



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería Mecánica

**APLICACIÓN MÓVIL PARA LA
RESOLUCIÓN DE PRÁCTICAS DE FÍSICA
EN AMBIENTES INFORMALES CON
SMARTPHONE
“SensorUVA”**

Autor:

Díez Pindado, Oscar

Tutores:

**Martín García, Esther
González Rebollo, Miguel Ángel
Departamento de Física de la
Materia Condensada, Cristalografía
y Mineralogía**

Valladolid, 5 de julio 2017



Agradecimientos

Primero de todo, me gustaría agradecer a mi novia Miriam, por su apoyo incondicional, por todo el ánimo que me ha dado a diario y por tranquilizarme cuando el proyecto me superaba, sé que sin ella no habría llegado hasta aquí.

No puedo olvidarme de mis padres que me han aguantado durante todos estos años, confiando en mí hasta el final y poniendo todo de su parte para que pudiera lograrlo, sobre todo durante los momentos difíciles.

Además, me gustaría darles las gracias a mis tutores Esther Martín García y Miguel Ángel González Rebollo, por la confianza que depositaron en mí al comenzar este trabajo, sobre todo siendo conscientes de la dificultad que supondría realizarlo.

Por último, quiero acordarme de todos los amigos y compañeros con los que he compartido estos años de universidad, porque sin ellos estos años no habrían sido iguales, en especial, dar las gracias a mi gran amigo Juan por su ayuda con la aplicación, si no fuera por él, aun seguiría peleándome con la programación.

¡Muchas gracias a todos!

Oscar Díez Pindado





Resumen

Los Smartphone se han convertido en potentes dispositivos, presentes en el día a día de la mayor parte de la población actual. Este proyecto, pretende aprovechar su uso masivo para introducir conceptos de física mediante la aplicación móvil para la plataforma Android, "SensorUVA".

La aplicación, diseñada para todo tipo de usuarios, pretende convertir estos dispositivos móviles en potentes herramientas de recolección y análisis de datos mediante el correcto uso de los sensores que disponen, enfocados, por una parte, en la resolución de una serie de guiones de prácticas diseñadas tanto para ambientes informales como para laboratorio, y por otra parte a adaptarse a cualquier uso que se le quiera dar gracias a su versatilidad.

Palabras clave: Smartphone, SensorUVA, Android, Física, Prácticas.

Abstract

Smartphones have become powerful devices, present in the day-to-day of most of the current population. This project aims to take advantage of its massive use to introduce concepts of physics through the mobile application for the Android platform, "SensorUVA".

The application, designed for all types of users, aims to convert these mobile devices into powerful tools for data collection and analysis through the correct use of the sensors they have, focused, on the one hand, in the resolution of a series of scripts of practices designed for both informal and laboratory environments, and on the other hand to adapt to any given use that you want to give thanks to its versatility.

Keywords: Smartphone, SensorUVA, Android, Physics, Practices.





1	ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	1
2	Índice de ilustraciones.....	5
3	Índice de tablas.....	9
4	Introducción	11
4.1	Necesidad del proyecto.....	11
4.2	Objetivos del proyecto.....	13
5	Desarrollo de la aplicación	15
5.1	Lenguaje de programación – JAVA.....	15
5.2	Android	18
5.2.1	La máquina virtual DALVIK.....	20
5.2.2	Arquitectura del sistema.....	21
5.2.3	Componentes de una app	23
5.2.4	Ficheros y carpetas de una app.....	24
5.2.5	Ciclo de vida de una aplicación ANDROID.....	25
5.3	SensorUVA - Entorno	27
5.3.1	Entorno de trabajo – Android Studio	27
5.3.2	Elección de la versión de la plataforma	27
5.3.3	Elección del tamaño de pantalla.....	29
5.4	SensorUVA - Estructura	30
5.4.1	Introducción.....	30
5.4.2	Menú principal	31
5.4.3	TOOLBOX SENSORES.....	32
5.4.4	TOOLBOX SONIDO	38
5.4.5	BASE DE DATOS	39
5.4.6	PRÁCTICAS DE FÍSICA	42
5.4.7	ACERCA DE	43



6 Desarrollo del potencial de los Smartphone – SENSORES	45
6.1 Introducción	45
6.2 Programación de sensores en Android	46
6.2.1 ¿Qué sensores dispone un Smartphone?	48
6.3 TOOLBOX SENSORES - ACELERACIÓN	51
6.3.1 Física relacionada	51
6.3.2 Medidores de la magnitud ACELERACIÓN - Acelerómetros.....	52
6.3.3 SensorUVA - type_accelerometer.....	56
6.3.4 SensorUVA - type_linear_acceleration	57
6.3.5 Ejemplo de uso – Aceleración vehículo	58
6.3.6 Ejemplo de propiedades	60
6.4 TOOLBOX SENSORES - ORIENTACIÓN.....	61
6.4.1 Física relacionada	61
6.4.2 Medidores de "ORIENTACIÓN"	63
6.4.3 SensorUVA - type_orientation.....	64
6.4.4 Ejemplo de uso – Ruta en coche	67
6.4.5 Ejemplo de propiedades	69
6.5 TOOLBOX SENSORES - GIRÓSCOPO.....	71
6.5.1 Física relacionada – VEL. ANGULAR	71
6.5.2 Medidores de VELOCIDAD ANGULAR - Giroscopios	73
6.5.3 SensorUVA - type_gyroscope	77
6.5.4 Ejemplo de uso – Frenada rodamiento	78
6.5.5 Ejemplo de propiedades	81
6.6 TOOLBOX SENSORES - MAGNETISMO.....	83
6.6.1 Física relacionada	83
6.6.2 Medidores de MAGNETISMO	85
6.6.3 SensorUVA - type_magnetic_field & type_..._uncalibrated.....	87
6.6.4 Ejemplo de uso – Exposición a un imán permanente	89
6.6.5 Ejemplo de propiedades	92



6.7	TOOLBOX SENSORES - AMBIENTE	93
6.7.1	Física relacionada - Temperatura	93
6.7.2	Física relacionada - Humedad relativa	94
6.7.3	Física relacionada - Presión ambiental.....	94
6.7.4	Medidores de TEMPERATURA	97
6.7.5	Medidores de HUMEDAD RELATIVA.....	99
6.7.6	Medidores de PRESIÓN AMBIENTAL.....	100
6.7.7	SensorUVA - AMBIENTE	102
6.7.8	Ejemplo de uso – Bajada de un piso por las escaleras.....	104
6.7.9	Ejemplo de propiedades.....	106
6.8	TOOLBOX SENSORES - LUMINOSIDAD	107
6.8.1	Física relacionada	107
6.8.2	Medidores de LUMINOSIDAD – Luxómetros	109
6.8.3	SensorUVA - type_light.....	111
6.8.4	Ejemplo de uso – Luminosidad LED verde - potencia variable.....	112
6.8.5	Ejemplo de propiedades.....	113
6.9	TOOLBOX SENSORES - PROXIMIDAD	115
6.9.1	Física relacionada	115
6.9.2	Medidores de PROXIMIDAD.....	115
6.9.3	SensorUVA - type_proximity.....	120
6.9.4	Ejemplo de uso – Detector.....	122
6.9.5	Ejemplo de propiedades.....	123
7	Prácticas de física	125
7.1	Práctica 1: SEGUIMIENTO DE UN ASCENSOR	127
7.2	Práctica 2: EFICIENCIA DISTINTAS FUENTES ÓPTICAS	149
7.3	Práctica 3: MAPAS DE SONIDO.....	163



