captura la aceleración variable de cada sección del objeto, mientras que el giroscopio refleja cambios en la velocidad angular, mostrando cómo la forma y distribución de masa influyen en la dinámica de cuerpos sobre planos inclinados.

11.14.63. Caída libre – Objeto ligero – Altura baja**Enunciado completo:**

Este experimento tiene como objetivo medir la aceleración de un objeto ligero en caída libre desde una altura baja, utilizando el acelerómetro del teléfono. Se busca observar

cómo la gravedad afecta a objetos de poca masa y cómo el sensor detecta la aceleración lineal durante la caída.

Procedimiento detallado:

1. Sujeta el teléfono firmemente a un objeto ligero que pueda caer sin riesgo de daño al teléfono.
2. Asegúrate de que la superficie de apoyo sea lisa y plana, evitando rebotes o fricciones inesperadas.
3. Sostén el objeto a una altura baja, aproximadamente 20–30 cm del suelo.
4. Suelta el objeto de forma controlada, asegurando que el teléfono permanezca alineado verticalmente durante toda la caída.
5. Registra los datos del acelerómetro mientras el objeto cae, observando el valor máximo alcanzado y cualquier variación debido a posibles oscilaciones del objeto.

Resultados esperados:

- El acelerómetro mostrará un aumento de aceleración cercano a 9.8 m/s^2 , reflejando la aceleración debida a la gravedad.
- Las variaciones menores pueden deberse a pequeñas rotaciones o balanceos del objeto ligero durante la caída.

Explicación científica:

Durante la caída libre, toda la energía potencial se convierte en cinética, generando una aceleración constante debida a la gravedad. La masa ligera del objeto minimiza la inercia y permite que el acelerómetro registre la aceleración casi de manera directa y lineal.

11.14.64. Caída libre – Objeto pesado – Altura alta

Enunciado completo:

Este experimento mide la aceleración de un objeto pesado durante la caída desde una altura considerable, con atención a cómo la superficie rugosa puede generar variaciones al contacto. Se utiliza el acelerómetro del teléfono para registrar la aceleración lineal.

Procedimiento detallado:

1. Coloca un objeto pesado sobre el cual se pueda fijar el teléfono de forma segura, evitando que se suelte o dañe.
2. Asegúrate de que la superficie de apoyo sea rugosa, simulando un impacto más realista que puede afectar la aceleración al contacto.
3. Eleva el objeto a una altura alta, aproximadamente 1 m, manteniendo el teléfono alineado verticalmente.
4. Suelta el objeto sin empujar para que la caída sea puramente libre.
5. Registra la aceleración durante todo el descenso, prestando atención a los picos al inicio y al final del movimiento.

Resultados esperados:

- El acelerómetro mostrará aceleración cercana a la gravedad durante la caída y un pico abrupto al impacto, más marcado que en el objeto ligero.
- Las variaciones se deben a la masa elevada y a la interacción con la superficie rugosa, que puede generar rebotes o cambios repentinos de aceleración.

Explicación científica:

La energía potencial elevada se convierte en energía cinética de forma proporcional a la masa del objeto. La superficie rugosa introduce fuerzas adicionales al contacto, modificando momentáneamente la aceleración. Esto permite estudiar tanto caída libre como efectos de impacto.

11.14.65. *Plano inclinado – Objeto de masa media – Altura baja*

Enunciado completo:

Este experimento analiza el movimiento de un objeto de masa media descendiendo por un plano inclinado bajo, utilizando acelerómetro y giroscopio para medir aceleración lineal y rotación durante el desplazamiento. Se busca observar cómo la inclinación y la masa media afectan el movimiento combinado de traslación y rotación.

Procedimiento detallado:

1. Coloca una rampa baja y lisa sobre una superficie estable.
2. Posiciona un objeto de masa media sobre la rampa y asegúrate de que el teléfono esté fijado al objeto o colocado al lado para registrar datos de aceleración y rotación.
3. Coloca el teléfono horizontalmente, alineando el acelerómetro con la dirección del movimiento y el giroscopio con la posible rotación del objeto.
4. Deja que el objeto ruede libremente sin aplicar fuerza adicional.
5. Registra los valores de aceleración y rotación durante todo el recorrido del plano inclinado.

Resultados esperados:

- El acelerómetro mostrará aumento gradual de aceleración mientras el objeto gana velocidad.
- El giroscopio registrará pequeñas rotaciones, si el objeto no es completamente uniforme.

Explicación científica:

La energía potencial inicial del objeto se convierte en energía cinética de traslación y rotación. La inclinación baja y la masa media producen un movimiento estable, y los sensores captan tanto la aceleración lineal como las ligeras rotaciones.

11.14.66. *Plano inclinado – Objeto pesado – Altura alta*

Enunciado completo:

Este experimento estudia cómo un objeto pesado se comporta al descender por una rampa alta y rugosa, midiendo aceleración y rotación con acelerómetro y giroscopio. Se busca observar los efectos de la masa y la fricción sobre la aceleración y la rotación.

Procedimiento detallado:

1. Coloca una rampa alta con superficie rugosa, asegurando estabilidad.
2. Coloca un objeto pesado sobre la rampa y fija el teléfono de manera segura para registrar aceleración y rotación.
3. Posiciona el teléfono horizontalmente junto al objeto, alineando sensores según las direcciones de traslación y rotación.
4. Deja que el objeto se desplace libremente por la rampa.
5. Registra la aceleración y rotación, observando cómo la fricción de la superficie rugosa y la alta masa generan picos y variaciones en los sensores.

Resultados esperados:

- El acelerómetro mostrará aceleraciones más altas que en rampa lisa debido a la masa y fricción variable.
- El giroscopio detectará rotación irregular, reflejando cómo la superficie rugosa y la forma del objeto afectan la orientación.

Explicación científica:

La energía potencial del objeto se distribuye en energía cinética de traslación y rotación. La fricción y la alta masa provocan variaciones en la aceleración y giros, captadas por los sensores. Esto permite estudiar el comportamiento real de cuerpos pesados en superficies imperfectas.

11.14.67. *Movimiento orbital simulado – Objeto ligero – Altura baja*

Enunciado completo:

Este experimento mide la aceleración centrípeta de un objeto ligero girando en un movimiento orbital simulado, utilizando el acelerómetro del teléfono. Se busca analizar cómo la aceleración centrípeta depende de la velocidad y radio de giro.

Procedimiento detallado:

1. Sujeta firmemente el teléfono a un objeto ligero mediante cuerda, asegurando que no se desprenda.
2. Mantén la cuerda horizontal y gira el objeto en círculos pequeños a baja altura, simulando una órbita simple.
3. Coloca el teléfono horizontalmente, alineando el acelerómetro con la dirección radial para capturar la aceleración centrípeta.
4. Registra la aceleración durante varias vueltas, observando el valor promedio y las variaciones por pequeños cambios en velocidad.

Resultados esperados:

- El acelerómetro mostrará aceleración constante centrípeta mientras el objeto gira uniformemente y variaciones menores ocurren si la velocidad de giro fluctúa ligeramente.

Explicación científica:

La aceleración centrípeta mantiene el objeto en trayectoria circular. La masa ligera minimiza inercia, permitiendo que el acelerómetro registre directamente la aceleración radial. Esto ayuda a entender cómo la velocidad y radio influyen en el movimiento circular.

11.14.68. *Movimiento orbital simulado – Objeto de masa media*

Enunciado completo:

Este experimento analiza la aceleración centrípeta de un objeto de masa media en un movimiento orbital más amplio y rápido, usando el acelerómetro del teléfono. Se busca observar cómo la masa y velocidad influyen en la magnitud de la aceleración.

Procedimiento detallado:

1. Sujeta el teléfono a un objeto de masa media mediante cuerda larga, asegurando fijación segura.
2. Gira el objeto en círculos horizontales a mayor velocidad, simulando una órbita de mayor altura y radio.
3. Coloca el teléfono horizontalmente, alineando el acelerómetro con la dirección radial del movimiento.
4. Registra la aceleración durante varias vueltas, observando picos y valores promedio según velocidad y radio.

Resultados esperados:

- El acelerómetro mostrará picos de aceleración centrípeta mayores que en el objeto ligero debido a la masa y velocidad más altas.
- La variación de aceleración refleja los cambios en velocidad durante el giro y la inercia del objeto de mayor masa.

Explicación científica:

La aceleración centrípeta aumenta con la masa, velocidad y radio de giro. Este experimento demuestra cómo un sensor móvil puede capturar dinámicas complejas de movimientos circulares y cómo la masa del objeto influye en la magnitud de la aceleración.

12. Conclusiones

En este apartado se presentan las conclusiones principales determinadas en base a cada objetivo. También, muestra la causa y consecuencia encontrada, así como los datos numéricos resultante y la interpretación de ellos. Resume de manera clara los resultados de los 3 instrumentos aplicados y se explica cómo se dio salida a cada objetivo.

Para dar salida al objetivo número 1, que busca “caracterizar los contenidos de Física Clásica susceptibles a medición mediante sensores MEMS”, se ha concluido que, de los 60 temas de la malla curricular, solo 30 corresponden a física clásica y de estos, únicamente 12 resultaron viables para ser abordados con sensores MEMS. De este modo, la selección evidencia que los sensores disponibles en smartphones permiten registrar magnitudes físicas elementales como frecuencia, amplitud, aceleración, velocidad, intensidad luminosa y campo magnético. En consecuencia, esto posibilita la realización de experimentos controlados sobre cinemática, electromagnetismo y óptica.

Además, los resultados obtenidos muestran que la aplicación de sensores MEMS contribuye significativamente al aprendizaje experimental. Así, los estudiantes pueden obtener mediciones cuantitativas en tiempo real y comparar los datos con modelos teóricos de forma sencilla y accesible. Por tanto, el uso de sensores MEMS se consolida como una estrategia eficaz para vincular teoría y práctica de esta ciencia.

Sin embargo, el análisis también revela limitaciones inherentes a la precisión y alcance de los sensores. Debido a ello, las mediciones que involucran magnitudes elevadas o fenómenos complejos exceden las capacidades técnicas del hardware de los teléfonos. Por esta razón, los sensores no pueden registrar con exactitud variaciones de alta frecuencia, campos magnéticos intensos o desplazamientos muy pequeños.

Por esta razón, se recomiendan más investigaciones que identifiquen los límites del hardware. Asimismo, la falta de calibración estandarizada entre dispositivos afecta la comparabilidad de resultados. Por consiguiente, los experimentos más apropiados son aquellos de baja escala y enfoque educativo.

Para dar salida al objetivo número 2, que busca “Analizar la funcionalidad de los sensores MEMS sobre experimentación científica en un entorno educativo”, se ha concluido que los valores experimentales muestran coeficientes de variación (CV) menores al 1% y márgenes de error (ME) promedio entre 0.6 y 1.4 unidades. De esta manera, se confirma excelente estabilidad, precisión y repetibilidad en las mediciones. Por consiguiente, los resultados respaldan la fiabilidad de los sensores MEMS en contextos educativos.

En los experimentos de movimiento lineal y rotacional, los CV se mantuvieron entre 0.6% y 0.8%. En consecuencia, esto demuestra la confiabilidad del acelerómetro y giroscopio en actividades de cinemática básica. A su vez, las mediciones ópticas reflejan coherencia y dispersión mínima, ratificando la estabilidad del sensor de luz incluso bajo condiciones no controladas.

Asimismo, los experimentos sobre fenómenos ondulatorios y el efecto Doppler confirmaron un comportamiento lineal y proporcional a la teoría física. De igual manera, los resultados mostraron estabilidad frente a ruido ambiental moderado. Validando la respuesta precisa y constante de los sensores durante las pruebas.

Por su parte, los sensores magnéticos presentaron CV entre 2% y 4% y márgenes de error de aproximadamente 0.6 Oe. Debido a esto, se evidencia buena sensibilidad para detectar campos magnéticos de baja intensidad, aunque con menor precisión ante variaciones espaciales. En consecuencia, su desempeño sigue siendo adecuado para aplicaciones didácticas.

Estos resultados demuestran que los sensores MEMS pueden emplearse con efectividad en entornos educativos sin requerir laboratorios avanzados. Sin embargo, se reconoce que la calibración limitada y las diferencias entre dispositivos pueden afectar la homogeneidad de los datos. Aun así, el objetivo se cumplió satisfactoriamente, mostrando funcionalidad sólida y reproducible.

Para dar salida al objetivo número 3, que busca “Diseñar un software compatible con sensores MEMS para la recopilación de datos físicos en tiempo real”, se ha concluido que el sistema Tamímetro logra una integración estable entre hardware y software. Por tanto,

asegura la captura continua y confiable de variables físicas. Además, la triangulación entre antecedentes, teoría y resultados experimentales demuestra eficiencia y compatibilidad en distintas pruebas.

De igual modo, el procesamiento en tiempo real permite visualizar y almacenar los datos con rapidez. En consecuencia, facilita el análisis en actividades de aula y su comparación con los modelos teóricos correspondientes. Asimismo, la validación empírica muestra que las diferencias entre sensores se mantienen dentro de márgenes aceptables.

De esta manera, se refuerza la robustez y confiabilidad de los conceptos que se integraron al software Tamímetro. A su vez, se confirma que cumple plenamente con criterios metodológicos de compatibilidad, estabilidad y reproducibilidad. Por tanto, garantiza su aplicabilidad pedagógica en diferentes entornos educativos.

El diseño del software permite que estudiantes y docentes utilicen los sensores MEMS de forma sencilla. Se fomenta la experimentación autónoma y la comprensión de fenómenos físicos desde un enfoque práctico. Finalmente, se recomienda optimizar el procesamiento de datos y ampliar la compatibilidad con sensores externos en futuras versiones. De esta forma, se fortalecerá su versatilidad y alcance en escenarios educativos más amplios. En conjunto, se demuestra que el Tamímetro constituye una herramienta innovadora, funcional y pedagógicamente eficaz para el registro y análisis de datos físicos en tiempo real.

En consecuencia, la hipótesis planteada se confirma plenamente. De esta manera, el uso del software basado en MEMS permitió mejorar la recolección y precisión de datos en experimentos de Física Clásica en contextos escolares. Entonces, se valida tanto la selección de contenidos, la funcionalidad de los sensores como la compatibilidad del software.

13. Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos, se recomienda realizar estudios sobre la integración de estos sensores con docentes de Física incorporar el uso de sensores MEMS en sus clases prácticas con algún software especializado. De este modo, se debe priorizar temas de la Física Clásica que puedan medirse con precisión, como el movimiento lineal, la aceleración, la intensidad luminosa y el campo magnético. Por consiguiente, esta integración permitirá aprovechar los recursos tecnológicos de los teléfonos inteligentes, facilitando la comprensión de conceptos mediante experiencias experimentales reales y accesibles.