8 Conclusiones	173
9 Líneas futuras	175
10 Bibliografía	177



2 ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 4.1.1 - LOGO DE LA APLICACIÓN SENSORUVA.....	12
ILUSTRACIÓN 5.1.1 - LOGO DEL LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN JAVA	15
ILUSTRACIÓN 5.2.1 - LOGO DE LA PLATAFORMA ANDROID.....	18
ILUSTRACIÓN 5.2.2 - MÁQUINA VIRTUAL ANDROID - JAVA, DALVIK	20
ILUSTRACIÓN 5.2.3 - ARQUITECTURA DE PROCESOS Y LIBRERÍAS ANDROID	21
ILUSTRACIÓN 5.2.4 - ESTRUCTURA DE CARPETAS SEGÚN VISTA PROYECTO DE SENSORUVA - ANDROID STUDIO	24
ILUSTRACIÓN 5.2.5 - CICLO DE VIDA DE UNA APLICACIÓN ANDROID	25
ILUSTRACIÓN 5.3.1 - LOGO DE ANDROID STUDIO	27
ILUSTRACIÓN 5.3.2 - PORCENTAJE DE SMARTPHONE SEGÚN LA VERSIÓN ANDROID QUE UTILIZAN	28
ILUSTRACIÓN 5.3.3 - PORCENTAJE DE SMARTPHONE SEGÚN LA DENSIDAD DE PÍXELES Y EL TAMAÑO DE PANTALLA... ..	29
ILUSTRACIÓN 5.4.1 - PANTALLA DE INTRODUCCIÓN	30
ILUSTRACIÓN 5.4.2 - EJEMPLO DE PERMISO DE SEGURIDAD	30
ILUSTRACIÓN 5.4.3 - BOTÓN DE SEGURIDAD - PERMISOS PENDIENTES	31
ILUSTRACIÓN 5.4.4 - MENÚ PRINCIPAL SENSORUVA.....	31
ILUSTRACIÓN 5.4.5 - MENÚ TOOLBOX SENSORES.....	32
ILUSTRACIÓN 5.4.6 - TOOLBOX SENSORES / ACELERACIÓN - PANTALLA EJEMPLO DE UN SENSOR.....	33
ILUSTRACIÓN 5.4.7 - EJEMPLO DE DISPOSITIVO OBTENIENDO LA UBICACIÓN GPS	34
ILUSTRACIÓN 5.4.8 - CUENTA ATRÁS PARA COMENZAR LA GRABACIÓN	35
ILUSTRACIÓN 5.4.9 - BOTÓN TEMPORAL: FINALIZAR GRABACIÓN.....	35
ILUSTRACIÓN 5.4.10 - TOOLBOX SENSORES / ACELERACIÓN - INFORMACIÓN DEL SENSOR (HARDWARE)	36
ILUSTRACIÓN 5.4.11 - TOOLBOX SENSORES - MULTISENSOR	37
ILUSTRACIÓN 5.4.12 - TOOLBOX SONIDO - AUDIA - MENÚ	38
ILUSTRACIÓN 5.4.13 - TOOLBOX SONIDO - AUDIA - PANTALLA DE CARGA	38
ILUSTRACIÓN 5.4.14 - BASE DE DATOS - MENÚ PARA DATOS DE SENSORES.....	39
ILUSTRACIÓN 5.4.15 - BASE DE DATOS - MENÚ PARA DATOS DE SONIDO	39
ILUSTRACIÓN 5.4.16 - BASE DE DATOS - SENSOR - VISUALIZAR	40
ILUSTRACIÓN 5.4.17 - BASE DE DATOS - SENSOR - ENVIAR	41
ILUSTRACIÓN 5.4.18 - BASE DE DATOS - SENSOR - BORRAR - VISTA PARCIAL	41
ILUSTRACIÓN 5.4.19 - BASE DE DATOS - SONIDO - ENVIAR.....	42
ILUSTRACIÓN 5.4.20 - BASE DE DATOS - SONIDO - BORRAR	42
ILUSTRACIÓN 5.4.21 - PRÁCTICAS DE FÍSICA - EJEMPLO DE VISUALIZACIÓN DE GUIÓN - ASCENSOR	43
ILUSTRACIÓN 5.4.22 - PRÁCTICAS DE FÍSICA.....	43
ILUSTRACIÓN 5.4.23 - ACERCA DE.....	43
ILUSTRACIÓN 6.3.1 - EJEMPLO DE ACELERÓMETRO MECÁNICO.....	52
ILUSTRACIÓN 6.3.2 - EJEMPLO DE ACELERÓMETRO PIEZOELÉCTRICO.....	53
ILUSTRACIÓN 6.3.3 - FUNCIONAMIENTO SIMPLIFICADO DE UN ACELERÓMETRO CAPACITIVO	53
ILUSTRACIÓN 6.3.4 - ACELERÓMETRO TÉRMICO ESTÁTICO Y EN FUNCIONAMIENTO	54
ILUSTRACIÓN 6.3.5 - SISTEMA DE EJES XYZ UNIVERSAL PARA SMARTPHONE	56
ILUSTRACIÓN 6.3.6 - PANTALLA PRINCIPAL TOOLBOX SENSORES / ACELERACIÓN	56
ILUSTRACIÓN 6.3.7 - PANTALLA PRINCIPAL TOOLBOX SENSORES / ACELERACIÓN SIN GRAVEDAD.....	58
ILUSTRACIÓN 6.3.8 - GRÁFICA EJEMPLO ACELERACIÓN - ACELERACIÓN DE UN VEHÍCULO - 0 A 60 KM/H.....	59
ILUSTRACIÓN 6.3.9 - INFORMACIÓN SOBRE ACELERÓMETRO - SMARTPHONE DE MUESTRA - SONY XPERIA X	60
ILUSTRACIÓN 6.4.1 - COORDENADAS GEOGRÁFICAS, LATITUD Y LONGITUD	61
ILUSTRACIÓN 6.4.2 - DIFERENCIA ENTRE RUMBO Y AZIMUT	62
ILUSTRACIÓN 6.4.3 - TOOLBOX SENSORES / ORIENTACION.....	64
ILUSTRACIÓN 6.4.4 - BRÚJULA INTEGRADA EN TOOLBOX SENSORES / ORIENTACIÓN	66



ILUSTRACIÓN 6.4.5 - RUTA TRAZADA MEDIANTE EXCEL POWER-MAPS – ROSETA PARA COMPARATIVA	68
ILUSTRACIÓN 6.4.6 - GRÁFICA EJEMPLO ORIENTACIÓN - AZIMUT Y RUMBO DURANTE UN TRAYECTO EN COCHE ..	68
ILUSTRACIÓN 6.4.7 - VISTA AÉREA DE LOS DATOS AZIMUT GEOPOSICIONADOS.....	69
ILUSTRACIÓN 6.4.8 - INFORMACIÓN SOBRE ORIENTACIÓN - SMARTPHONE DE MUESTRA - SONY XPERIA X.....	69
ILUSTRACIÓN 6.5.1 - TRAYECTORIA CIRCULAR DE UNA PARTÍCULA ALREDEDOR DEL EJE DE ROTACIÓN	71
ILUSTRACIÓN 6.5.2 - EXPLICACIÓN SOBRE EL MOVIMIENTO DE PRECESIÓN DE UNA PEONZA EN MOVIMIENTO.....	72
ILUSTRACIÓN 6.5.3 - ESQUEMA DE GIRÓSCOPO MECÁNICO	73
ILUSTRACIÓN 6.5.4 - EFECTO SAGNAC.....	74
ILUSTRACIÓN 6.5.5 - MASA MICRO-MECANIZADA.....	75
ILUSTRACIÓN 6.5.6 - GIRÓSCOPO ELECTRÓNICO EN FUNCIONAMIENTO	76
ILUSTRACIÓN 6.5.7 - TOOLBOX SENSORES / GIRÓSCOPO	77
ILUSTRACIÓN 6.5.8 - GRÁFICA EJEMPLO GIRÓSCOPO - FRENADA GRADUAL DE UN RODAMIENTO - MEDIDA 1.....	79
ILUSTRACIÓN 6.5.9 - GRÁFICA EJEMPLO GIRÓSCOPO - FRENADA GRADUAL DE UN RODAMIENTO - MEDIDA 2.....	79
ILUSTRACIÓN 6.5.10 - GRÁFICA EJEMPLO GIRÓSCOPO - FRENADA GRADUAL DE UN RODAMIENTO - MEDIDA 3.....	80
ILUSTRACIÓN 6.5.11 - INFORMACIÓN SOBRE GIRÓSCOPO - SMARTPHONE DE MUESTRA - SONY XPERIA X	81
ILUSTRACIÓN 6.6.1 - CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE	84
ILUSTRACIÓN 6.6.2 - ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UN MAGNETÓMETRO SQUID	85
ILUSTRACIÓN 6.6.3 - CONDUCTOR SOMETIDO A UN CAMPO MAGNÉTICO	86
ILUSTRACIÓN 6.6.4 - SENSOR O SONDA HALL.....	86
ILUSTRACIÓN 6.6.5 - TOOLBOX SENSORES / MAGNETISMO	87
ILUSTRACIÓN 6.6.6 - GRÁFICA EJEMPLO MAGNETISMO - SMARTPHONE GIRANDO - SIN IMÁN	90
ILUSTRACIÓN 6.6.7 - GRÁFICA EJEMPLO MAGNETISMO - SMARTPHONE GIRANDO - IMÁN IZQUIERDA	90
ILUSTRACIÓN 6.6.8 - GRÁFICA EJEMPLO MAGNETISMO - SMARTPHONE ESTÁTICO - IMÁN EN MOVIMIENTO.....	91
ILUSTRACIÓN 6.6.9 - INFORMACIÓN SOBRE MAGNETISMO - SMARTPHONE DE MUESTRA - SONY XPERIA X	92
ILUSTRACIÓN 6.7.1 - CUADRO COMPARATIVO DE ALTITUD/PRESIÓN/TEMPERATURA	95
ILUSTRACIÓN 6.7.2 - RELACIÓN PRESIÓN - ALTITUD.....	96
ILUSTRACIÓN 6.7.3 - TERMÓMETRO DE MERCURIO, ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO	97
ILUSTRACIÓN 6.7.4 - ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UN TERMOPAR.....	97
ILUSTRACIÓN 6.7.5 - TIPOS DE TERMOPAR DEPENDIENDO DE LOS METALES UTILIZADOS.....	98
ILUSTRACIÓN 6.7.6 - TERMOHIGRÓMETRO CAPACITIVO CON TERMOPARES TIPO K Y J	99
ILUSTRACIÓN 6.7.7 - COLUMNA DE LÍQUIDO DE TIPO U	100
ILUSTRACIÓN 6.7.8 - EFECTO DE TRANSDUCCIÓN RESISTIVA A LA VARIACIÓN DE PRESIÓN	101
ILUSTRACIÓN 6.7.9 - TOOLBOX SENSORES / AMBIENTE	102
ILUSTRACIÓN 6.7.10 - GRÁFICA EJEMPLO AMBIENTE – BAJADA POR ESCALERAS - MEDIDA DE PRESIÓN.....	105
ILUSTRACIÓN 6.7.11 - INFORMACIÓN SOBRE AMBIENTE - SMARTPHONE DE MUESTRA - SONY XPERIA X	106
ILUSTRACIÓN 6.8.1 - ESQUEMA DE SENSOR CCD	109
ILUSTRACIÓN 6.8.2 - LUXÓMETRO ESTÁNDAR	110
ILUSTRACIÓN 6.8.3 - TOOLBOX SENSORES / LUMINOSIDAD	111
ILUSTRACIÓN 6.8.4 - GRÁFICA EJEMPLO LUMINOSIDAD - LUMINOSIDAD AUMENTANDO POTENCIA ELÉCTRICA ..	112
ILUSTRACIÓN 6.8.5 - INFORMACIÓN SOBRE LUMINOSIDAD - SMARTPHONE DE MUESTRA - SONY XPERIA X	113
ILUSTRACIÓN 6.9.1 - ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE SENSOR DE PROXIMIDAD CAPACITIVO.....	115
ILUSTRACIÓN 6.9.2 - ANÁLISIS DEL PROCESO DE MEDIDA DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL OSCILADOR	116
ILUSTRACIÓN 6.9.3 - SENSOR DE PROXIMIDAD MAGNÉTICO TIPO REED SWICH	116
ILUSTRACIÓN 6.9.4 - PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR DE PROXIMIDAD ULTRASÓNICO	117
ILUSTRACIÓN 6.9.5 - ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UN SENSOR DE PROXIMIDAD DE REFLEXIÓN DIRECTA	119
ILUSTRACIÓN 6.9.6 - TOOLBOX SENSORES / PROXIMIDAD, PANTALLA PRINCIPAL, SENSOR APAGADO	120
ILUSTRACIÓN 6.9.7 - TOOLBOX SENSORES / PROXIMIDAD, PANTALLA PRINCIPAL CON EL SENSOR ENCENDIDO (SIN DETECTAR OBJETO)	121
ILUSTRACIÓN 6.9.8 - TOOLBOX SENSORES / PROXIMIDAD, PANTALLA PRINCIPAL CON EL SENSOR ENCENDIDO (DETECTANDO OBJETO)	121
ILUSTRACIÓN 6.9.9 - INFORMACIÓN SOBRE PROXIMIDAD - SMARTPHONE DE MUESTRA - SONY XPERIA X	123



ILUSTRACIÓN 7.1.1 - POSICIÓN Y DESPLAZAMIENTO DE UNA PARTÍCULA SOBRE EL EJE X	128
ILUSTRACIÓN 7.1.2 - CONCEPTO DE VELOCIDAD MEDIA	129
ILUSTRACIÓN 7.1.3 - CÁLCULO DE LA POSICIÓN MEDIANTE LA PENDIENTE DE LA CURVA DE VELOCIDAD	130
ILUSTRACIÓN 7.1.4 - POSICIÓN A PARTIR DE LA INTEGRAL DE LA VELOCIDAD	130
ILUSTRACIÓN 7.1.5 - CÁLCULO DE LA POSICIÓN MEDIANTE INTEGRACIÓN DE LA CURVA DE VELOCIDAD	132
ILUSTRACIÓN 7.1.6 - MOVIMIENTO UNIFORMEMENTE ACELERADO EN EL EJE X	134
ILUSTRACIÓN 7.1.7 - CUADRO COMPARATIVO DE ALTITUD/PRESIÓN/TEMPERATURA	135
ILUSTRACIÓN 7.1.8 - RELACIÓN ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR - PRESIÓN ATMOSFÉRICA	136
ILUSTRACIÓN 7.1.9 - TOOLBOX SENSORES / ACELERACIÓN – VISTA PARCIAL	138
ILUSTRACIÓN 7.1.10 - DIRECCIÓN Y SENTIDO DE EJES SMARTPHONE	138
ILUSTRACIÓN 7.1.11 - TOOLBOX SENSORES / AMBIENTE - VISTA PARCIAL	139
ILUSTRACIÓN 7.1.12 - TOOLBOX SENSORES - MULTISENSOR	139
ILUSTRACIÓN 7.1.13 - BASE DE DATOS (SENSOR) / ENVIAR	141
ILUSTRACIÓN 7.1.14 - APARIENCIA DEL ARCHIVO EXCEL GENERADO	141
ILUSTRACIÓN 7.1.15 - EJEMPLO DE GRÁFICA DE ACELERACIÓN LINEAL DE UN ASCENSOR DURANTE UNA SUBIDA	142
ILUSTRACIÓN 7.1.16 - EJEMPLO DE GRÁFICAS DE ACELERACIÓN Y DECELERACIÓN	143
ILUSTRACIÓN 7.1.17 - CASO EJEMPLO DEL CÁLCULO DE LA VELOCIDAD MEDIA Y LA DISTANCIA	144
ILUSTRACIÓN 7.1.18 - CÁLCULO DE LA DISTANCIA RECORRIDA UTILIZANDO LA ACELERACIÓN	145
ILUSTRACIÓN 7.1.19 - GRÁFICO EJEMPLO - ASCENSOR SUBIDA PLANTA BAJA A 6º PISO	145
ILUSTRACIÓN 7.1.20 - CÁLCULO DE LA ALTURA RECORRIDA UTILIZANDO LA PRESIÓN	146
ILUSTRACIÓN 7.1.21 - CÁLCULO DE LA DISTANCIA RECORRIDA UTILIZANDO LA MEDIDA DE LOS ESCALONES	146
ILUSTRACIÓN 7.2.1 - PROPUESTA DE MONTAJE CON DOS REÓSTATOS PARA REGULAR LA POTENCIA ELÉCTRICA	153
ILUSTRACIÓN 7.2.2 - ESQUEMA DEL MONTAJE	154
ILUSTRACIÓN 7.2.3 - MONTAJE LED RGB	154
ILUSTRACIÓN 7.2.4 - TOOLBOX SENSORES / LUMINOSIDAD	155
ILUSTRACIÓN 7.2.5 - TOOLBOX SENSORES / LUMINOSIDAD - GRABACIÓN EN PROCESO	156
ILUSTRACIÓN 7.2.6 - ILUMINANCIA SEGÚN POTENCIA ELÉCTRICA VARIABLE - LED RGB	160
ILUSTRACIÓN 7.3.1 - GRÁFICO ORIENTATIVO SOBRE NIVEL DE DECIBELIOS	164
ILUSTRACIÓN 7.3.2 - SONÓMETRO	165
ILUSTRACIÓN 7.3.3 - LATITUD Y LONGITUD	166
ILUSTRACIÓN 7.3.4 - TOOLBOX SENSORES / SONÓMETRO (GPS)	167
ILUSTRACIÓN 7.3.5 - EJEMPLO DE MAPA PERSONALIZADO	170
ILUSTRACIÓN 7.3.6 - LOCALIZACIÓN DE HERRAMIENTA MAPAS 3D EN EXCELL	170
ILUSTRACIÓN 7.3.7 - PANTALLA PRINCIPAL DE MICROSOFT POWER MAPS	171
ILUSTRACIÓN 7.3.8 - OPCIONES DE CAPA	171
ILUSTRACIÓN 7.3.9 - TIPOS DE GRÁFICOS DISPONIBLES	171
ILUSTRACIÓN 7.3.10 - EJEMPLO DE GRÁFICO CON IMAGEN DEL MAPA DE SONIDO (DIAGRAMA DE CALOR)	172