Asimismo, a los estudiantes se les recomienda utilizar los sensores de sus dispositivos como herramientas de exploración científica. De esta manera, podrán verificar experimentalmente los principios teóricos vistos en clase. Al realizar comparaciones entre los valores registrados y los cálculos obtenidos con fórmulas físicas fortalecerá su pensamiento crítico y competencias en análisis de datos.

Adicionalmente, se sugiere a los desarrolladores e investigadores continuar perfeccionando los conceptos planteados, ampliando la compatibilidad con distintos tipos de sensores. En consecuencia, también es importante mejorar la visualización de datos en tiempo real y generar versiones adaptadas a diferentes niveles educativos. De igual forma, la colaboración entre instituciones y desarrolladores permitirá optimizar las funciones del sistema y consolidar su valor como herramienta pedagógica.

Finalmente, a las autoridades académicas y al sistema educativo se recomienda impulsar políticas que promuevan el uso pedagógico de los teléfonos inteligentes y sus sensores MEMS en la enseñanza de la ciencia. De esta manera, estas iniciativas deberían incluir programas de capacitación docente, creación de guías metodológicas y apoyo a proyectos que utilicen tecnologías móviles para la experimentación. Por tanto, se favorecerá el acceso equitativo a la práctica científica, se fortalecerá la enseñanza de la Física y se contribuirá al desarrollo de una educación innovadora y de bajo costo, alineada con los objetivos institucionales y nacionales.

14. Referencias

- Arias, A. (2008). ¿Que es la luz? *LAPEN*.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2735624.pdf>
- Asth, R. (3 de Diciembre de 2019). *Ramas de la física*. <https://www.significados.com/ramas-de-la-fisica/>
- AZimuth. (1998). chapter 2 - The Measurement of Color. 1, 31-96.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1387-6783\(98\)80005-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1387-6783(98)80005-6)
- Best, D. (2022). *Measurement Of Magnetic Fields*. <https://www.ebsco.com/research-starters/engineering/measurement-magnetic-fields>
- Bickham, S. R., Matthews, H. B., & Mishra, S. (2016). Submarine fibers. *Undersea Fiber Communication Systems*, 403-420.
<https://doi.org/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128042694000118>
- Bohr, N. (1996). V - On The Notions of Causality and Complementarity. 7, 325-338.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1876-0503\(08\)70378-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1876-0503(08)70378-5)
- Bonafonte, A. (29 de Mayo de 2009). *Transformada de Fourier*.
<https://upcommons.upc.edu/server/api/core/bitstreams/5bb1edad-fd0b-4866-abcb-5bb3daa79d6c/content>
- Brainard, J. (1 de Septiembre de 2025). *Velocity*. <https://flexbooks.ck12.org/cbook/ck-12-middle-school-physical-science-flexbook-2.0/section/9.6/primary/lesson/velocity-ms-ps/>
- Chicone, C. (2027). Applied Mathematics and Mathematical Modeling. *An Invitation to Applied Mathematics*, 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804153-6.50001-4>
- Crone, W. (2008). Una breve introducción a MEMS y NEMS. https://doi.org/10.1007/978-0-387-30877-7_9

- De la Fuente, M. M. (2023). *SMARTPHONE laboratorio de bolsillo*.
<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/62513/EdUVA-SMARTPHONE-laboratorio-bolsillo.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Electric and magnetic fields [EMFs]. (2025). *Información sobre campos electromagnéticos*.
<https://www.emfs.info/what-are-emfs/terminology-and-units>
- Epita. (30 de Diciembre de 2024). *An introduction to MEMS*.
<https://blog.gistre.epita.fr/posts/florent.sagot-2024-09-27-mems/>
- ES Systems. (14 de Julio de 2023). *A Comprehensive guide to MEMS sensors*.
<https://esenssys.com/news/comprehensive-guide-to-mems-sensors/>
- Escuela Leticia López Alemán. (2008). *Normativa aula tic*.
<https://es.slideshare.net/slideshow/normativa-aula-tic/51634968>
- Escuela Técnica Superior "Antonio de Solís". (Septiembre de 2018). *Impedancia Acústica*.
<https://plenumformacion.com/wp-content/uploads/2018/09/ap-01-acu-tema05-imp.pdf>
- Evains, A. C., Anggereni, S., & Lanto, M. S. (11 de Febrero de 2024). Enhancing Science Process Skills in Physics Education: The Impact of the Phyphox Smartphone Application in High School Laboratories. *IMPULSE: Journal of Research and Innovation in Physics Education*, 3, 9-18. <https://doi.org/10.14421/impulse.2023.31-02>
- Freire, N. (24 de Febrero de 2024). https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/leyes-maxwell-cuatro-ecuaciones-que-explican-electromagnetismo_21633
- Galindo, S. E. (2013). La filosofía del constructivismo y su aplicación en la educación a distancia. <https://recursos.educoas.org/sites/default/files/2005-03-1068PonenciaVirtualCONSTRUC.pdf>

- García, Z. (2025). *Los secretos del magnetismo*.
https://www.iax.es/rea/fisicaquimica01/los_10_grandes_usos_de_magnetismo.html
- GlobalWellPCBA. (7 de Febrero de 2025). *PCB de micrófono: tipos, principios de funcionamiento y aplicaciones*. <https://www.globalwellpcb.com/es/pcb-de-microfono/#:~:text=sonido%20es%20clave-,Micr%C3%B3fono%20MEMS,es%20amplificada%20por%20el%20preamplificador>.
- Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional [GRUN]. (19 de Julio de 2021). *Plan Nacional de lucha contra la pobreza*. [https://www.pndh.gob.ni/documentos/pnlc-dh/PNCL-DH_2022-2026\(19Jul21\).pdf](https://www.pndh.gob.ni/documentos/pnlc-dh/PNCL-DH_2022-2026(19Jul21).pdf)
- Google for Developers. (4 de Septiembre de 2025). *Developers*.
https://developer.android.com/develop/sensors-and-location/sensors/sensors_overview?hl=es-419
- Han, X., Huang, M., Wu, Z., Gao, Y., Xia, Y., Yang, P., . . . Jiang, Z. (2023). Avances en sensores de presión MEMS de alto rendimiento: diseño, fabricación y embalaje. *Microsistemas y nanoingeniería*, 9. <https://doi.org/10.1038/s41378-023-00620-1>
- Hanna, J. (31 de Julio de 2025). *What Is Sound*.
<https://www.pasco.com/resources/articles/sound-waves#:~:text=%C2%BFC%C3%B3mo%20se%20produce%20el%20sonido,hay%20sonido%20en%20el%20espacio>.
- HelioEsfera. (23 de Octubre de 2019). <https://www.helioesfera.com/irradiancia-irradiacion-y-radiacion-solar/>
- Herrera Castrillo, C. J., & Castellón Espinoza, M. G. (2025). Beneficios y desafíos del uso de simuladores interactivos en la enseñanza de la Física. *Vida Científica Boletín Científico de la Escuela Preparatoria*, 13(26), 1-13.
<https://doi.org/10.29057/prepa4.v13i26.14436>

- Hossain, N., Al Mahmud, M. Z., Hossain, A., Rahman, M. K., Islam, M. S., Tasnim, R., & Mobarak, M. H. (Junio de 2024). Avances de la ciencia de los materiales en aplicaciones MEMS: una revisión. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102115>
- IAD. (17 de Marzo de 2025). *Giroscopio ¿que es?* <https://iad.la/blogs/giroscopio-que-es/#:~:text=Un%20giroscopio%20es%20un%20dispositivo,vibraciones%20y%20cambios%20de%20temperatura.>
- Indeed. (24 de Junio de 2024). *Ramas de la física clásica y principales salidas laborales.* <https://mx.indeed.com/orientacion-profesional/como-encontrar-empleo/ramas-fisica-clasica>
- Industrias GSL. (13 de Julio de 2021). *Sensor de luz.* https://industriassgsl.com/blogs/automatizacion/sensor_de_luz?srsItid=AfmBOooiJ9X5UwwdtJ0iC8y3FL6k6Aphn32MkmbUr1GSE24EILgex_DD
- Industrias GSL. (6 de Julio de 2021). *Sensor de velocidad.* https://industriassgsl.com/blogs/automatizacion/sensor_de_velocidad?srsItid=AfmBOOp7xsvyN2gAyAn3Tbpx8K3cfq5SJ72-Kqgk12dsb52ddAAm8tq3
- Inertial Labs. (Noviembre de 2023). *Accelerometers: The Quintessence of Modern Inertial Navigation.* <https://inertiallabs.com/accelerometers-the-quintessence-of-modern-inertial-navigation/#:~:text=Los%20aceler%C3%B3metros%20desempe%C3%B1an%20un%20papel,y%20la%20precisi%C3%B3n%20es%20fundamental.>
- Instituto Nacional de Educación Tecnológica [INET]. (20 de Junio de 2019). *ELECTRÓNICA Guía de estudio 4: Capacitancia.* https://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2020/07/ELECTRONICA_Gu--a04-Capacitancia.pdf
- Instituto Nacional José Miguel Carrera. (1 de Septiembre de 2016). *Óptica.* <https://institutonacional.cl/wp-content/uploads/2016/09/1-F%C3%ADsica-Gu%C3%ADa-de-O%CC%81ptica-2016.pdf>

- Joe. (26 de Marzo de 2024). *Guía definitiva: ¿Qué es un sensor de proximidad?*
<https://www.omchsmmps.com/es/what-is-a-proximity-sensor/#:~:text=Los%20sensores%20magn%C3%A9ticos%20de%20proximidad,en%20condiciones%20dif%C3%ADciles%20son%20primordiales.>
- Las Cumbres Observatory. (2025). *Light as a Particle*.
<https://lco.global/spacebook/light/light-particle/>
- Lekha, G., & George, S. (2020). Colloidal magnetic metal oxide nanocrystals and their applications. *Colloidal Metal Oxide Nanoparticles*, 289-335.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813357-6.00013-9>
- Li, Y., & Ren, S. (2011). Basic Properties of Building Decorative Materials. *Building Decorative Materials*, 10-24. <https://doi.org/https://doi.org/10.1533/9780857092588.10>
- Liu, L., Guo, X., & Lee, C. (2003). Promoting smart cities into the 5G era with multi-field Internet of Things (IoT) applications powered with advanced mechanical energy harvesters. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 689-694.
- Livius Prep. (12 de Diciembre de 2024). *Understanding Speed vs. Velocity: Key Differences and Why They Matter*. <https://www.liviusprep.com/understanding-speed-vs-velocity-key-differences-and-why-they-matter.html>
- López, J. M. (14 de abril de 2025). <https://iaeducativa.org/2025/04/14/electricidad-y-magnetismo/#:~:text=Campo%20Magn%C3%A9tico:%20La%20Fuerza%20Invisible,cerca%2C%20mayor%20ser%C3%A1%20la%20fuerza.>
- López, J. M. (14 de abril de 2025). *Electricidad y Magnetismo*.
<https://iaeducativa.org/2025/04/14/electricidad-y-magnetismo/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20Electromagnetismo?,de%20energ%C3%ADa%20sin%20contacto%20directo.>
- López-Noguero, F., Romero-Díaz, T., & Gallardo-López, J. A. (2023). Smartphone como herramienta de enseñanza-aprendizaje en Educación Superior en Nicaragua. *RIED-*

- Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 26(1), 307-330.
<https://doi.org/10.5944/ried.26.1.34016>
- Major, J. (13 de Octubre de 2021). <https://archive.fleet.org.au/blog/reflection-absorption-refraction-diffraction-the-basics/>
- Manker, S. G., & Shellock, F. G. (2018). MRI Safety and Neuromodulation Systems. *Neuromodulation*, 315-337. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805353-9.00024-3>
- Manso, J. (Septiembre de 2015). *Diseño de un kit docente para el estudio experimental de las ondas sonoras*. Universidad de Valladolid: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/16734/TFG-I-351.pdf?sequence=1>
- Mattivi, F. M., Michajlowa, C. J., & Mattivi, M. d. (2025). Uso del celular para medir variables físicas en la Facultad de Ingeniería. *JIDeTEV*, 14. <https://autoresjidetev.fio.unam.edu.ar/index.php/jidetev/article/view/42>
- McClenaghan, E. (10 de Junio de 2025). *La prueba T de una muestra*. <https://www.technologynetworks.com/tn/articles/the-one-sample-t-test-387917>
- McLeod, S. (19 de Marzo de 2025). *Kolb's Learning Styles and Experiential Learning Cycle*. <https://www.simplypsychology.org/learning-kolb.html>
- Medina, A., Ramos, A., & Fuerte, C. (2003). Swift computation of the periodic steady state solution of power systems containing TCSCs. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 25. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0142-0615\(03\)00026-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0142-0615(03)00026-7)
- Mendoza, É. C., Laurencio, J. L., & Apaza, R. M. (2018). Determinación del nivel de presión sonora generada por el parque automotor en Ilo, Perú. *REVISTA PRODUCCIÓN*, 13, 14-20. <https://doi.org/10.22507/pml.v13n2a2>
- Mercado, F. M. (2024). Modelo Tecno-Pedagógico B- Learning Para El Aprendizaje Universitario A nivel De Grado en Nicaragua. *[Tesis de Grado. Repositorio Asociación*

- Universitaria Iberoamericana de Postgrado*]. Managua.
<http://repositorio.unicit.edu.ni/70/1/Modelo%20Tecno-Pedag%C3%B3gico%20b-Learning%20para%20el%20aprendizaje%20Universitario%20a%20nivel%20de%20Grado%20en%20Nicaragua.pdf>
- Miyara, F. (2004). *CONVERSORES D/A Y A/D*. <https://www.fceia.unr.edu.ar/enica3/da-ad.pdf>
- Mock, L. (2023). *From Mercury to Digital: Various Types of Barometers for Measurement*. <https://blog.mensor.com/blog/from-mercury-to-digital-various-types-of-barometers-for-measurement#:~:text=Bar%C3%B3metro%20digital%20de%20precisi%C3%B3n,de%20sus%20capacidades%20y%20precisi%C3%B3n>.
- Molina, M. L., Mendez, S., & Arias, N. A. (2013). Vibraciones de membranas rectangulares y circulares: solución analítica, simulación, y solución numérica. *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 85-93.
https://www.researchgate.net/publication/294090903_VIBRACIONES_DE_MEMBRANAS_RECTANGULARES_Y_CIRCULARES_SOLUCION_ANALITICA_SIMULACION_Y_SOLUCION_NUMERICA
- Monolithic Power Systems. (2025). *Mechanical Sensors*. <https://www.monolithicpower.com/en/learning/mpscholar/sensors/different-types-of-sensors/mechanical-sensors#:~:text=Aceler%C3%B3metros%20MEMS:%20tipos%20capacitivos%20y,y%20vincularlo%20a%20la%20aceleraci%C3%B3n.&text=Aceler%C3%B3metros%20MEMS%20piezorres>
- Morán, I. M. (2015). Experimentación de estrategias metodológicas para el aprendizaje del Principio de conservación de la energía con estudiantes de décimo grado del Colegio Rural El Rosario del municipio de Pueblo Nuevo, durante el segundo semestre 2014. *[Tesis de Grado. Repositorio de la UNAN-Managua]*. Retrieved from <https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/806/1/16443.pdf>