3 ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 6.2.1 - CLASIFICACIÓN DE TYPE DISPONIBLES DESDE SENSORMANAGER - PARTE 1	48
TABLA 6.2.2 - CLASIFICACIÓN DE TYPE DISPONIBLES DESDE SENSORMANAGER - PARTE 2	49
TABLA 6.3.1 - TABLA COMPARATIVA DE TIPOS DE ACELERÓMETROS.	55
TABLA 6.3.2 - EXCEL DE EJEMPLO - GRABACIÓN SENSOR ACELERACIÓN - AceC.MEM.0105_102328	58
TABLA 6.3.3 - DATOS PARCIALES DE EJEMPLO DE ACELERACIÓN.	59
TABLA 6.4.1 - EXCEL DE EJEMPLO - GRABACIÓN SENSOR ORIENTACIÓN - OriC.MEM.0105_103012	67
TABLA 6.4.2 - DATOS PARCIALES DE EJEMPLO DE ORIENTACIÓN.	67
TABLA 6.5.1 - EXCEL DE EJEMPLO - GRABACIÓN SENSOR GIRÓSCOPO - GirC.MEM.0105_113244	78
TABLA 6.5.2 - DATOS PARCIALES DE EJEMPLO DE GIRÓSCOPO	78
TABLA 6.6.1 - EXCEL DE EJEMPLO - GRABACIÓN SENSOR MAGNETISMO - MagC.MEM.0105_113527	89
TABLA 6.6.2 - DATOS PARCIALES DE EJEMPLO DE MAGNETISMO	89
TABLA 6.7.1 - EXCEL DE EJEMPLO - GRABACIÓN SENSOR AMBIENTE - AmbC.MEM.0105_123507	104
TABLA 6.7.2 - DATOS PARCIALES DE EJEMPLO DE AMBIENTE	105
TABLA 6.8.1 - DATASHEET CON DATOS PROMEDIO DE LUXÓMETROS COMERCIALES.....	110
TABLA 6.8.2 - EXCEL DE EJEMPLO - GRABACIÓN SENSOR LUMINOSIDAD - LumC.MEM.0205_152205	111
TABLA 6.8.3 - DATOS PARCIALES DE EJEMPLO DE LUMINOSIDAD	112
TABLA 6.9.1 - EXCEL DE EJEMPLO - GRABACIÓN SENSOR PROXIMIDAD - ProC.MEM.0205_145249	122
TABLA 6.9.2 - DATOS PARCIALES DE EJEMPLO DE PROXIMIDAD	122
TABLA 7.2.1 - TOMA DE DATOS DE POTENCIA E ILUMINANCIA VARIABLES, DISTANCIA FIJA.	157
TABLA 7.2.2 - TOMA DE DATOS DE DISTANCIA E ILUMINANCIA VARIABLES, POTENCIA FIJA.	158
TABLA 7.2.3 - MEDIDAS LED RGB POLARIZADO EN VERDE - EXPERIENCIA 1 - POTENCIA VARIABLE	159
TABLA 7.2.4 - DATA SHEET DEL LED UTILIZADO PARA LA EXPERIENCIA DE PRUEBA	161
TABLA 7.3.1 - "AUDIA.SONOMETRO.AAAAMMDD_HHMMSSS.CSV"	168
TABLA 7.3.2 - "AUDIA.SONOMETRO.MAPASONIDO.AAAAMMDD_HHMMSSS.CSV"	169





4 INTRODUCCIÓN

Enmarcado en el contexto del departamento de Física de la Materia Condensada, Cristalografía y Mineralogía de la Universidad de Valladolid, este proyecto tiene por objetivo la creación de una aplicación móvil para Smartphone que ilustre temas relacionados con la física a partir de la resolución de prácticas o experiencias aprovechando los posibles usos de los sensores y funcionalidades disponibles en estos dispositivos.

El proyecto consta de apartados donde se explica el proceso de creación de la app para Android, "SensorUVA", su estructura y funcionamiento, una explicación sobre capacidades de los sensores de un Smartphone como comparativa de otros sensores y una batería de prácticas propuestas incluidas en la aplicación.

4.1 Necesidad del proyecto

La tecnología móvil está cambiando nuestra forma de ver el mundo. En la actualidad estos dispositivos han revolucionado la forma de vida de una manera tan espectacular como lo provocó internet años atrás.

Según la plataforma ditrendia, un grupo de marketing dedicado al estudio de la expansión digital, sobre todo del sector móvil, en 2016, el número de dispositivos móviles a nivel global alcanzó la cifra de 7,9 millones, siendo este número mayor que el de habitantes en la Tierra.

Si nos centramos en Europa, 78 de cada 100 habitantes cuenta con un Smartphone, siendo una cifra superior a la de habitantes que disponen de un ordenador personal.

Si hablamos sobre la población joven, en España, un 98% de los jóvenes de entre 10 y 14 años cuentan con un Smartphone con conexión a internet y además, según estudios, la gran mayoría de los niños de 2 a 3 años utilizan habitualmente el móvil de sus padres para ver videos o jugar.

No es necesario afirmar que los Smartphone se han convertido en la plataforma idónea para transmitir información, además habiéndose convertido el uso de aplicaciones en la acción con más gasto de tiempo diario de uso de tecnología por usuario, ascendiendo hasta un 54% del tiempo conectado.

Todas estas cifras crecen año a año; según estimaciones en 2019 existirán 5.07 mil millones de usuarios de dispositivos móviles en el mundo, de entre los cuales 2,65 serán Smartphone.



Pero, existe un problema y es que, la gran mayoría de estos usuarios, no tienen idea de la potente herramienta que disponen, por lo que usan una pequeña parte del potencial que ofrecen estos dispositivos.

SensorUVA nació de la necesidad de crear una plataforma accesible para todo el mundo que no solo te permita ver qué capacidades tiene un Smartphone y cómo funcionan, sino que consiga convertir el dispositivo en una herramienta abierta con capacidad para recopilar datos, configurarlos, guardarlos y enviarlos para su análisis más tarde. De esta manera conseguimos, con algo de imaginación, que el usuario sea capaz de realizar un sinnúmero de experiencias sin más ayuda que un teléfono inteligente, que como he explicado antes, es algo que está al alcance de prácticamente todo el mundo.



Ilustración 4.1.1 - Logo de la aplicación SensorUVA

La aplicación se ha enmarcado en el campo de la física, proponiendo prácticas con las que ilustrar conceptos físicos, tanto con experiencias clásicas adaptadas de estilo laboratorio como otras en ambientes más informales. No obstante, el atractivo final de la aplicación radica en que cada persona la use como se le ocurra o necesite.

Por todo esto, SensorUVA no se concibe sólo como un set de prácticas cerradas, donde una vez resueltas resultara inútil, sino que se ha convertido en un juego de herramientas, con las que con algo de imaginación poder realizar infinitas experiencias, aportando el soporte idóneo para tratar con estudiantes, una aplicación para dispositivos móviles.



4.2 Objetivos del proyecto

- Diseño y creación de una aplicación que reúna las siguientes características:
 - a. Accesible al mayor número de personas.
 - b. Versatilidad, posibilidad de uso libre.
 - c. Utilidad tanto para aprendizaje como para su uso cotidiano en experiencias simples.
 - d. Variedad. Con un conjunto amplio de herramientas, aprovechando al máximo todos los sensores disponibles.
 - e. Personalizable. Grabación y visualización de datos pudiendo seleccionar duración, intervalos, sensores, nombres etc. Posibilidad de guardar los datos de la forma deseada.
 - f. Conectada. A la hora de transmitir los archivos generados proponiendo opciones, como email, mediante ordenador, etc.
 - g. Simple. Mediante cuadros de ayuda se irá guiando al usuario por la app para aprender a utilizarla satisfactoriamente.
 - h. Geo-localizada. La app aportará la posibilidad de añadir tracking GPS a las muestras de datos que se realicen.

- Estudio de sensores: Comparativa con sensores existentes fuera del contexto de la tecnología móvil. En la app se dará la posibilidad de conocer y obtener información acerca del hardware que dispone cada Smartphone.

- Creación de una batería de guiones de prácticas mediante las cuales entretener y al mismo tiempo inculcar conceptos de física al usuario. Con ellos se pretende inspirar a los usuarios a realizar sus propias experiencias.





5 DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

5.1 Lenguaje de programación – JAVA

Java surgió en 1991 cuando un grupo de ingenieros de Sun Microsystems trataron de diseñar un nuevo lenguaje de programación destinado a electrodomésticos. La reducida potencia de cálculo y memoria de los electrodomésticos llevó a desarrollar un lenguaje sencillo capaz de generar código de tamaño muy reducido.