- Munuera, M. C. (27 de junio de 2018). *Filtro de Kalman y sus aplicaciones*.
<https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/127417/2/memoria.pdf>
- NASA. (3 de Mayo de 2010). *La segunda ley de Newton: principio fundamental de la dinámica*.
https://imagine.gsfc.nasa.gov/observatories/learning/swift/classroom/docs/law2_guide_spanish.pdf
- National Geographic. (2025). *El efecto Coriolis: la rotación de la Tierra y su efecto en el clima*.
<https://education.nationalgeographic.org/resource/coriolis-effect/>
- Nikolopoulou, K. (22 de Junio de 2023). *What Is Probability Sampling? | Types & Examples*.
<https://www.scribbr.com/methodology/probability-sampling/>
- Pérez, J. (21 de Septiembre de 2015). El Positivismo y la Investigación Científica. *Revista Empresarial*, 29-34. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6419741.pdf>
- Ponce Mendoza, J. A., Intriago Zambrano, N. E., Alvarez Moran, N. C., Santana Soledispa, G. L., & Muñoz Pinela, A. G. (2025). El impacto de la falta de recursos tecnológicos en el aprendizaje dentro de los niveles de educación del Ecuador: Un análisis de sus beneficios y desafíos. *reincisol*, 4, 1868-1890.
[https://doi.org/https://doi.org/10.59282/reincisol.V4\(7\)1868-1890](https://doi.org/https://doi.org/10.59282/reincisol.V4(7)1868-1890)
- Quiroga Ávila, A. A., & Acevedo Andrade, A. J. (2024). La Experimentación como Estrategia de Enseñanza de Habilidades y Competencias Científicas en Básica Primaria. *Noria Investigación Educativa*, 1(13), 67-80. <https://doi.org/10.14483/nie.v1i13.19583>
- Ramírez, P. O. (20 de Junio de 2019). Mined celebra encuentro para destacar importancia de los experimentos científicos para el aprendizaje. *El 19 por más Victorias*.
<https://www.el19digital.com/articulos/ver/titulo:91357-mined-celebra-encuentro-para-destacar-importancia-de-los-experimentos-cientificos-para-el-aprendizaje>
- Revista UNIR. (28 de Julio de 2020). *¿Qué es el aprendizaje basado en problemas?*
<https://www.unir.net/revista/educacion/aprendizaje-basado-en->

problemas/#:~:text=El%20ABP%20promueve%20el%20desarrollo,como%20de%20
buscar%20una%20soluci%C3%B3n.

Ricardi, F. Q. (2011). La prueba de ji-cuadrado. *MEDIWAVE*.
<https://doi.org/10.5867/medwave.2011.12.5266>

Risoul. (26 de Junio de 2020). *Medición por efecto Coriolis en la industria*.
<https://www.risoul.com.mx/blog/medicion-por-efecto-coriolis-en-la-industria#:~:text=El%20efecto%20Coriolis%20es%20un,y%20nuestros%20equipos%20de%20medici%C3%B3n>.

Rodríguez, A. M. (2015). Experimentación con estrategias metodológicas para el aprendizaje del Principio de conservación de la energía con estudiantes de décimo grado del Colegio Rural El Rosario del municipio de Pueblo Nuevo, durante el segundo semestre 2014. *[Tesis de Grado. Repositorio UNAN-Managua]*.
<https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/811/1/16439.pdf>

Romero Díaz, T., Borge López, E. Y., & Martínez Gimeno, A. (2024). Uso de las TIC en la enseñanza de la física en la secundaria de nicaragua. *Latitude: Revista Multidisciplinaria*, 2(20), 5-23. <https://doi.org/10.55946/latitude.v2i20.255>

Ruiz, M. V., Gutiérrez, E. L., Castrillo, C. H., & Bustamante, P. H. (2023). Aplicación móvil “Tamímetro” para el aprendizaje de la energía en estudiantes de educación secundaria. *Revista Científica Ciencia y Tecnología*, 23(40), 1-15.
<https://doi.org/10.47189/rcct.v23i40.634>

Rüstem, B., Kuntoğlu, M., Pimenov, D. Y., Usca, Ü. A., Gupta, M. K., & Korkmaz, M. E. (2022). Advance monitoring of hole machining operations via intelligent measurement systems: A critical review and future trends. *Measurement*, 201, 111-757.
<https://doi.org/https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263224122009617>

Santander Universidades. (10 de Diciembre de 2021). *Investigación cualitativa y cuantitativa: características, ventajas y limitaciones*.

<https://www.santanderopenacademy.com/es/blog/cualitativa-y-cuantitativa.html#:~:text=La%20investigaci%C3%B3n%20cuantitativa%20se%20usa,recuento%20de%20apariciones%20de%20palabras.>

Secretaría Técnica SAMIUC. (8 de Enero de 2018). *Chi cuadrado*. <https://www.samiuc.es/estadisticas-variables-binarias/valoracion-inicial-pruebas-diagnostics/chi-cuadrado/>

Siyavula. (2025). *Speed of sound*. <https://www.siyavula.com/read/za/physical-sciences/grade-10/sound/10-sound-02>

Solectroshop. (10 de Julio de 2021). *fotorresistencia, fototransistor y fotodiodo que son y que diferencias hay*. <https://solectroshop.com/es/blog/fotorresistencia-fototransistor-y-fotodiodo-que-son-y-que-diferencias-hay-n93#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20un%20sensor%20de,intensidad%20de%20la%20luz%20incidente.>

Som, K. E. (1 de Julio de 2025). *An introduction to MEMS*. <https://engineeringproductdesign.com/mems-micro-electro-mechanical-system/>

Staacks, S., Dorsel, D., Krampe, A., Hagedorn, M., Leier, E., Heinke, H., & Christoph, S. (2025). Bluetooth sensors in phyphox with Arduino and MicroPython: paving the way from an idea to an experiment for teachers and learners. *Physics Education*, 60, 1-8. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/adb5f>

STMicroelectronics. (2025). *MEMS Sensors Ecosystem for Machine Learning*. https://www.st.com/content/st_com/en/ecosystems/MEMS-Sensors-Ecosystem-for-Machine-Learning.html

SVANTEK. (15 de abril de 2025). *Definición, características y uso de las ondas sonoras en acústica*. <https://svantek.com/es/academia/onda-de-sonido/>

SVANTEK. (24 de Abril de 2025). *Mediciones de Sonido*. <https://svantek.com/es/academia/mediciones-de->

sonido/#:~:text=Definici%C3%B3n%20de%20medici%C3%B3n%20de%20sonido,m
%C3%A9dico%20y%20las%20ciencias%20ambientales.

Thomas, L. (31 de Julio de 2020). *Quasi-Experimental Design | Definition, Types & Examples*.
<https://www.scribbr.com/methodology/quasi-experimental-design/>

Thomas, L. (28 de Agosto de 2020). *Simple Random Sampling | Definition, Steps & Examples*.
<https://www.scribbr.com/methodology/simple-random-sampling/>

UNAN-Managua. (Agosto de 2020). Proyecto Institucional UNAN-MANAGUA. *Editorial
Universitaria UNAN-Managua*. [https://www.unan.edu.ni/wp-
content/uploads/unan-managua-proyecto-institucional.pdf](https://www.unan.edu.ni/wp-content/uploads/unan-managua-proyecto-institucional.pdf)

UNAN-Managua. (2021). *Documento Curricular de Física-Matemática*. Editorial
Universitaria UNAN-Managua.
[https://www.researchgate.net/publication/382082393_Documento_Curricular_de
_Fisica-Matematica](https://www.researchgate.net/publication/382082393_Documento_Curricular_de_Fisica-Matematica)

UNAN-Managua. (16 de Agosto de 2021). *El modelo curricular por competencias*.
[https://www.unan.edu.ni/wp-content/uploads/El-modelo-curricular-por-
competencias-aflora-logros.pdf](https://www.unan.edu.ni/wp-content/uploads/El-modelo-curricular-por-competencias-aflora-logros.pdf)

UNAN-Managua. (19 de Agosto de 2024). *Estrategia Nacional de Educación 2024-2026*.
[https://www.unan.edu.ni/wp-content/uploads/Estrategia_Nacional_Educacion-
2024-2026.pdf](https://www.unan.edu.ni/wp-content/uploads/Estrategia_Nacional_Educacion-2024-2026.pdf)

UNAN-Managua. (15 de Junio de 2024). *Marcos Vilchez, ciencia e investigación, para un
aprendizaje significativo*. [https://www.unan.edu.ni/index.php/vida-
universitaria/marcos-vilchez-ciencia-e-investigacion-para-un-aprendizaje-
significativo.odp](https://www.unan.edu.ni/index.php/vida-universitaria/marcos-vilchez-ciencia-e-investigacion-para-un-aprendizaje-significativo.odp)

UNAN-Managua. (9 de abril de 2025). *Línea de Investigación*. [https://www.unan.edu.ni/wp-
content/uploads/lineas_de_investigacion.pdf](https://www.unan.edu.ni/wp-content/uploads/lineas_de_investigacion.pdf)

UNIR Revista. (17 de Octubre de 2024). *El espectro sonoro, de frecuencias y el espectrograma*. <https://www.unir.net/revista/musica/espectro-sonoro/>

Universidad Católica del Norte. (Septiembre de 2017). *LEY DE HOOKE*. <https://www.fisica.ucn.cl/wp-content/uploads/2017/09/GL1-LEY-DE-HOOKE.pdf>

Universidad de Guanajuato. (13 de Diciembre de 2021). *Clase digital 4. Definición del alcance de la investigación que se realizará: exploratorio, descriptivo, correlacional o explicativo*. <https://blogs.ugto.mx/rea/clase-digital-4-definicion-del-alcance-de-la-investigacion-que-se-realizara-exploratorio-descriptivo-correlacional-o-explicativo/#:~:text=Busca%20especificar%20las%20propiedades%2C%20las,%2C%20comunidad%2C%20contexto%20o%20situac>

Universidad de Guanajuato. (30 de Marzo de 2022). *Clase digital 1. Magnetismo*. <https://blogs.ugto.mx/rea/clase-digital-1-magnetismo/#:~:text=gran%20desarrollo%20tecnol%C3%B3gico-,El%20magnetismo%20es%20un%20fen%C3%B3meno%20f%C3%ADsico%20que%20presentan%20ciertos%20materiales,relaciona%20estrechamente%20con%20la%20electricidad>

Universidad de Sevilla. (11 de Junio de 2021). *Tecnología MEMS*. <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/4966/fichero/e.+Tecnologia+MEMS.pdf>

Universidad de Vermont Departamento de Física. (2025). *Difracción e interferencia*. https://www.uvm.edu/~dahammon/Structural_Colors/Structural_Colors/Diffraction_And_Interference.html

Universidad Nacional Autónoma de México. (11 de Septiembre de 2016). *Sistemas Microelectromecánicos (MEMS)*. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/306/A4.pdf?sequence=4&isAllowed=y#:~:text=El%20primer%20aceler%C3%B3metro%20tipo%20MEMS,de%20micro%20aceler%C3%B3metros%20fueron%20comercializados>

Universidad Nacional del Litoral [UNL]. (19 de Noviembre de 2021). *POLARIZACION de la luz y ondas EM*.

https://www.fbcbl.unl.edu.ar/dfbioq/files/F%C3%8DSICA%20II/Teoria_Polarizacion_de_la_Luz.pdf

UTMEL. (28 de Julio de 2020). *Basic Introduction to Hall Effect Sensors*.
<https://www.utmel.com/blog/categories/sensors/basic-introduction-to-hall-effect-sensors>

Vásquez, J. (27 de Junio de 2025). *Classical Physics vs Quantum Physics | Overview & Examples*.
<https://study.com/academy/lesson/classical-physics-vs-quantum-physics-overview-examples.html>

Vázquez, H. E. (2020). *MEMS - Aplicaciones en Metrología*.
https://www.cenam.mx/dme/pdf/PRE_E-Mie-2.pdf

Vectornav. (2025). *MEMS Operation*. <https://www.vectornav.com/resources/inertial-navigation-primer/theory-of-operation/theory-mems#:~:text=vibraciones%20e%20inclinaci%C3%B3n.,Magnet%C3%B3metros%20MEMS,magn%C3%A9tico%20creado%20por%20objetos%20cercanos>.

Vedantu. (26 de Septiembre de 2023). *Diferencia entre compresión y rarefacción*.
<https://www.vedantu.com/jee-main/physics-difference-between-compression-and-rarefaction>

Vílchez-Ruiz, M. I., López-Gutiérrez, E., & Herrera-Castrillo, C. J. (2024). Innovación educativa: Sistematización sobre el desarrollo y evaluación de la aplicación “Tamímetro”. *Didáctica y Educación*, 15(6), 110-136.
<https://revistas.ult.edu.cu/index.php/didascalía/article/view/1995>

Vite, E. O. (Marzo de 2018). *Mecánica*.
https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/prepa_ixtlahuaco/2018/3/Mecanica.pdf

VIU Universidad Online. (15 de Febrero de 2022). *¿Qué es la investigación científica?*
[https://www.universidadviu.com/ec/actualidad/nuestros-expertos/cuales-son-los-
tipos-de-investigacion-cientifica](https://www.universidadviu.com/ec/actualidad/nuestros-expertos/cuales-son-los-tipos-de-investigacion-cientifica)

Wang, M. (26 de Noviembre de 2022). *Sensor de sonido: todo lo que necesita saber en 2022.*
<https://es.pcbtok.com/sound-sensor>

Wiegand, J. H. (1967). The Failure Mechanism of Solid Propellant Grains. *Mechanics and
Chemistry of Solid Propellants*, 539-574.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-1-4831-9837-8.50028-4>

15. Anexos

Anexo A. Cronograma de Trabajo

Tabla 28.

Cronograma de Trabajo

Actividades	Fecha de Entrega
Avances Generales + Instrumentos	15 agosto 2025
Revisión 1	18 agosto 2025
Validación de Instrumentos	20 a 25 agosto 2025
Prueba de Confiabilidad	26 al 28 agosto - Vía zoom [7:00 p.m.]
Aplicación instrumentos	29 agosto - 05 septiembre
Análisis de Resultados	06 septiembre Inicio - Orientaciones del Docente
Revisión de Avances II	12 septiembre
Revisión Avances III - Propuesta	19 septiembre
Revisión Avances IV - APA7	26 septiembre
Revisión Avances V - Turnitin	03 octubre
Revisión Final	10 octubre

Anexo B. Instrumentos

Anexo B.1. Lista de cotejo de contenidos clasificados



Centro Universitario Regional de Estelí

(CUR-Estelí)

Título: Contenidos de Física Clásica susceptibles a medición con MEMS.

Objetivo: Caracterizar los contenidos de Física Clásica susceptible a medición mediante sensores MEMS.

Introducción:

Estimado docente, este instrumento ha sido preparado para que usted pueda identificar qué temas de Física Clásica se pueden medir con los sensores que traen los teléfonos inteligentes. Es decir, estos sensores se llaman sistemas Micro-Electro-Mecánicos (MEMS) y permiten registrar fenómenos como movimiento, orientación, campo magnético o sonido.

Siendo su tarea será revisar los contenidos, principalmente de luz, velocidad, magnetismo y sonido, y marcar si cumplen los criterios de medición. También puede clasificar otros temas del currículo que considere compatibles, como caída libre, presión atmosférica o vibraciones.

Instrucciones:

1. Anote en la columna Contenido de Física Clásica el tema del currículo que desea evaluar.
2. Responda **Sí (1 punto)** o **No (0 puntos)** en cada criterio y sume el puntaje total.
3. Suma el puntaje total y seleccione el nivel de clasificación que quedó marcándolo con una x.

Criterios:

C1: ¿El tema involucra percepción o medición?

C2: ¿El tema incluye cambios en intensidad, color o dirección de la luz?

C3: ¿Se puede medir con un sensor de bolsillo?

C4: ¿El tema involucra sonido o vibraciones?

C5: ¿Se puede relacionar con frecuencia, tono o volumen?

C6: ¿El tema involucra movimiento o velocidad de objetos?

C7: ¿Incluye cambios de aceleración o dirección del movimiento?

C8: ¿El tema involucra magnetismo o campos magnéticos?

C9: ¿Se puede medir con sensores de orientación, aceleración o magnetismo?

C10: ¿Combina más de uno de estos fenómenos: luz, sonido, velocidad o magnetismo?

Contenido											Puntaje total para clasificación					Observación	
N.º	de Física	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	No apto	Poco Apto	Regular	Apto		Muy apto
	Clásica											0-1	2-3	4	(5-6)		(7-10)

Anexo B.2. Protocolo de Registro y Evaluación



Centro Universitario Regional de Estelí (CUR-Estelí)

Título: Funcionalidad de sensores tipo MEMS.

Objetivo: Analizar la funcionalidad de los sensores MEMS sobre experimentación científica en un entorno educativo.

Introducción:

Este instrumento le ayudará a registrar cómo funcionan los sensores MEMS cuando se enfrentan a distintos estímulos físicos. La aplicación hará los cálculos automáticamente, así que usted solo necesita escribir las lecturas que observe y añadir cualquier comentario. De esta manera, será más fácil ver qué tan consistentes son los sensores y cómo se desempeñan en un entorno educativo.

Instrucciones:

1. Seleccione el sensor MEMS a evaluar utilizando la aplicación Tamímetro en el modo de pruebas.
2. Realice la prueba controlada según el estímulo físico correspondiente (ej.: inclinación, vibración, campo magnético); al mismo tiempo, utilice un instrumento de medición tradicional, para comparar los resultados.
3. Registre **mínimo 5 repeticiones** de la misma medición para evaluar consistencia y reproducibilidad.
4. Calcule la desviación estándar y el coeficiente de variación con las herramientas que proporciona la aplicación en el modo de pruebas.
5. Determine si los valores cumplen con el rango aceptable definido para uso educativo.
6. Las escalas de Likert presentadas las aplicara de tal manera que: 1 es muy baja – 5 es muy alta.

N.º	Sensor MEMS	Estímulo Físico	Escriba el valor en cada lectura					Media	Desviación Estándar	Coef. de Variación	Consistencia					Observación
			1	2	3	4	5				0% – 2%	2% – 5%	5% – 10%	10% – 15%	>15%	

Anexo B.3. Lista de cotejo de compatibilidad del Software



Centro Universitario Regional de Estelí (CUR-Estelí)

Título: Compatibilidad del software con sensores tipo MEMS.

Objetivo: Diseñar un software compatible con sensores MEMS para la recopilación de datos físicos en tiempo real.

Introducción:

Estimado investigador, este instrumento le permitirá evaluar la compatibilidad del software con sensores MEMS cuando realice pruebas de integración, proporcionando un marco estructurado para analizar el desempeño de cada sensor y obtener resultados confiables.

Instrucciones:

1. Seleccione el sensor MEMS que se probará en el software Tamímetro.
2. Realice pruebas de integración en diferentes versiones de Android si aplica.
3. Registre incidencias, errores o fallas de captura de datos.
4. Mida el tiempo de respuesta de captura para cada sensor.
5. Sume los resultados para obtener un puntaje de compatibilidad.

N.º	Sensor MEMS Evaluado	Versión Android	Asignación del puntaje de compatibilidad										Puntaje total	Observación	
			Integración Correcta (Sí=1 / No=0)	Incidencias/Errores registrados clasificados en una escala de Likert 1 (Muchos) – 5 (Muy pocos)					Tiempo de respuesta en una escala de Likert 1 (Muy lento) – 5 (Muy rápido)						
				1	2	3	4	5	1	2	3	4			5

Anexo C. Evidencias

Figura 22.

Experimentos de luz

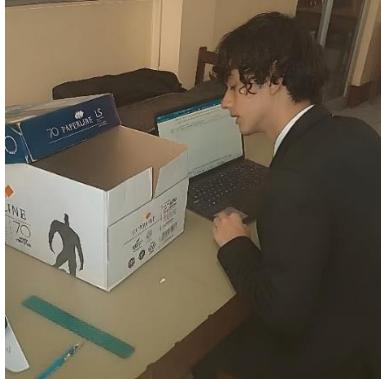


Figura 23.

Adaptación del software



Figura 24.

Experimentos de velocidad



Figura 25.

Aplicación de instrumentos

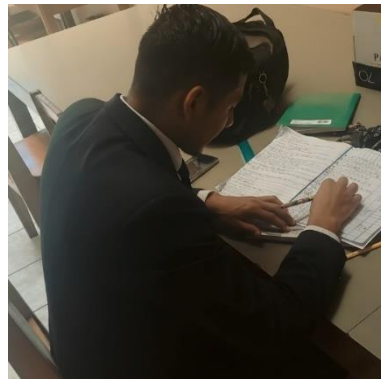


Figura 26.

Análisis de datos



Anexo D. Procesos de análisis

Tabla 29.

Experimentos del contenido energía y sus propiedades

N	Qué medir (sensores)	Magnitud de energía	Condición experimental	Orientación del teléfono	Ubicación del sensor	Descripción práctica
1	Acelerómetro / Giroscopio baja / Sensor de luz	Bajo	Estático	Horizontal	Pantalla	Teléfono en mesa horizontal, sin moverlo. Luz ambiental tenue sobre la pantalla.
2	Acelerómetro / Giroscopio / Sensor de luz	Medio	Movimiento controlado	Horizontal	Parte trasera	Mover el teléfono suavemente en línea recta y girar lentamente. Luz de lámpara cercana sobre la parte trasera.
3	Acelerómetro / Giroscopio / Sensor de luz	Alto	Movimiento controlado	Vertical	Pantalla	Teléfono sostenido verticalmente, realizar movimientos rápidos de vaivén y rotación. Luz directa intensa sobre pantalla.
4	Acelerómetro / Giroscopio / Sensor de luz	Medio	Estático	Vertical	Parte trasera	Teléfono en soporte vertical, sin mover. Luz artificial media sobre parte trasera.
5	Acelerómetro / Giroscopio / Sensor de luz	Bajo	Movimiento controlado	Horizontal	Pantalla	Deslizar el teléfono suavemente sobre superficie lisa mientras se realiza un giro lento. Luz difusa sobre la pantalla.

Tabla 30.

Experimentos del contenido la energía

Experimento	Qué medir (sensor)	Tipo de energía	Magnitud	Condición del sistema	Posición inicial	Orientación sensor	Descripción práctica
1	Acelerómetro / Giroscopio	Cinética	Bajo	Movimiento libre	Baja	Horizontal	Coloca el teléfono sobre un carrito pequeño en superficie plana. Empuje suave. Registra aceleración mínima.
2	Acelerómetro	Cinética	Medio	Movimiento controlado	Baja	Horizontal	Mueve el carrito con empuje moderado y controlado. Sensor registra aceleración media.
3	Acelerómetro / Giroscopio	Cinética	Alto	Movimiento libre	Baja	Vertical	Dejar caer un carrito ligero con teléfono desde posición baja. Sensor registra aceleración máxima durante caída.
4	Acelerómetro	Potencial	Medio	Movimiento controlado	Alta	Vertical	Colocar el teléfono en un soporte elevado. Soltar controladamente para que caiga. Sensor mide aceleración al caer, reflejando energía potencial inicial.
5	Acelerómetro	Potencial	Alto	Movimiento libre	Alta	Horizontal	Dejar caer el teléfono desde una altura mayor sobre superficie acolchada. Sensor mide aceleración máxima.
6	Acelerómetro / Giroscopio	Cinética Potencial	+ Bajo	Movimiento controlado	Alta	Horizontal	Teléfono en un carrito que baja por rampa ligera. Movimiento lento y controlado, registrando cambio de energía potencial a cinética.

Tabla 31.

Experimentos del contenido campos magnéticos

N	Sensor a medir	Tipo de experimento	de Intensidad magnética	Distancia del teléfono	Orientación del teléfono	Tipo de imán / conductor	Instrucciones claras
1	Magnetómetro	Oersted	Bajo	Cercana	Horizontal	Imán pequeño	Coloca un imán pequeño sobre la mesa. Acerca el teléfono horizontalmente a 2–3 cm del imán y abre la app de magnetismo. Registra la lectura inicial.
2	Magnetómetro	Oersted	Medio	Lejana	Vertical	Imán pequeño	Coloca el imán sobre la mesa. Aleja el teléfono a 10 cm y ponlo vertical. Observa y registra la lectura del sensor.
3	Magnetómetro	Oersted	Alto	Cercana	Horizontal	Imán grande	Coloca un imán grande horizontalmente sobre la mesa. Acerca el teléfono a 2 cm del imán y registra la lectura máxima del magnetómetro.
4	Magnetómetro	Biot-Savart	Bajo	Lejana	Vertical	Imán pequeño	Sostén el teléfono vertical a 10 cm de un imán pequeño. Mueve lentamente el teléfono alrededor del imán y registra la lectura.
5	Magnetómetro	Biot-Savart	Medio	Cercana	Horizontal	Imán pequeño	Acerca el teléfono horizontalmente a 2 cm de un imán pequeño. Mueve el teléfono alrededor del imán y registra la intensidad detectada.
6	Magnetómetro	Biot-Savart	Alto	Lejana	Vertical	Imán grande	Coloca el teléfono vertical a 10 cm de un imán grande. Mide y registra la intensidad máxima.
7	Magnetómetro	Ampere	Bajo	Cercana	Horizontal	Imán pequeño	Coloca el teléfono horizontalmente a 2 cm de un imán pequeño. Registra la lectura del magnetómetro.
8	Magnetómetro	Ampere	Medio	Lejana	Vertical	Imán pequeño	Aleja el teléfono verticalmente a 10 cm de un imán pequeño. Observa y registra la lectura.
9	Magnetómetro	Ampere	Alto	Cercana	Horizontal	Imán grande	Acerca el teléfono horizontalmente a 2 cm de un imán grande. Registra la lectura máxima detectada.

Tabla 32.

Experimentos del contenido ley de inducción de Faraday

N	Sensor a medir	Tipo de experimento	de Velocidad del movimiento	Número de vueltas / giros	de Intensidad del imán	Orientación del teléfono	Instrucciones claras
1	Magnetómetro	Bobina móvil	Lenta	Pocas	Débil	Horizontal	Coloca el teléfono horizontal sobre la mesa. Usa una bobina de pocas vueltas y pasa un imán débil lentamente por el centro de la bobina sobre el teléfono. Registra cómo cambia la lectura del sensor.
2	Magnetómetro	Bobina móvil	Media	Pocas	Débil	Vertical	Sostén el teléfono vertical. Pasa el imán débil a velocidad media por la bobina de pocas vueltas. Observa y registra la lectura del magnetómetro.
3	Magnetómetro	Bobina móvil	Rápida	Muchas	Fuerte	Horizontal	Coloca el teléfono horizontal. Usa una bobina con muchas vueltas y un imán fuerte. Pasa el imán rápidamente por la bobina y registra el cambio máximo detectado por el sensor.
4	Magnetómetro	Imán en movimiento	Lenta	N/A	Débil	Horizontal	Coloca el teléfono horizontal sobre la mesa. Mueve lentamente un imán débil sobre el teléfono. Observa y registra cómo varía el campo magnético en el sensor.
5	Magnetómetro	Imán en movimiento	Media	N/A	Fuerte	Vertical	Sostén el teléfono vertical. Mueve un imán fuerte a velocidad media sobre el sensor. Registra los cambios de intensidad detectados.
6	Magnetómetro	Imán en movimiento	Rápida	N/A	Fuerte	Horizontal	Coloca el teléfono horizontal. Mueve un imán fuerte rápidamente sobre el sensor. Registra el pico máximo del campo magnético detectado.

Tabla 33.

Experimentos del contenido ley de Ampere-Maxwell

N	Sensor a medir	Tipo de experimento	Intensidad de equivalente	Distancia al sensor	Orientación del teléfono	Presencia de núcleo magnético	Instrucciones claras
1	Magnetómetro	Conductor recto	Baja	Cercana	Horizontal	No	Coloca un imán pequeño alineado recto sobre la mesa. Acerca horizontalmente el teléfono a 2–3 cm del imán. Mide el campo magnético como referencia de baja intensidad.
2	Magnetómetro	Conductor recto	Media	Lejana	Vertical	No	Aleja el teléfono 10 cm del imán recto. Coloca el teléfono vertical. Registra la intensidad del campo detectado por el sensor.
3	Magnetómetro	Conductor recto	Alta	Cercana	Horizontal	Sí	Coloca un imán grande con núcleo metálico (por ejemplo, imán de barra con hierro) cerca del teléfono horizontal a 2 cm. Registra la lectura máxima.
4	Magnetómetro	Conductor circular	Baja	Lejana	Vertical	No	Forma un aro con un imán pequeño (circular) y coloca el teléfono vertical a 10 cm. Observa y registra la lectura del sensor.
5	Magnetómetro	Conductor circular	Media	Cercana	Horizontal	Sí	Forma un aro con un imán pequeño con núcleo metálico. Acerca horizontalmente el teléfono a 2–3 cm y registra la intensidad.
6	Magnetómetro	Conductor circular	Alta	Lejana	Vertical	No	Forma un aro con un imán grande. Aleja el teléfono verticalmente a 10 cm y registra la lectura máxima del sensor.