Ilustración 5.1.1 - Logo del lenguaje de programación JAVA

Debido a la existencia de distintos tipos de CPU y a los continuos cambios, era importante conseguir una herramienta independiente del tipo de CPU utilizada. Desarrollan un código “neutro” que no depende del tipo de electrodoméstico, el cual se ejecuta sobre una “máquina hipotética o virtual” denominada Java Virtual Machine (JVM). Es la JVM quien interpreta el código neutro convirtiéndolo a código particular de la CPU utilizada. Esto permitía lo que luego se ha convertido en el principal lema del lenguaje: “Write Once, Run Everywhere”.

A pesar de los esfuerzos realizados por sus creadores, ninguna empresa de electrodomésticos se interesó por el nuevo lenguaje.

Java, como lenguaje de programación para computadores, se introdujo a finales de 1995. La clave fue la incorporación de un intérprete Java en el programa Netscape Navigator, versión 2.0, produciendo una verdadera revolución en Internet. Java 1.1 apareció a principios de 1997, mejorando sustancialmente la primera versión del lenguaje.

Al programar en Java no se parte de cero. Cualquier aplicación que se desarrolle “cuelga” (o se apoya, según como se quiera ver) en un gran número de clases preexistentes. Algunas de ellas las ha podido hacer el propio usuario, otras pueden ser comerciales, pero siempre hay un número muy importante de clases que forman parte del propio lenguaje (el API o Application Programming Interface de Java). Java incorpora muchos aspectos que en cualquier otro lenguaje son extensiones propiedad de empresas de software o fabricantes de



ordenadores (threads, ejecución remota, componentes, seguridad, acceso a bases de datos, etc.). Por eso es un lenguaje ideal para aprender la informática moderna, porque incorpora todos estos conceptos de un modo estándar, mucho más sencillo y claro que con las citadas extensiones de otros lenguajes. Esto es consecuencia de haber sido diseñado más recientemente y por un único equipo. El principal objetivo del lenguaje Java es llegar a ser el “nexo universal” que conecte a los usuarios con la información, esté ésta situada en el ordenador local, en un servidor de Web, en una base de datos o en cualquier otro lugar.

Java es un lenguaje muy completo (se está convirtiendo en un macro-lenguaje: Java 1.0 tenía 12 packages; Java 1.1 tenía 23 y Java 1.2 tiene 59). En cierta forma casi todo depende de casi todo.

Por ello, hay que aprenderlo de modo iterativo: primero una visión muy general, que se va refinando en sucesivas iteraciones. Una forma de hacerlo es empezar con un ejemplo completo en el que ya aparecen algunas de las características más importantes.

La compañía Sun describe el lenguaje Java como “simple, orientado a objetos, distribuido, interpretado, robusto, seguro, de arquitectura neutra, portable, de altas prestaciones, multitarea y dinámico”.

Los programas desarrollados en Java presentan diversas ventajas frente a los desarrollados en otros lenguajes como C/C++. La ejecución de programas en Java tiene muchas posibilidades: ejecución como aplicación independiente (Stand-alone Application), ejecución como applet, ejecución como servlet, etc.

- Un *applet* es una aplicación especial que se ejecuta dentro de un navegador o browser (por ejemplo, Netscape Navigator o Internet Explorer) al cargar una página HTML desde un servidor Web. El applet se descarga desde el servidor y no requiere instalación en el ordenador donde se encuentra el browser.
- Un *servlet* es una aplicación sin interface gráfica que se ejecuta en un servidor de Internet. La ejecución como aplicación independiente es análoga a los programas desarrollados con otros lenguajes.

El lenguaje de programación java, como muchos otros lenguajes de programación orientados a objetos, proporciona una herramienta para resolver problemas de programación utilizando las nociones de clase y objetos. Cada objeto tiene una clase que define sus datos y su comportamiento. Una clase tiene los siguientes 3 tipos de miembros:

1. Campos: Se trata de variables de datos asociados con una clase y sus objetos. Los campos almacenan los resultados de los cálculos realizados por la clase.



2. Métodos: Contienen el código ejecutable de cada clase. Están formados por sentencias. La forma en que se invoca a los métodos y las sentencias que contienen dichos métodos es lo que dirige la ejecución de un determinado programa.
3. Clases e Interfaces: Siendo clases las abstracciones que define un tipo de objeto especificando qué propiedades y operaciones disponibles va a tener e interfaces las listas de acciones que puede llevar a cabo un determinado objeto. Importante no confundir el concepto de interfaz con el de método.

En conclusión, java es un lenguaje muy versátil de propósito general, muy valioso en entornos WEB, adecuado para construir diversas aplicaciones y elegido por muchos programadores para la creación de software en los que la independencia de la máquina virtual es menos importante.



5.2 Android

Existen muchas plataformas para dispositivos móviles, véase Apple iOS, Windows Phone, Blackberry, Palm, Linux Mobile y por supuesto Android.



Ilustración 5.2.1 - Logo de la plataforma ANDROID

Google adquiere Android Inc. en el año 2005. Se trataba de una pequeña compañía, que acababa de ser creada, orientada a la producción de aplicaciones para terminales móviles. Ese mismo año empiezan a trabajar en la creación de una máquina virtual Java optimizada para móviles (Dalvik VM).

En el año 2007 se crea el consorcio Handset Alliance con el objetivo de desarrollar estándares abiertos para móviles. Está formado por Google, Intel, Texas Instruments, Motorola, T-Mobile, Samsung, Ericson, Toshiba, Vodafone, NTT DoCoMo, Sprint Nextel y otros. Una pieza clave de los objetivos de esta alianza es promover el diseño y difusión de la plataforma Android. Sus miembros se han comprometido a publicar una parte importante de su propiedad intelectual como código abierto bajo licencia Apache v2.0.

En noviembre del 2007 se lanza una primera versión del Android SDK. Ese mismo mes se abre Android Market, para la descarga de aplicaciones. En abril del 2009 Google lanza la versión 1.5 del SDK que incorpora nuevas características como el teclado en pantalla. A finales del 2009 se lanza la versión 2.0 y durante el 2010 las versiones 2.1, 2.2 y 2.3.

Durante el año 2010 Android se consolida como uno de los sistemas operativos para móviles más utilizados, con resultados cercanos a iOS e incluso superando al sistema de Apple en EE.UU.

En el 2011 Android se consolida como la plataforma para móviles más importante alcanzando una cuota de mercado superior al 50%.

Como hemos visto, Android es un sistema operativo, inicialmente diseñado para teléfonos móviles, pero en la actualidad, este sistema operativo se instala no sólo en móviles, sino también en múltiples dispositivos, como tabletas, GPS,



televisores, discos duros multimedia, mini ordenadores, etcétera. Incluso se ha instalado en microondas y lavadoras.

Está basado en Linux, que es un núcleo de sistema operativo libre, gratuito y multiplataforma. Este sistema operativo permite programar aplicaciones empleando una variación de Java llamada Dalvik, y proporciona todas las interfaces necesarias para desarrollar fácilmente aplicaciones que acceden a las funciones del teléfono (como el GPS, las llamadas, la agenda, etcétera) utilizando el lenguaje de programación ya explicado, Java.

Su sencillez principalmente, junto a la existencia de herramientas de programación gratuitas, es la causa de que existan cientos de miles de aplicaciones disponibles, que extienden la funcionalidad de los dispositivos y mejoran la experiencia del usuario.

Android combina mejor que ninguna otra plataforma las siguientes características:

- Plataforma abierta: También llamado Open Source, se trata de una plataforma de desarrollo libre, como ya hemos dicho basada en Linux y de código abierto. Es totalmente personalizable y no hay que pagar derechos por su uso. Esta característica ha sido uno de los pilares de su expansión a nivel programador, ya que permite a cualquier persona con nociones sobre este campo, realizar aplicaciones personales, lo cual ha provocado que se avance muy rápido en el desarrollo de nuevas ideas para aplicaciones.
- Portabilidad: El lenguaje de programación que se utiliza es Java, esto asegura que se pueda utilizar en cualquier tipo de CPU ya inventada y por inventar en el futuro. Esto se debe al uso de máquinas virtuales, concepto que se explicará en siguiente apartado.
- Optimizado para baja potencia y poca memoria: La plataforma tiene en cuenta el hardware específico que lleva integrado cada dispositivo móvil. Optimiza los recursos presentes gracias a la máquina virtual Dalvik propia de java.
- Arquitectura basada en componentes web: Los componentes que forman la interfaz gráfica de las aplicaciones Android utilizan programación XML. Permite una gran versatilidad en la visualización de pantallas de todo tipo, mostrándose correctamente desde el reducido tamaño de un Smartphone a un televisor.
- Buen nivel de seguridad: Utiliza un sistema de ejecución de programas dentro de “cajas” heredado de Linux que permite englobar y aislar los programas para evitar interferencias de funcionamiento entre ellos. Además, cada aplicación establece sus propios permisos con el objetivo de limitar su rango de actuación a lo puramente necesario, por ejemplo,



acceso a internet, capacidad de almacenamiento, servicios de localización, etc.