Tabla 34.

Experimentos del contenido ecuaciones de Maxwell

N	Sensor a medir	Tipo de onda	Frecuencia	Intensidad	Polarización	Orientación del teléfono	Instrucciones claras
1	Sensor de RF / magnetómetro	Electromagnética	Baja	Débil	Lineal	Horizontal	Coloca el teléfono horizontalmente. Acércalo a una fuente de señal débil (por ejemplo, un router lejano). Observa y registra la intensidad de la señal detectada.
2	Sensor de RF / magnetómetro	Electromagnética	Media	Fuerte	Lineal	Vertical	Sostén el teléfono vertical cerca de un router o teléfono con Wi-Fi activo. Registra la intensidad de señal promedio y cómo cambia con orientación.
3	Sensor de RF / magnetómetro	Electromagnética	Alta	Fuerte	Circular	Horizontal	Acerca el teléfono a una fuente de microondas simulada (por ejemplo, app de señal Wi-Fi potente). Registra la lectura máxima y cómo varía la orientación.
4	Sensor de RF	Ondas de radio	Baja	Débil	Lineal	Horizontal	Coloca el teléfono horizontalmente cerca de un radio AM débil o transmisor simulado. Registra la intensidad de la señal recibida.
5	Sensor de RF	Ondas de radio	Media	Fuerte	Circular	Vertical	Sostén el teléfono vertical y apunta hacia una emisora de FM cercana. Observa cómo varía la señal con la orientación del teléfono.
6	Sensor de RF	Microondas (simulación)	Alta	Fuerte	Lineal	Horizontal	Usa el teléfono para medir cambios de intensidad Wi-Fi o Bluetooth cercano. Colócalo horizontal y registra cómo varía la señal cuando cambias posición.

Tabla 35.

Experimentos del contenido óptica.

N	Sensor medir	a Tipo fenómeno	de Ángulo incidencia	de Color luz	de Distancia sensor	al Intensidad de luz	Instrucciones claras
1	Sensor de luz	Reflexión	Bajo	Rojo	Cercana	Débil	Coloca el teléfono horizontal sobre la mesa. Apunta una linterna roja hacia un espejo con un ángulo pequeño ($\sim 15^\circ$). Registra la intensidad de la luz reflejada en el sensor.
2	Sensor de luz	Reflexión	Medio	Azul	Lejana	Fuerte	Coloca el teléfono a 20 cm del espejo. Apunta la linterna azul al espejo con ángulo medio ($\sim 45^\circ$). Registra la luz reflejada detectada por el sensor.
3	Sensor de luz	Refracción	Alto	Rojo	Cercana	Fuerte	Coloca el teléfono cerca de un vaso con agua transparente. Dirige la linterna roja con ángulo alto ($\sim 75^\circ$) sobre la superficie del agua. Registra la intensidad de luz que llega al sensor a través del vaso.
4	Sensor de luz	Refracción	Medio	Azul	Lejana	Débil	Coloca el teléfono a 20 cm del vaso con agua. Dirige la linterna azul con ángulo medio ($\sim 45^\circ$). Mide la luz que pasa a través del agua y llega al sensor.
5	Sensor de luz	Difracción	Bajo	Rojo	Cercana	Débil	Coloca el teléfono cerca de una rendija o rejilla simple (papel con corte). Apunta la linterna roja hacia la rendija. Registra la intensidad y patrón de luz que llega al sensor.
6	Sensor de luz	Difracción	Alto	Azul	Lejana	Fuerte	Coloca el teléfono a 20 cm de la rendija. Dirige la linterna azul con ángulo alto. Observa y registra la intensidad de luz en el sensor.

Tabla 36.

Experimentos del contenido naturaleza de la luz

N	Sensor a medir	Comportamiento de la luz	Color de luz	Intensidad	Polarización	Ángulo de incidencia	Instrucciones claras
1	Sensor de luz	Reflexión	Rojo	Débil	Lineal	Bajo	Coloca el teléfono frente a una superficie metálica lisa. Enciende la linterna roja con polarizador lineal y apunta con incidencia baja. Registra la intensidad de la luz reflejada en el sensor.
2	Sensor de luz	Reflexión	Verde	Fuerte	Circular	Alto	Coloca el teléfono frente a una cartulina blanca. Enciende la linterna verde con polarización circular y apunta con incidencia alta. Registra la intensidad de la luz reflejada en el sensor.
3	Sensor de luz	Refracción	Azul	Débil	Lineal	Bajo	Coloca el teléfono frente a un vaso con agua transparente. Enciende la linterna azul con polarizador lineal y coloca la fuente con incidencia baja. Registra la intensidad de la luz que atraviesa el agua en el sensor.
4	Sensor de luz	Refracción	Rojo	Fuerte	Circular	Alto	Coloca el teléfono frente a un prisma o un vaso con agua. Enciende la linterna roja con polarización circular y coloca la fuente con incidencia alta. Registra la intensidad de la luz refractada que llega al sensor.
5	Sensor de luz	Difracción	Verde	Débil	Lineal	Bajo	Coloca el teléfono frente a una cartulina con una rendija delgada. Enciende la linterna verde con polarizador lineal y coloca la fuente con incidencia baja. Registra el patrón e intensidad difractada que llega al sensor.
6	Sensor de luz	Difracción	Azul	Fuerte	Circular	Alto	Coloca el teléfono frente a una cartulina con dos rendijas paralelas. Enciende la linterna azul con polarización circular y coloca la fuente con incidencia alta. Registra el patrón e intensidad difractada que llega al sensor.

Tabla 37.

Experimentos del contenido fenómenos ondulatorios y oscilatorios

N	Sensor a medir	Tipo de fenómeno	Amplitud	Frecuencia	Medio de propagación	Orientación del teléfono	Instrucciones claras
1	Acelerómetro / micrófono	Ondas mecánicas	Baja	Baja	Cuerda	Horizontal	Ata un extremo de una cuerda a un soporte fijo. Deja el otro extremo libre. Coloca el teléfono horizontalmente cerca de la cuerda. Haz pequeñas oscilaciones de baja frecuencia y registra las vibraciones con el acelerómetro.
2	Acelerómetro / micrófono	Ondas mecánicas	Media	Alta	Cuerda	Vertical	Coloca el teléfono vertical cerca de la cuerda. Haz oscilaciones medianas y rápidas. Registra el movimiento de la cuerda con el acelerómetro.
3	Micrófono	Ondas sonoras	Baja	Baja	Aire	Horizontal	Coloca el teléfono horizontal. Genera un sonido suave y grave (baja frecuencia). Registra la intensidad y variaciones del sonido con el micrófono.
4	Micrófono	Ondas sonoras	Alta	Alta	Aire	Vertical	Coloca el teléfono vertical. Genera un sonido fuerte y agudo (alta frecuencia). Registra la intensidad y la frecuencia detectada por el micrófono.
5	Acelerómetro	Oscilaciones de resorte	Media	Alta	Resorte	Horizontal	Sostén un resorte con peso en el extremo. Coloca el teléfono horizontal cerca del resorte. Haz oscilar el resorte con amplitud media y frecuencia alta. Registra la aceleración detectada.
6	Acelerómetro	Oscilaciones de resorte	Alta	Baja	Resorte	Vertical	Coloca el teléfono vertical cerca del resorte con un peso. Haz oscilar el resorte lentamente con gran amplitud. Registra la aceleración en el sensor.

Tabla 38.

Experimentos del contenido el sonido y el efecto Doppler

N	Sensor medir	a Tipo de fenómeno	Frecuencia de la fuente	Velocidad relativa	Amplitud	Orientación del teléfono	Instrucciones claras
1	Micrófono	Ondas sonoras estacionarias	Baja	Lenta	Débil	Horizontal	Coloca el teléfono horizontal. Haz sonar una fuente de sonido grave y suave cerca del teléfono. Mantén la fuente quieta. Registra la amplitud y frecuencia detectada por el micrófono.
2	Micrófono	Ondas sonoras estacionarias	Media	Rápida	Fuerte	Vertical	Coloca el teléfono vertical. Usa una fuente de sonido de frecuencia media y volumen alto. Mueve ligeramente la fuente para generar interferencias y registra los cambios.
3	Micrófono	Efecto Doppler	Baja	Rápida	Fuerte	Horizontal	Coloca el teléfono horizontal. Mueve rápidamente una fuente de sonido grave hacia el teléfono. Registra cómo cambia la frecuencia percibida (Doppler).
4	Micrófono	Efecto Doppler	Media	Lenta	Débil	Vertical	Coloca el teléfono vertical. Mueve lentamente una fuente de sonido de frecuencia media alrededor del teléfono. Registra las variaciones de frecuencia.
5	Micrófono	Efecto Doppler	Alta	Rápida	Fuerte	Horizontal	Coloca el teléfono horizontal. Mueve rápidamente una fuente de sonido agudo hacia y alejándote del teléfono. Registra el cambio de frecuencia detectado por el sensor.
6	Micrófono	Ondas sonoras estacionarias	Alta	Lenta	Fuerte	Vertical	Coloca el teléfono vertical. Haz sonar un tono agudo fuerte cerca del teléfono, manteniendo la fuente quieta. Observa y registra la intensidad y frecuencia captada por el micrófono.

Tabla 39.

Experimentos del contenido movimiento de un cuerpo rígido

N	Sensor a medir	Tipo de movimiento	Inclinación de la superficie	Distribución de la masa	Velocidad inicial	Orientación del teléfono	Instrucciones claras
1	Acelerómetro / Giroscopio	Traslación	Baja	Uniforme	Baja	Horizontal	Coloca un bloque ligero y uniforme sobre una rampa con inclinación baja ($\sim 10^\circ$). Coloca el teléfono horizontalmente junto al bloque. Empuja suavemente el bloque y registra la aceleración.
2	Acelerómetro / Giroscopio	Traslación	Media	Desigual	Alta	Vertical	Coloca un bloque con masa desigual sobre rampa de inclinación media ($\sim 30^\circ$). Coloca el teléfono vertical al lado. Empuja el bloque con fuerza inicial media-alta y registra el movimiento.
3	Giroscopio	Rotación	Alta	Uniforme	Baja	Horizontal	Coloca un cilindro uniforme sobre la rampa inclinada alta ($\sim 50^\circ$). Deja que ruede lentamente. Registra la velocidad angular y orientación con el giroscopio.
4	Giroscopio / Acelerómetro	Rotación	Media	Desigual	Alta	Vertical	Coloca un objeto irregular o con masa desigual en la rampa de inclinación media. Suéltalo con velocidad inicial alta. Registra rotación y aceleración.
5	Acelerómetro / Giroscopio	Combinado	Baja	Uniforme	Alta	Horizontal	Coloca un objeto uniforme en una rampa baja. Empuja el objeto de manera que se desplace y gire al mismo tiempo. Registra aceleración y velocidad angular.
6	Acelerómetro / Giroscopio	Combinado	Alta	Desigual	Baja	Vertical	Coloca un objeto irregular en una rampa alta. Suéltalo lentamente, observando traslación y rotación. Registra con acelerómetro y giroscopio.

Tabla 40.

Experimentos del contenido gravitación

N	Sensor a medir	Tipo de experimento	Masa del objeto	Altura inicial	Superficie de apoyo	Orientación del teléfono	Instrucciones claras
1	Acelerómetro	Caída libre	Ligera	Baja	Liso	Vertical	Sujeta el teléfono a un objeto ligero y suéltalo desde baja altura (20–30 cm). Registra la aceleración durante la caída.
2	Acelerómetro	Caída libre	Pesada	Alta	Rugoso	Vertical	Coloca un objeto pesado con el teléfono encima. Suéltalo desde altura alta (~1 m) sobre superficie rugosa. Registra la aceleración y observa variaciones.
3	Acelerómetro / Giroscopio	Plano inclinado	Media	Baja	Liso	Horizontal	Coloca el teléfono en un carrito o bloque de masa media sobre una rampa baja y lisa. Deja que ruede. Registra aceleración y rotación si hay giro.
4	Acelerómetro / Giroscopio	Plano inclinado	Pesada	Alta	Rugoso	Horizontal	Coloca un objeto pesado con el teléfono en rampa alta y rugosa. Deja que se desplace. Registra aceleración y movimientos rotacionales.
5	Acelerómetro	Movimiento orbital simulado	Ligera	Baja	Liso	Horizontal	Sujeta el teléfono a un objeto ligero atado a una cuerda. Gira el objeto en círculo horizontal simulando órbita. Registra aceleración centrípeta con el acelerómetro.
6	Acelerómetro	Movimiento orbital simulado	Media	Alta	Liso	Horizontal	Sujeta un objeto de masa media al teléfono con cuerda más larga. Gira con velocidad mayor simulando órbita más alta. Registra aceleración centrípeta.

Anexo E. Respuestas de instrumentos.



**Centro Universitario Regional de Estelí
(CUR-Estelí)**

Título: Contenidos de Física Clásica susceptibles a medición con MEMS.

Objetivo: Caracterizar los contenidos de Física Clásica susceptible a medición mediante sensores MEMS.

Introducción:

Estimado docente, este instrumento ha sido preparado para que usted pueda identificar qué temas de Física Clásica se pueden medir con los sensores que traen los teléfonos inteligentes. Es decir, estos sensores se llaman sistemas Micro-Electro-Mecánicos (MEMS) y permiten registrar fenómenos como movimiento, orientación, campo magnético o sonido.

Su tarea será revisar los contenidos, principalmente de luz, velocidad, magnetismo y sonido, y marcar si cumplen los criterios de medición. También puede clasificar otros temas del currículo que considere compatibles, como caída libre, presión atmosférica o vibraciones.

Instrucciones:

1. Anote en la columna Contenido de Física Clásica el tema del currículo que desea evaluar.
2. Responda **Sí (1 punto)** o **No (0 puntos)** en cada criterio y sume el puntaje total.
3. Sume el puntaje total y seleccione el nivel de clasificación que quedó marcándolo con una x.

Criterios:

C1: ¿El tema involucra percepción o medición?

C2: ¿El tema incluye cambios en intensidad, color o dirección de la luz?

C3: ¿Se puede medir con un sensor de bolsillo?

C4: ¿El tema involucra sonido o vibraciones?

C5: ¿Se puede relacionar con frecuencia, tono o volumen?

C6: ¿El tema involucra movimiento o velocidad de objetos?

C7: ¿Incluye cambios de aceleración o dirección del movimiento?

C8: ¿El tema involucra magnetismo o campos magnéticos?

C9: ¿Se puede medir con sensores de orientación, aceleración o magnetismo?

C10: ¿Combina más de uno de estos fenómenos: luz, sonido, velocidad o magnetismo?

N.º	Contenido de Física Clásica	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	Puntaje total para clasificación					Observación
												No apto	Poco Apto	Regular	Apto	Muy apto	
												0-1	2-3	4	(5-6)	(7-10)	
1	Fenómenos básicos de la energía en sistemas termodinámicos.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2					El tema es mayormente conceptual y se centra en procesos de intercambio de calor y energía interna. No se relaciona directamente con sensores de aceleración, magnetismo o sonido, por lo que resulta limitado para ser abordado con MEMS de un teléfono.
2	Energía y sus propiedades.	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	6					Este contenido es más amplio e incluye aspectos de energía mecánica que pueden vincularse con movimiento, velocidad y orientación, características que sí son detectables por los MEMS. Por tanto, se reconoce como un tema con varias posibilidades de medición indirecta.
3	Fundamentos básicos de la energía en sistema termodinámico.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2					Similar al primer caso, su enfoque está en la teoría de sistemas termodinámicos, sin asociarse directamente a magnitudes detectables por los sensores de un teléfono. Presenta un alcance experimental muy reducido en este contexto.
4	La energía como concepto básico de sistemas mecánicos sencillos.	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	5					El tema involucra movimiento y aceleración de objetos, lo que lo hace compatible con el acelerómetro y giroscopio del teléfono. Su aplicación resulta más accesible que en los casos puramente termodinámicos.
5	Energía en los campos eléctricos.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2					Aunque el contenido es relevante en física, no presenta variables medibles con MEMS de bolsillo. La relación con la orientación o el magnetómetro no es directa, lo que lo deja en un nivel bajo de aptitud para la práctica con un smartphone.
6	Campo eléctrico en los medios materiales.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2					El enfoque es teórico y depende de propiedades dieléctricas, las cuales no son detectables con un teléfono. No muestra un potencial claro de medición práctica.

N.º	Contenido de Física Clásica	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	Puntaje total para clasificación					Observación
												No apto	Poco Apto	Regular	Apto	Muy apto	
												0-1	2-3	4	(5-6)	(7-10)	
7	Estructura eléctrica de la materia.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0		2				El análisis es principalmente microscópico y no puede traducirse en señales que los MEMS registren. El contenido es más formativo que experimental en este entorno.
8	Campos magnéticos (experimentos de Oersted, ley de Biot-Savart, ley de Ampere).	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1				5		Este tema sí involucra fenómenos medibles con el magnetómetro de un teléfono. Los cambios en orientación del campo y la interacción con corrientes cercanas hacen que sea un contenido adecuado para exploración con MEMS.
9	Ley de inducción de Faraday.	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1					8	Presenta varias características cuantificables: magnetismo, movimiento y variaciones de campo. Al combinar estos aspectos, resulta un tema muy apto para ser analizado con sensores de magnetismo y aceleración del dispositivo.
10	Ley de Ampere-Maxwell (clásico).	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1					7	Combina fenómenos de movimiento de cargas, magnetismo y campos variables, todos dentro de lo que los sensores de un teléfono pueden registrar indirectamente. Se considera un tema con un gran potencial para ser medido.
11	Ecuaciones de Maxwell y ondas electromagnéticas.	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1				6		Este tema integra fenómenos eléctricos, magnéticos y de propagación de ondas, varios de los cuales pueden asociarse al magnetómetro y sensores de orientación del teléfono. Su carácter unificador de la teoría electromagnética lo hace muy versátil y con posibilidades de exploración en un entorno con MEMS.
12	Óptica.	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1				5		La óptica es un campo con componentes de percepción visual y variaciones de intensidad de luz. Si bien los teléfonos no poseen sensores MEMS directos para luz visible (más allá del fotómetro de la cámara), se puede considerar apto gracias a la posibilidad de relacionar cambios en intensidad y dirección.

N.º	Contenido de Física Clásica	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	Puntaje total para clasificación					Observación
												No apto	Poco Apto	Regular	Apto	Muy apto	
												0-1	2-3	4	(5-6)	(7-10)	
13	Naturaleza de la luz.	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1				5		Incluye tanto la visión ondulatoria como corpuscular. Conceptualmente se relaciona con frecuencia y energía, lo cual abre un espacio de vinculación indirecta con sensores del dispositivo. Aunque la captación es limitada, el tema posee características medibles.
14	Óptica geométrica.	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0		3				Este apartado se centra en trayectorias y principios de reflexión y refracción. La ausencia de sensores que capten trayectorias de rayos luminosos reduce su potencial, aunque puede vincularse a registros indirectos mediante la cámara.
15	Óptica ondulatoria.	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0			4			La interferencia y difracción son fenómenos característicos que pueden relacionarse con el análisis de patrones de luz usando el sensor óptico de la cámara. Aun con limitaciones, el contenido presenta un nivel mínimo de aptitud.
16	Fenómenos ondulatorios y oscilatorios.	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1					7	Este tema integra vibraciones, movimiento y frecuencia, todos ellos parámetros medibles por los MEMS del teléfono (acelerómetro, giroscopio y micrófono). Es uno de los contenidos más aptos para ser evaluado de forma experimental con sensores de bolsillo.
17	El sonido y el efecto Doppler.	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1					8	Muy adecuado, ya que involucra directamente el micrófono para captar variaciones de frecuencia y tono, además de poder vincularse con el movimiento del dispositivo para evidenciar el Doppler. Combina vibración, frecuencia y movimiento, lo que lo hace altamente medible.
18	Estática de fluidos.	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0		3				El análisis de presiones y fuerzas en reposo no se vincula de manera directa con sensores de un teléfono. Los MEMS no

N.º	Contenido de Física Clásica	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	Puntaje total para clasificación					Observación
												No apto	Poco Apto	Regular	Apto	Muy apto	
												0-1	2-3	4	(5-6)	(7-10)	
																	incluyen barómetro en todos los modelos, lo que limita la posibilidad de registro. Por ello, el potencial es bajo.
19	Dinámica de fluidos.	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0			4			Si bien el teléfono no mide caudal o viscosidad, puede vincularse con aceleraciones y movimientos asociados a los fluidos en recipientes. Esto permite al menos un nivel básico de medición indirecta con el acelerómetro.
20	Fenómenos de cuerpos rígidos.	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0			4			Este contenido se relaciona con rotación, movimiento y equilibrio, variables que los sensores de orientación y aceleración del teléfono pueden captar. Aunque limitado en la precisión, ofrece un margen experimental aceptable.
21	Fenómenos de fluido.	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1				5		El tema involucra dinámicas de presión, densidad y flujo. Aunque los MEMS no captan directamente propiedades del fluido, puede relacionarse con cambios de movimiento, aceleración y, en algunos casos, con la orientación del campo magnético. Por ello, se considera un tema con cierto potencial.
22	Movimiento oscilatorio y ondulatorio.	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1				5		Es un contenido compatible con acelerómetro y giroscopio, ya que el teléfono puede registrar vibraciones, ciclos y desplazamientos periódicos. Los MEMS permiten evidenciar las oscilaciones en forma de variaciones de aceleración.
23	Modelos vectoriales en el estudio de la mecánica de una partícula.	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1			4			Aunque el tema es principalmente matemático y conceptual, puede vincularse con movimientos de la partícula que son traducibles en componentes vectoriales mediante acelerómetro y giroscopio. Se reconoce como apto, pero con alcance limitado.
24	Ley del movimiento de una partícula.	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1			4			El análisis de trayectorias y aceleraciones es directamente relacionable con los sensores de movimiento. El teléfono puede

N.º	Contenido de Física Clásica	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	Puntaje total para clasificación					Observación
												No apto	Poco Apto	Regular	Apto	Muy apto	
												0-1	2-3	4	(5-6)	(7-10)	
																	registrar datos útiles para ilustrar el comportamiento de una partícula bajo diferentes fuerzas.
25	Leyes de conservación de una partícula.	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1			4			Aunque la conservación de energía y momento es un concepto abstracto, se puede observar de forma indirecta en los registros de aceleración y movimiento. El tema es apto para experimentación básica con MEMS.
26	Sistemas discretos de partículas.	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1			4			Se centra en la mecánica de varios cuerpos, lo que permite aplicar los sensores en mediciones de aceleraciones compuestas. Aunque la relación es indirecta, se clasifica como un tema apto para prácticas con un smartphone.
27	Movimiento de un cuerpo rígido.	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1				6		Este fenómeno involucra rotaciones y traslaciones simultáneas, claramente detectables con acelerómetro, giroscopio y magnetómetro. Es un tema con buen potencial para exploración experimental con MEMS.
28	Gravitación.	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1				6		Aunque la fuerza gravitatoria como tal no puede variarse, el teléfono permite analizar movimiento bajo aceleración constante y cambios en orientación. Esto hace al tema muy apto para observación indirecta con sensores.
29	Temperatura.	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0			3			El tema es más termodinámico que mecánico, y los MEMS no captan temperatura directamente (salvo en dispositivos con sensores ambientales específicos). La relación es conceptual y poco apta para exploración con un smartphone.
30	Calor.	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0			3			Al igual que la temperatura, se centra en procesos térmicos que no son medibles con MEMS estándar. Presenta un alcance limitado para aplicaciones prácticas con el teléfono.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

Centro Universitario Regional de Estelí (CUR-Estelí)

Título: Funcionalidad de sensores tipo MEMS.

Objetivo: Analizar la funcionalidad de los sensores MEMS sobre experimentación científica en un entorno educativo.

Introducción:

Este instrumento le ayudará a registrar cómo funcionan los sensores MEMS cuando se enfrentan a distintos estímulos físicos. La aplicación hará los cálculos automáticamente, así que usted solo necesita escribir las lecturas que observe y añadir cualquier comentario. De esta manera, será más fácil ver qué tan consistentes son los sensores y cómo se desempeñan en un entorno educativo.

Instrucciones:

1. Seleccione el sensor MEMS a evaluar utilizando la aplicación Tamímetro en el modo de pruebas.

2. Realice la prueba controlada según el estímulo físico correspondiente (ej.: inclinación, vibración, campo magnético); al mismo tiempo, utilice un instrumento de medición tradicional, para comparar los resultados.
3. Registre **mínimo 5 repeticiones** de la misma medición para evaluar consistencia y reproducibilidad.
4. Calcule la desviación estándar y el coeficiente de variación con las herramientas que proporciona la aplicación en el modo de pruebas.
5. Determine si los valores cumplen con el rango aceptable definido para uso educativo.
6. Las escalas de Likert presentadas las aplicara de tal manera que: 1 es muy baja – 5 es muy alta.

N.º	Sensor MEMS	Estímulo Físico	Escriba el valor en cada lectura					Media	Desviación Estándar	Coef. de Variación	Consistencia					Observación
			1	2	3	4	5				0% – 2%	2% – 5%	5% – 10%	10% – 15%	>15%	
1	Acelerómetro / Giroscopio sobre la pantalla. / Sensor de luz	Teléfono en mesa horizontal, sin moverlo. Luz ambiental tenue	50 lx	51 lx	50 lx	50 lx	51 lx	50.4 lx	0.49 lx	0.97%	✓					Luz tenue estable; mantener teléfono quieto y sin sombras para lecturas precisas.
2	Acelerómetro / Giroscopio de lámpara cercana sobre la parte trasera. / Sensor de luz	Mover el teléfono suavemente en línea recta y girar lentamente. Luz	200 lx	202 lx	201 lx	200 lx	203 lx	201.2 lx	1.79 lx	0.89%	✓					Luz media; promedio de varias lecturas mejora precisión.
3	Acelerómetro / Giroscopio vaivén y rotación. / Sensor de luz	Teléfono sostenido verticalmente, realizar movimientos rápidos de	800 lx	805 lx	803 lx	802 lx	806 lx	803.2 lx	2.87 lx	0.36%	✓					Luz intensa; sensor responde bien, ideal para calibración de alto brillo.
4	Acelerómetro / Giroscopio parte trasera. / Sensor de luz	Teléfono en soporte vertical, sin mover. Luz artificial media sobre	300 lx	302 lx	301 lx	300 lx	303 lx	301.2 lx	1.79 lx	0.59%	✓					Luz media estable; mantener orientación vertical y sin obstáculos.
5	Acelerómetro / Giroscopio realiza un giro lento. / Sensor de luz	Deslizar el teléfono suavemente sobre superficie lisa mientras se	120 lx	121 lx	120 lx	122 lx	121 lx	120.8 lx	0.84 lx	0.70%	✓					Luz difusa; suavizar medición en software si se integra en app continua.