- Adaptable a prácticamente todo tipo de hardware: Una misma aplicación será capaz de funcionar en gran cantidad de dispositivos distintos. Esta característica diferencia fuertemente a Android de uno de sus mayores competidores directos, Apple IOS, en la que por ejemplo si queremos diseñar una aplicación, necesitaremos programar dos versiones distintas si está pensada para Tablet y móvil.
- Conexión total y permanente a Internet: Existe un gran número de aplicaciones que dependen de la conexión a internet para conseguir un funcionamiento correcto, véase la creación de mapas o la comunicación mediante red.
- Calidad de gráficos y sonido: Versatilidad y variedad en la forma de crear los gráficos o animaciones necesarias. Android cuenta con gráficos vectoriales suavizados, animaciones, gráficos en 3D mediante OpenGL etc. En lo relacionado al sonido, a mayores de los codecs estándar de audio y video, incorpora acceso a formatos actuales como MP3, AAC, AVC, etc.

5.2.1 La máquina virtual DALVIK

Como ya sabemos las aplicaciones Android utilizan el lenguaje de programación JAVA, pero con la particularidad de utilizar un bytecode (código intermedio o puente, más abstracto que el código máquina, normalmente son tratados como archivos binarios de lectura para máquinas virtuales) diferente al creado anteriormente. Funciona de la siguiente manera:



Ilustración 5.2.2 - Máquina virtual Android - Java, Dalvik

- Primero se transforma al bytecode propio de java y más tarde se transforma en el usado por Android. Esto significa que primero se generan los archivos de clase de java (extensión .class) y más tarde se transforman en archivos ejecutables por Dalvik (extensión. dex). Los archivos .dex comprimidos se conocen como APK (Android Package).
- Se basa en registros, aprovechando mejor el rendimiento de los móviles.
- Diseñada de manera que pueda ejecutar varias instancias simultáneamente.



Desde la perspectiva de un programador de aplicaciones móviles, Android se considera un entorno de JAVA, sin embargo, el entorno de ejecución no es estrictamente una máquina virtual JAVA. Esto explica por qué a veces se producen ciertas incompatibilidades entre Android y ciertas bibliotecas de java puras.

Hablando de Dalvik, lo que debemos recordar es que las aplicaciones de Android se ejecutan en su interior y que depende del núcleo de Linux para servicios como procesadores, memorias y administración de sistemas de archivos.

En resumen, con esta máquina virtual, Android nos ofrece un soporte sencillo y novedoso para implementar potentes aplicaciones en múltiples dispositivos, por lo que por eso y por todas las anteriores razones, se ha decidido que la app SensorUVA se enmarque dentro de la plataforma Android.

5.2.2 Arquitectura del sistema

Tras una primera inspección de la arquitectura general del sistema (ver ilustración 5.2.3), es decir las capas clave y componentes que conforman la pila de software de código abierto de Android, vemos que, empezando desde abajo, existen 5 grandes grupos:



Ilustración 5.2.3 - Arquitectura de procesos y librerías Android



Kernel de Linux:

Base sólida sobre la que se construye Android. Se le llama kernel al software que constituye una parte fundamental de un sistema operativo, definido como la parte que se ejecuta en modo privilegiado (conocido también como modo núcleo).

Android utiliza Linux para la gestión de memoria, gestión de procesos, servicios de redes y otros servicios del sistema operativo. Un usuario de un Smartphone Android, no verá jamás características de la plataforma Linux en su dispositivo, pero para un programador es necesario saber que está ahí.

Librerías:

Librerías de código C o C++ compiladas para un hardware en particular dependiendo del modelo de Smartphone, preinstaladas desde fábrica por el propio fabricante del dispositivo. No pueden ser tratadas como aplicaciones por sí mismas, sino que existen para ser llamadas y usadas por programa de “nivel alto”.

Actualmente es posible crear librerías propias para aplicaciones específicas que requieran acciones no integradas por defecto.

Android runtime:

Situado también sobre el kernel de Linux, trataremos con las librerías del núcleo (Java) y con la máquina virtual.

Application Framework (Armazón de las aplicaciones):

Esta capa proporciona los bloques de construcción de alto nivel que utilizará un programador para crear sus aplicaciones. El marco viene preinstalado con Android, pero también se puede ampliar con nuevos y propios componentes si fuera necesario.

Las partes más importantes de esta capa son las siguientes:

- Administrador de actividades: Controla el ciclo de vida de la aplicación y mantiene una memoria en 2º plano común durante la navegación del usuario.
- Proveedores de contenido: Estos objetos encapsulan datos que deben compartirse entre aplicaciones, como por ejemplo los contactos.
- Administrador de recursos: Siendo los recursos todo aquello que va con su programa que no es código.



- Administrador de ubicaciones: Un teléfono Android siempre sabe dónde está localizado. Útil para múltiples aplicaciones.
- Administrador de notificaciones: Eventos como mensajes, notificaciones sobre citas, alertas de proximidad, y más que pueden ser notificados al usuario.

Aplicaciones y Widgets:

La capa más alta del diagrama de arquitectura de Android es la capa Aplicaciones y Widgets. Utilizando un iceberg como analogía, estaríamos hablando de la punta del mismo. Un usuario sólo verá estos programas, sin conocer cómo llega a desarrollarse el procedimiento aguas arriba.

Llamamos aplicaciones a los programas que pueden llegar a ocupar toda la pantalla e interactuar con el usuario.

Por otro lado, los widgets (también llamados gadgets) funcionan sólo en un pequeño rectángulo de la aplicación de pantalla de inicio, véase como ejemplo aplicaciones que informan sobre el tiempo o escritura de notas como recordatorio [5].

5.2.3 Componentes de una app

- *Vista (view)*: Elementos que componen la interfaz de usuario de una aplicación, como por ejemplo un botón, una imagen o un cuadro de texto. Lo habitual es definirlos en lenguaje XML y que el sistema cree los objetos por su cuenta.
- *Layout*: Conjunto de vistas agrupadas de una determinada forma. Es decir, la apariencia que toma cada pantalla de nuestra aplicación en base a las distintas vistas que hayamos colocado. Al igual que las view, suelen definirse en lenguaje XML.
- *Actividad (activity)*: Elementos de visualización, conocidos como pantallas. Su función principal consistirá en la creación de la interfaz de usuario, basados en los layout y view's. Todas las actividades serán independientes entre sí, pero trabajarán en sintonía.
- *Servicio (service)*: Tareas que se realizan en segundo plano sin necesidad de interacción con el usuario.
- *Intención (intent)*: Mecanismos usados para describir la voluntad de realizar alguna acción que pueden ir desde definir un cambio de layout al pulsar un botón, enviar un email, seleccionar una foto, etc. Usadas sobre todo para lanzar una actividad, un servicio o enviar un anuncio broadcast.



- **Receptor de anuncios (Broadcast Reciever):** Un anuncio broadcast es un aviso realizado por o para que una aplicación notifique un suceso, por ejemplo, una llamada entrante o señalar que la batería del dispositivo va a acabarse. No disponen de interfaz, pero pueden lanzar una actividad si fuera necesario.
- **Proveedores de contenido (Content Provider):** Usado para compartir información entre aplicaciones, sin necesidad de comprometer el sistema de seguridad de los ficheros. [4]

5.2.4 Ficheros y carpetas de una app

Una app Android está formada por un entramado de carpetas que contienen toda la información necesaria para su funcionamiento. A grandes rasgos contaremos con un archivo que trabaja como descriptor de la aplicación, llamado `AndroidManifest.xml`, el código fuente escrito en lenguaje java y una serie de ficheros con recursos necesarios.

A continuación, se explican las carpetas más importantes:

- **src:** Contiene el código fuente de la aplicación.
- **assets:** Engloba elementos del tipo HTML o imágenes PNG utilizados en el caso de SensorUVA para las ayudas.
- **java:** Contiene los Activity de la aplicación.
- **res:** Contiene los recursos utilizados por la aplicación. Dividida a su vez en subcarpetas que contienen:
 - **anim:** Archivos XML con información sobre cómo se producirán las transiciones entre las diferentes Activity.
 - **drawable:** Imágenes PNG y archivos XML llamados descriptores de imágenes, que aportan datos estéticos.
 - **layout:** Contiene a todos los Layout de la app.
 - **menu:** Ficheros XML con los menús de cada Activity.
 - **raw:** Ficheros adicionales, por ejemplo, en SensorUVA contiene los guiones de las prácticas de física propuestas en formato PDF.

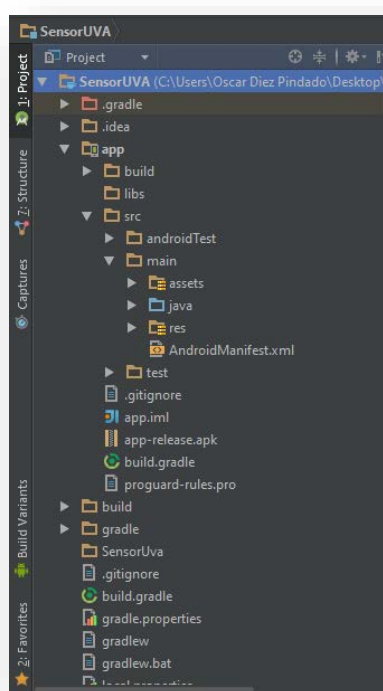


Ilustración 5.2.4 - Estructura de carpetas según vista proyecto de SensorUVA - Android Studio



- valores: Divididos en cuatro categorías, nos sirven para establecer estándares para todos los elementos de la aplicación sobre colores, dimensiones, cadenas de texto o estilos.
 - colors.xml
 - dimens.xml
 - strings.xml
 - styles.xml
- AndroidManifest.xml: Descriptor de la aplicación. Sirve para indicar todas las actividades, intenciones, servicios y proveedores de contenido de la app, además de establecer los permisos a los que se pedirá acceso al usuario y más información necesaria para un correcto funcionamiento.

5.2.5 Ciclo de vida de una aplicación ANDROID

Durante su vida útil, cada Activity de un programa de Android puede estar en uno de varios estados.

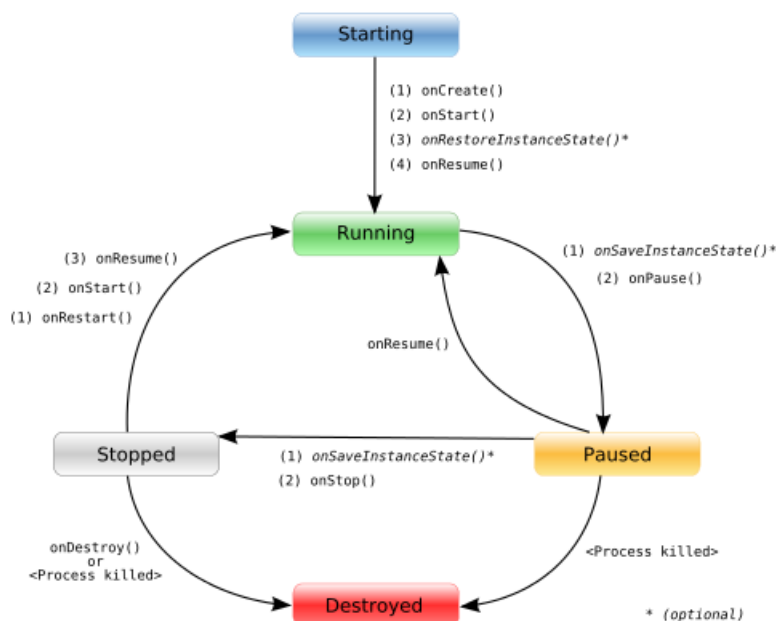


Ilustración 5.2.5 - Ciclo de vida de una aplicación Android

El desarrollador no tiene control sobre el estado de su programa, sin embargo, recibirá una notificación cuando el estado está a punto de cambiar y de esta manera, parar o saltar a otro estado.



OnCreate(Bundle): Llamado al iniciar la actividad por primera vez. Puede utilizarlo para realizar una inicialización única, como la creación de la interfaz de usuario.

OnStart(): Indica que la actividad va a ser mostrada al usuario.

OnResume(): Llamado cuando la actividad comienza a interactuar con el usuario.

OnPause(): Se ejecuta normalmente al iniciarse otra actividad delante de ella. Detiene la actividad hasta nuevo aviso.

OnStop(): La actividad deja de ser visible durante un tiempo, ya no es necesaria para el usuario.

OnRestart(): Si se llama a este método, indica que su actividad se está volviendo a mostrar al usuario desde un estado detenido.

OnDestroy(): Llamado justo antes de que la actividad sea destruida [6].



5.3 SensorUVA - Entorno

SensorUVA es una aplicación diseñada para dispositivos Android, la cual, mediante el uso de hardware (altavoz, micrófono...) y sensores disponibles en cualquier Smartphone (acelerómetro, barómetro, luxómetro...) pretende convertir un dispositivo en una herramienta multiusos de toma de datos, útil para la realización de infinitas experiencias, con el objetivo de ilustrar conceptos de física de una manera simple y entretenida.

5.3.1 Entorno de trabajo – Android Studio

Para la realización de la aplicación se escogió el programa Android Studio, un IDE, o entorno de desarrollo integrado que integra un editor de texto con todas las herramientas de desarrollo.



Ilustración 5.3.1 - Logo de Android Studio

Android Studio nace el 16 de mayo de 2013 en la Google I/O y su primera versión estable sale al público en diciembre del año 2014, disponible para Windows, Mac y Linux.

Fue creado con la idea de reemplazar al programa Eclipse, la plataforma más usada en la creación de aplicaciones y hoy en día, muy importante en el mundo de la programación java.

La función de este IDE es la de hacer de escritorio de trabajo, haciendo el trabajo más sencillo al desarrollador, una herramienta intuitiva que proporciona accesibilidad a las carpetas o archivos usados, proponiendo soluciones antes cambios de código y proporcionando ayudas.

En la actualidad es la plataforma más prometedora del mercado, pudiendo llegar a ser el más completo IDE diseñado para desarrollar aplicaciones Android, por ello y a pesar de que, por su breve vida como programa, la documentación de ayuda se preveía reducida, se decidió su uso para esta aplicación.

5.3.2 Elección de la versión de la plataforma

Antes de empezar un proyecto en Android, es necesario elegir la versión (API) del sistema para que vamos a realizar la aplicación. Esto se debe a que Android se va actualizando de manera progresiva en forma de nuevas versiones.



API es la abreviatura de Application Programming Interface, una serie de comandos, funciones y protocolos que el sistema operativo, en este caso Android, ofrece al programador para diseñar su app. Al estar en constante cambio, es muy importante su elección, teniendo en mente, que de esta elección dependerán los siguientes factores:

- Con cada API se añaden funcionalidades nuevas y se “deprecian” otras funcionalidades que hayan quedado obsoletas, por lo que, si necesitamos que la aplicación realice una tarea específica, debemos elegir una API a partir de la cual se haya añadido la función que busquemos.
- Un Smartphone con un sistema operativo optimizado para una API, no podrá utilizar funcionalidades de una app programada para una API superior, por lo que es importante si queremos que la app funcione en el mayor número de dispositivos, diseñar teniendo en cuenta una API mínima adecuada [7].

Para tomar la decisión es recomendable acudir a la página web:

<https://developer.android.com/about/dashboards/index.html>

En ella podemos encontrar la tabla que se muestra en la ilustración 5.3.2, donde se nos muestra una comparativa de la cantidad de Smartphone que utilizan cada versión y las características de cada una de ellas si pulsamos sobre el número.

Estos datos, recopilados durante un período de 7 días hasta el 1 de agosto de 2016 (no incluidas API con menos de 0,1% de usuarios), nos muestran que desde API 15 – Ice Cream Sandwich el número de dispositivos en activo comienza a ser significativo y que la mayoría de dispositivos en la actualidad utilizan las API KitKat y Lollipop con un 64,7% de los Smartphone entre ellas.

Version	Codename	API	Distribution
2.2	Froyo	8	0.1%
2.3.3 - 2.3.7	Gingerbread	10	1.7%
4.0.3 - 4.0.4	Ice Cream Sandwich	15	1.6%
4.1.x	Jelly Bean	16	6.0%
4.2.x		17	8.3%
4.3		18	2.4%
4.4	KitKat	19	29.2%
5.0	Lollipop	21	14.1%
5.1		22	21.4%
6.0	Marshmallow	23	15.2%

Ilustración 5.3.2 - Porcentaje de Smartphone según la versión Android que utilizan

Por eso SensorUVA se programó para una **API 21 objetivo**, donde ya están disponibles todas las funciones necesarias y con una **API 15 mínima**. De esta manera, nos aseguramos de que la aplicación funcione correctamente en la mayoría de dispositivos durante el mayor tiempo posible.



5.3.3 Elección del tamaño de pantalla

A mayores de la elección de la API es recomendable realizar un análisis similar sobre el tamaño de pantalla de los Smartphone y la densidad de la misma, lo que es lo mismo, la calidad de imagen.