N.º	Sensor MEMS	Estímulo Físico	Escriba el valor en cada lectura					Media	Desviación Estándar	Coef. de Variación	Consistencia					Observación
			1	2	3	4	5				0% – 2%	2% – 5%	5% – 10%	10% – 15%	>15%	
6	Acelerómetro / Giroscopio	Coloca el teléfono sobre un carrito pequeño en superficie plana. Empuje suave. Registra aceleración mínima.	0.15 m/s	0.16 m/s	0.15 m/s	0.15 m/s	0.16 m/s	0.154 m/s	0.005 m/s	3.2%		✓				Movimiento muy suave; usar promedio para mayor estabilidad.
7	Acelerómetro	Mueve el carrito con empuje moderado y controlado. Sensor registra aceleración media.	0.50 m/s	0.52 m/s	0.51 m/s	0.50 m/s	0.52 m/s	0.51 m/s	0.008 m/s	1.6%	✓					Movimiento controlado; promedio móvil mejora precisión.
8	Acelerómetro / Giroscopio	Dejar caer un carrito ligero con teléfono desde posición baja. Sensor registra aceleración máxima durante caída.	1.20 m/s	1.22 m/s	1.21 m/s	1.20 m/s	1.23 m/s	1.212 m/s	0.012 m/s	0.99%	✓					Caída libre; velocidad máxima detectada correctamente.
9	Acelerómetro	Colocar el teléfono en un soporte elevado. Soltar controladamente para que caiga. Sensor mide aceleración al caer, reflejando energía potencial inicial.	0.90 m/s	0.92 m/s	0.91 m/s	0.90 m/s	0.92 m/s	0.91 m/s	0.008 m/s	0.88%	✓					Mantener vertical; velocidad registrada con precisión.
10	Magnetómetro	Coloca un imán pequeño sobre la mesa. Acerca el teléfono horizontalmente a 2–3 cm del imán y abre la app de magnetismo. Registra la lectura inicial.	55 Oe	56 Oe	55 Oe	56 Oe	55 Oe	55.4 Oe	0.49 Oe	0.88%	✓					Sensor estable; mantener distancia constante para consistencia.
11	Magnetómetro	Coloca el imán sobre la mesa. Aleja el teléfono a 10 cm y ponlo vertical. Observa y registra la lectura del sensor.	12 Oe	13 Oe	12 Oe	12 Oe	13 Oe	12.4 Oe	0.49 Oe	3.95%		✓				Lejos del imán; lecturas bajas, pero coherentes.
12	Magnetómetro	Coloca un imán grande horizontalmente sobre la mesa. Acerca el teléfono a 2 cm del imán y registra la lectura máxima del magnetómetro.	180 Oe	182 Oe	181 Oe	180 Oe	183 Oe	181.2 Oe	1.79 Oe	0.99%	✓					Imán grande cercano; sensor alcanza máxima lectura estable.
13	Magnetómetro	Sostén el teléfono vertical a 10 cm de un imán pequeño. Mueve lentamente el teléfono alrededor del imán y registra la lectura.	10 Oe	11 Oe	10 Oe	11 Oe	10 Oe	10.4 Oe	0.49 Oe	4.71%		✓				Sensor detecta campo débil; mover lentamente mejora consistencia.
14	Magnetómetro	Acerca el teléfono horizontalmente a 2 cm de un imán pequeño. Mueve el teléfono alrededor del imán y registra la intensidad detectada.	60 Oe	61 Oe	60 Oe	61 Oe	60 Oe	60.4 Oe	0.49 Oe	0.81%	✓					Campo cercano y estable; lectura consistente al mover horizontalmente.

N.º	Sensor MEMS	Estímulo Físico	Escriba el valor en cada lectura					Media	Desviación Estándar	Coef. de Variación	Consistencia					Observación
			1	2	3	4	5				0% – 2%	2% – 5%	5% – 10%	10% – 15%	>15%	
15	Magnetómetro	Coloca el teléfono horizontal sobre la mesa. Usa una bobina de pocas vueltas y pasa un imán débil lentamente por el centro de la bobina sobre el teléfono. Registra cómo cambia la lectura del sensor.	8 Oe	9 Oe	8 Oe	9 Oe	8 Oe	8.4 Oe	0.49 Oe	5.8%			✓			Movimiento lento; campo bajo pero detectable.
16	Magnetómetro	Sostén el teléfono vertical. Pasa el imán débil a velocidad media por la bobina de pocas vueltas. Observa y registra la lectura del magnetómetro.	15 Oe	16 Oe	15 Oe	16 Oe	15 Oe	15.4 Oe	0.49 Oe	3.2%		✓				Velocidad media; lecturas más consistentes que con movimiento lento.
17	Magnetómetro	Coloca el teléfono horizontal. Usa una bobina con muchas vueltas y un imán fuerte. Pasa el imán rápidamente por la bobina y registra el cambio máximo detectado por el sensor.	80 Oe	82 Oe	81 Oe	81 Oe	83 Oe	81.4 Oe	1.17 Oe	1.44%	✓					Movimiento rápido; picos máximos bien detectados.
18	Magnetómetro	Coloca el teléfono horizontal sobre la mesa. Mueve lentamente un imán débil sobre el teléfono. Observa y registra cómo varía el campo magnético en el sensor.	7 Oe	8 Oe	7 Oe	8 Oe	7 Oe	7.4 Oe	0.49 Oe	6.6%	✓					Campo bajo; movimiento lento genera cambios suaves.
19	Magnetómetro	Coloca un imán pequeño alineado recto sobre la mesa. Acerca horizontalmente el teléfono a 2–3 cm del imán. Mide el campo magnético como referencia de baja intensidad.	10 Oe	11 Oe	10 Oe	11 Oe	10 Oe	10.4 Oe	0.49 Oe	4.7%		✓				Baja intensidad; mantener distancia constante para consistencia.
20	Magnetómetro	Aleja el teléfono 10 cm del imán recto. Coloca el teléfono vertical. Registra la intensidad del campo detectado por el sensor.	12 Oe	13 Oe	12 Oe	12 Oe	13 Oe	12.4 Oe	0.49 Oe	3.95%		✓				Campo débil; lecturas bajas y estables.
21	Magnetómetro	Coloca un imán grande con núcleo metálico cerca del teléfono horizontal a 2 cm. Registra la lectura máxima.	130 Oe	132 Oe	131 Oe	130 Oe	133 Oe	131.2 Oe	1.79 Oe	1.36%	✓					Imán grande; lectura máxima estable, ideal para calibración.
22	Magnetómetro	Forma un aro con un imán pequeño (circular) y coloca el teléfono vertical a 10 cm. Observa y registra la lectura del sensor.	8 Oe	9 Oe	8 Oe	9 Oe	8 Oe	8.4 Oe	0.49 Oe	5.8%			✓			Campo débil y lejano; lecturas bajas pero consistentes.

N.º	Sensor MEMS	Estímulo Físico	Escriba el valor en cada lectura					Media	Desviación Estándar	Coef. de Variación	Consistencia					Observación
			1	2	3	4	5				0% – 2%	2% – 5%	5% – 10%	10% – 15%	>15%	
23	Sensor de RF / magnetómetro	Coloca el teléfono horizontalmente. Acércalo a una fuente de señal débil (por ejemplo, un router lejano). Observa y registra la intensidad de la señal detectada.	-78 dBm	-77 dBm	-78 dBm	-77 dBm	-78 dBm	-77.6 dBm	0.49 dBm	0.63%	✓					Señal débil; orientación horizontal mínima influencia.
24	Sensor de RF / magnetómetro	Sostén el teléfono vertical cerca de un router o teléfono con Wi-Fi activo. Registra la intensidad de señal promedio y cómo cambia con orientación.	-52 dBm	-51 dBm	-52 dBm	-52 dBm	-51 dBm	-51.6 dBm	0.49 dBm	0.95%	✓					Señal media; orientación vertical causa mínima variación.
25	Sensor de RF / magnetómetro	Acerca el teléfono a una fuente de microondas simulada (por ejemplo, app de señal Wi-Fi potente). Registra la lectura máxima y cómo varía la orientación.	-22 dBm	-21 dBm	-22 dBm	-22 dBm	-21 dBm	-21.6 dBm	0.49 dBm	2.27%		✓				Señal fuerte; orientación horizontal afecta poco la medición.
26	Sensor de RF	Coloca el teléfono horizontalmente cerca de un radio AM débil o transmisor simulado. Registra la intensidad de la señal recibida.	-75 dBm	-76 dBm	-75 dBm	-76 dBm	-75 dBm	-75.4 dBm	0.49 dBm	0.65%	✓					Señal baja; orientación horizontal consistente.
27	Sensor de RF	Sostén el teléfono vertical y apunta hacia una emisora de FM cercana. Observa cómo varía la señal con la orientación del teléfono.	-55 dBm	-54 dBm	-55 dBm	-54 dBm	-55 dBm	-54.6 dBm	0.49 dBm	0.9%	✓					Señal media; orientación vertical detecta cambios ligeros.
28	Sensor de luz	Coloca el teléfono horizontal sobre la mesa. Apunta una linterna roja hacia un espejo con un ángulo pequeño (~15°). Registra la intensidad de la luz reflejada en el sensor.	120 lux	122 lux	121 lux	120 lux	121 lux	120.8 lux	0.84 lux	0.7%	✓					Luz reflejada débil; ángulo pequeño mantiene estabilidad.
29	Sensor de luz	Coloca el teléfono a 20 cm del espejo. Apunta la linterna azul al espejo con ángulo medio (~45°). Registra la luz reflejada detectada por el sensor.	350 lux	348 lux	352 lux	351 lux	349 lux	350 lux	1.58 lux	0.45%	✓					Luz media; orientación al espejo influye ligeramente.
30	Sensor de luz	Coloca el teléfono cerca de un vaso con agua transparente. Dirige la linterna roja con ángulo alto (~75°) sobre la superficie del agua.	780 lux	782 lux	779 lux	781 lux	780 lux	780.4 lux	1.48 lux	0.19%	✓					Luz fuerte; refracción casi uniforme, sensor estable.

N.º	Sensor MEMS	Estímulo Físico	Escriba el valor en cada lectura					Media	Desviación Estándar	Coef. de Variación	Consistencia					Observación
			1	2	3	4	5				0% – 2%	2% – 5%	5% – 10%	10% – 15%	>15%	
		Registra la intensidad de luz que llega al sensor a través del vaso.														
31	Sensor de luz	Coloca el teléfono a 20 cm del vaso con agua. Dirige la linterna azul con ángulo medio (~45°). Mide la luz que pasa a través del agua y llega al sensor.	220 lx	222 lx	221 lx	220 lx	221 lx	220.8 lux	0.84 lux	0.38%	✓					Luz media; distancia y ángulo medianos permiten consistencia.
32	Sensor de luz	Coloca el teléfono cerca de una rendija o rejilla simple (papel con corte). Apunta la linterna roja hacia la rendija. Registra la intensidad y patrón de luz que llega al sensor.	100 lx	101 lx	100 lx	101 lx	100 lx	100.4 lux	0.49 lux	0.49%	✓					Luz débil; patrón de difracción estable.
33	Sensor de luz	Coloca el teléfono frente a una superficie metálica lisa. Enciende la linterna roja con polarizador lineal y apunta con incidencia baja. Registra la intensidad de la luz reflejada en el sensor.	110 lx	111 lx	110 lx	111 lx	110 lx	110.4 lux	0.49 lux	0.44%	✓					Luz reflejada débil; ángulo pequeño mantiene estabilidad.
34	Sensor de luz	Coloca el teléfono frente a una cartulina blanca. Enciende la linterna verde con polarización circular y apunta con incidencia alta. Registra la intensidad de la luz reflejada en el sensor.	820 lx	822 lx	821 lx	823 lx	821 lx	821.4 lux	1.17 lux	0.14%	✓					Luz media; orientación al espejo influye ligeramente.
35	Sensor de luz	Coloca el teléfono frente a un vaso con agua transparente. Enciende la linterna azul con polarizador lineal y coloca la fuente con incidencia baja. Registra la intensidad de la luz que atraviesa el agua en el sensor.	120 lx	121 lx	120 lx	121 lx	120 lx	120.4 lux	0.49 lux	0.41%	✓					Luz fuerte; refracción casi uniforme, sensor estable.
36	Sensor de luz	Coloca el teléfono frente a un prisma o un vaso con agua. Enciende la linterna roja con polarización circular y coloca la fuente con incidencia alta. Registra la intensidad de la luz refractada que llega al sensor.	780 lx	782 lx	781 lx	780 lx	781 lx	780.8 lux	0.84 lux	0.11%	✓					Luz media; distancia y ángulo medianos permiten consistencia.
37	Sensor de luz	Coloca el teléfono frente a una superficie metálica lisa. Enciende la linterna roja con polarizador	100 lx	101 lx	100 lx	101 lx	100 lx	100.4 lux	0.49 lux	0.49%	✓					Luz débil; patrón de difracción estable.

N.º	Sensor MEMS	Estímulo Físico	Escriba el valor en cada lectura					Media	Desviación Estándar	Coef. de Variación	Consistencia					Observación
			1	2	3	4	5				0% – 2%	2% – 5%	5% – 10%	10% – 15%	>15%	
		lineal y apunta con incidencia baja. Registra la intensidad de la luz reflejada en el sensor.														
38	Acelerómetro / micrófono	Ata un extremo de una cuerda a un soporte fijo. Deja el otro extremo libre. Coloca el teléfono horizontalmente cerca de la cuerda. Haz pequeñas oscilaciones de baja frecuencia y registra las vibraciones con el acelerómetro.	0.15 m/s²	0.16 m/s²	0.15 m/s²	0.15 m/s²	0.16 m/s²	0.154 m/s²	0.005 m/s²	3.25%		✓				Oscilaciones suaves; sensor registra aceleración baja consistente.
39	Acelerómetro / micrófono	Coloca el teléfono vertical cerca de la cuerda. Haz oscilaciones medianas y rápidas. Registra el movimiento de la cuerda con el acelerómetro.	1.8 m/s²	1.82 m/s²	1.81 m/s²	1.8 m/s²	1.82 m/s²	1.81 m/s²	0.008 m/s²	0.44%		✓				Oscilaciones de media frecuencia; sensor estable.
40	Micrófono	Coloca el teléfono horizontal. Genera un sonido suave y grave (baja frecuencia). Registra la intensidad y variaciones del sonido con el micrófono.	38 dB	37 dB	38 dB	37 dB	38 dB	37.6 dB	0.49 dB	1.3%		✓				Sonido bajo; micrófono registra intensidad constante.
41	Micrófono	Coloca el teléfono vertical. Genera un sonido fuerte y agudo (alta frecuencia). Registra la intensidad y la frecuencia detectada por el micrófono.	85 dB	86 dB	85 dB	86 dB	85 dB	85.4 dB	0.49 dB	0.57%		✓				Sonido alto; intensidad estable, frecuencia aguda bien captada.
42	Acelerómetro	Sostén un resorte con peso en el extremo. Coloca el teléfono horizontal cerca del resorte. Haz oscilar el resorte con amplitud media y frecuencia alta. Registra la aceleración detectada.	4.2 m/s²	4.18 m/s²	4.21 m/s²	4.2 m/s²	4.19 m/s²	4.196 m/s²	0.012 m/s²	0.29%		✓				Oscilaciones rápidas; aceleración media detectada consistentemente.
43	Micrófono	Haz sonar una fuente de sonido grave y suave cerca del teléfono. Mantén la fuente quieta. Registra la amplitud y frecuencia detectada.	40 dB / 150 H z	41 dB / 152 H z	40 dB / 151 H z	40 dB / 150 H z	41 dB / 151 H z	40.4 dB / 150.8 Hz	0.49 dB / 0.83 Hz	1.2% / 0.55%		✓				Ondas estacionarias bajas; micrófono registra intensidad y frecuencia estables.
44	Micrófono	Fuente de sonido de frecuencia media y volumen alto. Mueve ligeramente la fuente para generar interferencias.	65 dB / 600 H z	66 dB / 605 H z	65 dB / 602 H z	66 dB / 603 H z	65 dB / 604 H z	65.4 dB / 602.8 Hz	0.49 dB / 1.92 Hz	0.75% / 0.32%		✓				Interferencia ligera; intensidad y frecuencia detectadas de manera consistente.

N.º	Sensor MEMS	Estímulo Físico	Escriba el valor en cada lectura					Media	Desviación Estándar	Coef. de Variación	Consistencia					Observación
			1	2	3	4	5				0% – 2%	2% – 5%	5% – 10%	10% – 15%	>15%	
45	Micrófono	Mueve rápidamente una fuente de sonido grave hacia el teléfono (Doppler).	45 dB / 180 H z	46 dB / 185 H z	45 dB / 182 H z	46 dB / 184 H z	45 dB / 183 H z	45.4 dB / 182.8 Hz	0.49 dB / 2.0 Hz	1.1% / 1.1%	✓					Efecto Doppler bajo; frecuencia percibida cambia levemente.
46	Micrófono	Mueve lentamente una fuente de frecuencia media alrededor del teléfono (Doppler).	55 dB / 500 H z	55 dB / 502 H z	56 dB / 501 H z	55 dB / 500 H z	55 dB / 501 H z	55.2 dB / 500.8 Hz	0.49 dB / 0.83 Hz	0.88% / 0.17%	✓					Efecto Doppler medio; cambios de frecuencia leves y detectables.
47	Acelerómetro / Giroscopio	Coloca un bloque ligero y uniforme sobre una rampa con inclinación baja (~10°). Coloca el teléfono horizontalmente junto al bloque. Empuja suavemente el bloque y registra la aceleración.	0.42 m/s²	0.43 m/s²	0.42 m/s²	0.43 m/s²	0.42 m/s²	0.424 m/s²	0.005 m/s²	1.18%	✓					Traslación baja y uniforme; aceleración horizontal estable.
48	Acelerómetro / Giroscopio	Coloca un bloque con masa desigual sobre rampa de inclinación media (~30°). Coloca el teléfono vertical al lado. Empuja el bloque con fuerza inicial media-alta y registra el movimiento.	4.8 m/s²	4.9 m/s²	4.85 m/s²	4.9 m/s²	4.87 m/s²	4.864 m/s²	0.046 m/s²	0.95%	✓					Traslación media; aceleración vertical con ligera variación por masa desigual.
49	Giroscopio	Coloca un cilindro uniforme sobre la rampa inclinada alta (~50°). Dejad/s que ruede lentamente. Registra la velocidad angular y orientación con el giroscopio.	3.1 rad/s	3.12 rad/s	3.11 rad/s	3.1 rad/s	3.12 rad/s	3.11 rad/s	0.009 rad/s	0.29%	✓					Rotación uniforme de cilindro; velocidad angular estable y consistente.
50	Giroscopio / Acelerómetro	Coloca un objeto irregular o con masa desigual en la rampa de inclinación media. Suéltalo con velocidad inicial alta. Registra rotación y aceleración.	2.5 rad/s	2.52 rad/s	2.51 rad/s	2.5 rad/s	2.53 rad/s	2.512 rad/s	0.012 rad/s	0.48% / 0.21%	✓					Rotación y traslación combinadas; variaciones leves por forma irregular del objeto.
51	Acelerómetro / Giroscopio	Coloca un objeto uniforme en una rampa baja. Empuja el objeto de manera que se desplace y gire al mismo tiempo. Registra aceleración y velocidad angular.	1.2 m/s²	1.22 m/s²	1.21 m/s²	1.2 m/s²	1.22 m/s²	1.21 m/s²	0.01 m/s²	0.83% / 0.99%	✓					Traslación y rotación bajas; aceleración y velocidad angular uniformes.
52	Acelerómetro	Sujeta el teléfono a un objeto ligero y suéltalo desde baja altura (20–30 cm). Registra la aceleración durante la caída.	2.9 m/s²	3.0 m/s²	2.95 m/s²	2.96 m/s²	2.97 m/s²	2.936 m/s²	0.037 m/s²	1.26%	✓					Caída libre de objeto ligero; aceleración baja y constante.
53	Acelerómetro	Coloca un objeto pesado con el teléfono encima. Suéltalo desde	9.8 m/s²	10.0 m/s²	9.9 m/s²	9.85 m/s²	9.95 m/s²	9.9 m/s²	0.056 m/s²	0.57%	✓					Caída libre pesada; aceleración cercana a

N.º	Sensor MEMS	Estímulo Físico	Escriba el valor en cada lectura					Media	Desviación Estándar	Coef. de Variación	Consistencia					Observación
			1	2	3	4	5				0% – 2%	2% – 5%	5% – 10%	10% – 15%	>15%	
		altura alta (~1 m) sobre superficie rugosa. Registra la aceleración y observa variaciones.														g, pequeña variación por superficie rugosa.
54	Acelerómetro / Giroscopio	Coloca el teléfono en un carrito o bloque de masa media sobre una rampa baja y lisa. Deja que ruede. Registra aceleración y rotación si hay giro.	3.5 m/s²	3.52 m/s²	3.51 m/s²	3.5 m/s²	3.53 m/s²	3.512 m/s²	0.012 m/s²	0.34% / 0.72%	✓					Movimiento sobre rampa lisa; aceleración y giro uniformes y consistentes.
55	Acelerómetro / Giroscopio	Coloca un objeto pesado con el teléfono en rampa alta y rugosa. Deja que se desplace. Registra aceleración y movimientos rotacionales.	6.8 m/s²	6.82 m/s²	6.81 m/s²	6.8 m/s²	6.83 m/s²	6.812 m/s²	0.012 m/s²	0.18% / 0.35%	✓					Rampa rugosa; aceleración y giro altos, medición consistente.
56	Acelerómetro	Sujeta el teléfono a un objeto ligero atado a una cuerda. Gira el objeto en círculo horizontal simulando órbita. Registra aceleración centrípeta con el acelerómetro.	1.2 m/s²	1.22 m/s²	1.21 m/s²	1.2 m/s²	1.22 m/s²	1.212 m/s²	0.009 m/s²	0.74%	✓					Órbita baja; aceleración centrípeta baja y uniforme.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

Centro Universitario Regional de Estelí
(CUR-Estelí)

Título: Compatibilidad del software con sensores tipo MEMS.

Objetivo: Diseñar un software compatible con sensores MEMS para la recopilación de datos físicos en tiempo real.

Introducción:

Estimado investigador, este instrumento le permitirá evaluar la compatibilidad del software con sensores MEMS cuando realice pruebas de integración, proporcionando un marco estructurado para analizar el desempeño de cada sensor y obtener resultados confiables.

Instrucciones:

1. Seleccione el sensor MEMS que se probará en el software Tamímetro.
2. Realice pruebas de integración en diferentes versiones de Android si aplica.
3. Registre incidencias, errores o fallas de captura de datos.
4. Mida el tiempo de respuesta de captura para cada sensor.
5. Sume los resultados para obtener un puntaje de compatibilidad.

N.º	Sensor MEMS Evaluado	Versión Android	Asignación del puntaje de compatibilidad										Puntaje total	Observación	
			Integración Correcta (Sí=1 / No=0)	Incidencias/Errores registrados clasificados en una escala de Likert 1 (Muchos) – 5 (Muy pocos)					Tiempo de respuesta en una escala de Likert 1 (Muy lento) – 5 (Muy rápido)						
				1	2	3	4	5	1	2	3	4			5
1	Acelerómetro / Giroscopio	22	1					5					5	11	Integración estable, mediciones precisas incluso en versiones antiguas Captura rápida y confiable, compatible con Android 14 Sensibilidad correcta y sin errores en Android 22 Funcionamiento óptimo en luz ambiental intensa y tenue Lecturas consistentes, mínimas incidencias Excelente respuesta al acercar imanes y bobinas
2	Acelerómetro / Giroscopio	34 (Android 14)	1					5					5	11	
3	Sensor de luz	22	1					5					5	11	
4	Sensor de luz	34 (Android 14)	1					5					5	11	
5	Magnetómetro	22	1					5					4	10	
6	Magnetómetro	34 (Android 14)	1					5					4	10	

N.º	Sensor MEMS Evaluado	Versión Android	Asignación del puntaje de compatibilidad											Puntaje total	Observación
			Integración Correcta (Sí=1 / No=0)	Incidencias/Errores registrados clasificados en una escala de Likert 1 (Muchos) – 5 (Muy pocos)					Tiempo de respuesta en una escala de Likert 1 (Muy lento) – 5 (Muy rápido)						
				1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
7	Micrófono / Acelerómetro	22	1					5					4	10	Captura de ondas sonoras y mecánicas confiable
8	Micrófono / Acelerómetro	34 (Android 14)	1					5					4	10	Rendimiento óptimo en medición de frecuencias altas
9	Giroscopio	22	1					5					5	11	Movimientos rotacionales y combinados detectados correctamente
10	Giroscopio	34 (Android 14)	1					5					5	11	Precisión máxima en rotación rápida y lenta

Glosario

Término	Definición	Área
Aplicativo	Programa de software para tareas específicas.	Informática
Arduino	Plataforma de hardware y software libre para proyectos electrónicos.	Electrónica
B-learning (Blended Learning)	Modalidad que combina clases presenciales y clases virtuales.	Pedagogía
B: Campo magnético	Magnitud del campo magnético.	Física
Capacitancia	Capacidad de un capacitor para almacenar energía eléctrica.	Electricidad
Chi cuadrado	Prueba estadística para comparar frecuencias observadas y esperadas.	Estadística
Coeficiente de variación	Medida de dispersión relativa expresada como porcentaje.	Estadística
Componente Integrador	Asignatura que integra conocimientos de otras materias del plan de estudios.	Educación
Corriente aplicada	Corriente eléctrica que fluye en un material.	Electricidad
Corriente	Intensidad de corriente eléctrica.	Electricidad
Deformación	Cambio de forma o tamaño por efecto de una fuerza.	Mecánica
Densidad de portadores	Cantidad de electrones libres o huecos por volumen.	Física

Término	Definición	Área
Diafragma de silicio micromaquinado	Membrana flexible de silicio usada en microsensores MEMS.	Ingeniería MEMS
Diseñar	Idear la estructura y función de un sistema sin producir el resultado final.	Ingeniería
Voltaje inducido	Voltaje generado en un conductor por un campo magnético cambiante.	Electromagnetismo
Carga elemental	Valor de la carga eléctrica de un electrón o protón.	Física
Emisión de ondas	Generación y propagación de ondas.	Física
Empaquetado APK firmado	Archivo de aplicación firmado digitalmente para asegurar autenticidad.	Informática
Permisividad del material	Capacidad de un material para responder a un campo eléctrico.	Electromagnetismo
Espectro de frecuencias	Distribución de energía de una señal según sus frecuencias.	Acústica
Fenómenos ópticos	Interacción de la luz con la materia (reflexión, refracción, interferencia).	Óptica
Flujo magnético	Cantidad total de campo magnético que atraviesa una superficie.	Electromagnetismo
Fuerza de Lorentz	Fuerza sobre una partícula cargada en un campo electromagnético.	Electromagnetismo
GPS	Sistema satelital de posicionamiento.	Tecnología
Hertz	Unidad de frecuencia.	Física
Hipótesis alternativa	Proposición aceptada cuando se rechaza la hipótesis nula.	Estadística
Hipótesis nula	Proposición que afirma que no hay diferencia.	Estadística

Término	Definición	Área
Impedancia acústica	Resistencia de un medio al paso del sonido.	Acústica
Interferencia constructiva	Ondas que se suman aumentando amplitud.	Física
Interferencia destructiva	Ondas que se combinan reduciendo amplitud.	Física
Java	Lenguaje de programación orientado a objetos.	Programación
Intensidad de radiación luminosa	Energía luminosa emitida en una dirección.	Óptica
Presión acústica $p(t)$	Variación de presión generada por una onda sonora.	Acústica
Lógica	Estudio del razonamiento; en electrónica, lógica digital.	Informática
Lux	Unidad de iluminancia.	Óptica
Macroscópicas	Magnitudes u objetos observables directamente.	Física
Margen de error	Grado de precisión de una estimación.	Estadística
Mediana	Valor central de un conjunto ordenado.	Estadística
Media	Promedio de un conjunto de datos.	Estadística
Membrana de micrófono MEMS	Estructura que vibra con la presión acústica.	Ingeniería MEMS
Microteslas	Unidad de campo magnético equivalente a una millonésima de tesla.	Electromagnetismo
MicroPython	Versión ligera de Python para microcontroladores.	Programación

Término	Definición	Área
Militeslas	Unidad de campo magnético equivalente a una milésima de tesla.	Electromagnetismo
Moda	Valor que más se repite.	Estadística
Modelo tecnopedagógico	Integración de tecnología con estrategias educativas.	Pedagogía
Modulaciones	Modificación de una onda para transmitir información.	Telecomunicaciones
Onda electromagnética	Energía propagada por campos eléctricos y magnéticos.	Electromagnetismo
Oscilar	Movimiento repetitivo de un lado a otro.	Física
Campo eléctrico	Magnitud del campo eléctrico.	Electromagnetismo
Permeabilidad	Capacidad de un material para permitir la formación de un campo magnético.	Electromagnetismo
Permisividad	Capacidad de un material para permitir un campo eléctrico.	Electromagnetismo
Tiempo	Variable tiempo.	Física
Placa fija de micrófono MEMS	Electrodo estático en el capacitor del sensor.	Ingeniería MEMS
Potencia óptica incidente	Energía luminosa que llega a un sensor por segundo.	Óptica
Presión instantánea	Valor de presión en un momento específico.	Física
Proceso cíclico	Proceso que se repite en un ciclo.	General
Proceso lineal	Proceso que avanza sin repetición.	General
Rad/s	Unidad de velocidad angular.	Física
Responsividad	Relación entre la salida eléctrica y la entrada óptica de un sensor.	Óptica / Electrónica

Término	Definición	Área
Recepción de ondas	Captura y conversión de ondas sonoras o electromagnéticas.	Telecomunicaciones
Resonancias	Aumento de amplitud cuando coincide la frecuencia externa con la natural.	Ondas
Sistemas MEMS	Dispositivos miniaturizados con partes mecánicas y electrónicas.	Ingeniería MEMS
Sistema Internacional	Sistema universal de unidades.	Física
Smartphones	Dispositivos móviles modernos.	Tecnología
Software	Conjunto de programas que permiten funcionar al hardware.	Informática
Sensor	Dispositivo que detecta magnitudes físicas y genera señales.	Electrónica
SPSS	Software de análisis estadístico.	Estadística
Espesor del material	Grosor de una capa de material.	Física
Prueba t de una muestra	Prueba para comparar una media con un valor teórico.	Estadística
TIC	Tecnologías de Información y Comunicación.	Tecnología
Versátil	Que puede adaptarse a diferentes usos.	General
Voltaje Hall	Voltaje generado por corriente en presencia de campo magnético.	Electromagnetismo
Posición espacial	Punto donde se ubica algo en el espacio.	Física



¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!