Antes de nada, necesitamos dejar claros el concepto de las medidas de densidad “dip” o “dp”, usadas en la programación de interfaces gráficas para aplicaciones móviles. Se refieren a pixeles de densidad independiente (density-independent pixels). Son unidades flexibles que se escalan a dimensiones uniformes en cualquier pantalla, por ejemplo, 1 dp es igual a 1 pixel en una pantalla de densidad 160. Para calcular el valor dp utilizamos la siguiente fórmula:

$$dp = (\text{ancho en pixeles} * 160) / \text{densidad de la pantalla}$$

Para tomar la decisión, utilizamos la siguiente tabla (ilustración 5.3.3) sacada de la misma página web que la homóloga del anterior apartado. Observamos que el mayor número de smartphones utiliza pantallas de tamaño normal, equivalente a como mínimo 470x320 dp y con densidad de pixeles hdpi, equivalente a una densidad alta de 240 dpi, por eso, la aplicación estará optimizada para dichas características con un tamaño de pantalla objetivo de 5 pulgadas [8].

	ldpi	mdpi	tvdpi	hdpi	xhdpi	xxhdpi	Total
Small	1.8%						1.8%
Normal		3.8%	0.1%	40.0%	27.3%	15.5%	86.7%
Large	0.2%	4.3%	2.1%	0.5%	0.5%		7.6%
Xlarge		2.9%		0.3%	0.7%		3.9%
Total	2.0%	11.0%	2.2%	40.8%	28.5%	15.5%	

Ilustración 5.3.3 - Porcentaje de Smartphone según la densidad de pixeles y el tamaño de pantalla



5.4 SensorUVA - Estructura

5.4.1 Introducción

Es la primera pantalla que veremos al iniciar la aplicación, para continuar solo debemos pulsar el botón EMPEZAR.



Ilustración 5.4.1 - Pantalla de Introducción

Si es la primera vez que inicias la aplicación, es probable que al pulsar el botón aparezcan por pantalla unos avisos similares a los de la ilustración 5.4.2 donde la aplicación te pide permiso para:

- Leer / Grabar datos en la tarjeta SD de su dispositivo.
- Reproducir / Grabar audio.
- Acceder a la localización del dispositivo.

Es necesario aceptar estas excepciones de seguridad para que la aplicación te permita el acceso a la siguiente pantalla.



Ilustración 5.4.2 - Ejemplo de permiso de seguridad



En el caso de pulsar la opción RECHAZAR por error, aparecerá un botón (Ilustración 5.4.3) en el que se leerá la frase PERMISOS PENDIENTES. Al pulsarlo accederemos al apartado de ajustes de aplicaciones del Smartphone desde donde es posible conceder los permisos o excepciones de seguridad que son necesarios.

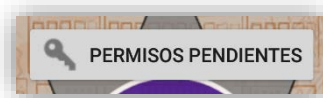


Ilustración 5.4.3 - Botón de seguridad - Permisos pendientes

Cuanto se hayan concedido todos los permisos, podremos acceder al menú principal de la aplicación.

5.4.2 Menú principal

Desde esta pantalla podremos acceder a todos los apartados en los que se divide la aplicación.



Ilustración 5.4.4 - Menú principal SensorUVA

- **TOOLBOX SENSOR:** Menú de herramientas relacionadas con los sensores, parte fundamental de la aplicación.
- **TOOLBOX SONIDO:** Menú de herramientas relacionadas con el sonido, herramientas cedidas por AudiA (Anexo I).



- **BASE DE DATOS:** Desde aquí podremos acceder a los registros/archivos de datos guardados tanto por el apartado de sensores como por el de sonido pudiendo visualizarlos, enviarlos o borrarlos.
- **PRÁCTICAS DE FÍSICA:** Apartado desde el cual podremos visualizar o enviar en formato PDF los guiones de las prácticas de física propuestas.
- **ACERCA DE:** Información sobre la aplicación y su propósito.
- **AYUDA (?):** Este botón estará disponible en la mayoría de pantallas durante la ejecución de la app, desde él, accedemos a un texto de ayuda sobre el funcionamiento de cada herramienta.

Ahora se procederá a explicar una a una su funcionamiento.

5.4.3 TOOLBOX SENSORES

Menú para acceder a los sensores disponibles en el Smartphone:

- Aceleración.
- Orientación.
- Giróscopo.
- Magnetismo.
- Ambiente.
- Luminosidad.
- Proximidad.
- *Multisensor.*

Si algún botón aparece con las letras de color rojizo significará que dicho sensor no está implementado en el dispositivo desde el que estás usando la aplicación.

Esta pantalla da paso a dos funcionalidades distintas relacionadas con cada sensor dependiendo de cómo el usuario pulse dicho botón.



Ilustración 5.4.5 - Menú TOOLBOX SENSORES



5.4.3.1 Selección estándar (pulso normal)

Entraremos en la pantalla de toma de datos del sensor, con una apariencia similar a la de la ilustración 5.4.6, dependiendo del sensor al que hayamos accedido, cambiarán algunos detalles.



Ilustración 5.4.6 - TOOLBOX SENSORES / Aceleración - Pantalla ejemplo de un sensor

Lo primero que nos encontramos será el título del sensor pulsado y en un lateral el botón de información que nos enseñará cómo funciona esta pantalla, incluyendo qué datos es capaz de recopilar y grabar.

El cuadro naranja de debajo del título del sensor es la parte más importante de esta pantalla. En esta zona se muestran en tiempo real los datos del sensor (relativos, debido a la diferencia de sensores en cada dispositivo), siempre que encendamos la herramienta al pulsar el botón OFF para que cambie a la posición ON. En el apartado 6 de la memoria (Desarrollo del potencial de los Smartphone - Sensores), se explicará detalladamente cuales son estos datos para todos los sensores implementados.

A continuación, y siguiendo en orden vertical, tendremos los siguientes elementos:



- **Checkbox “Habilitar GPS”:** Al seleccionar este cuadro se activará la localización GPS del dispositivo, dando permiso para que las muestras grabadas vengán acompañadas de los datos de latitud y longitud.

En un primer instante, los botones se oscurecerán, bloqueándose para que el usuario no interfiera en el proceso de ubicación. Cuando el dispositivo haya conseguido localizarse, la pantalla volverá a su estado normal y en la parte inferior de la pantalla aparecerá el mensaje “Dispositivo ubicado”.



Al terminar de usar el sensor, es recomendable descliquear este checkbox, ya que se ha demostrado que, en determinados dispositivos, si no se realiza esta operación, la ubicación del Smartphone se mantendrá activada.

Ilustración 5.4.7 - Ejemplo de dispositivo obteniendo la ubicación GPS

- **Botón switch (ON/OFF):** Como se ha explicado antes, este botón controla el estado de encendido/apagado del sensor.

La mitad inferior de la pantalla es común para todos los sensores, estamos hablando de la zona de grabación.

La aplicación permite almacenar datos según dos modos distintos:

1. **Captura instantánea:** Grabación de un dato puntual, en el momento de pulsar el botón **CAPTURA INSTANTÁNEA**. Para ello solo será necesario escribir un nombre para el archivo en el cuadro de texto y tener el sensor encendido en el momento de la captura.
2. **Grabación:** Grabación de una serie de datos durante un tiempo determinado. Al igual que con la captura necesitaremos activar el sensor y escribir un nombre para el archivo, pero ahora, además tendremos que escribir el tiempo que queremos que el sensor esté recopilando datos, es decir, la duración en segundos de la muestra y el intervalo de muestreo a elegir entre los disponibles por defecto, véase, 10, 25, 100, 500, 1000, 5000 segundos de grabación entre cada dato recogido.

Con todos los datos correctos, pulsamos el botón **GRABAR**. Al instante comenzará una cuenta atrás en la parte inferior de la pantalla de 3 segundos, la cual cuando termine, hará que comience la grabación.



Durante la grabación, podemos saber cuánto tiempo falta para que el tiempo elegido termine, debido a que sobre el botón GRABAR aparecerá una cuenta atrás.

En el caso de querer pausar la grabación antes de tiempo, podemos pulsar un nuevo botón que nos habrá aparecido encima del cuadro de texto donde escribimos el nombre, en el cual podemos leer, FINALIZAR GRABACIÓN. De esta forma, se parará la grabación y se generará un archivo de datos hasta el instante de la detención.



Ilustración 5.4.8 - Cuenta atrás para comenzar la grabación



Ilustración 5.4.9 - Botón temporal: FINALIZAR GRABACIÓN

Los archivos generados, tendrán el siguiente formato para el nombre, siendo útil para que la aplicación reconozca su origen y sean fáciles de ordenar en la base de datos del usuario:

“PrefijosensorTipograbación.Nombreachivo.DDMM_hhmmss.Extensión”

Prefijosensor: Referido a un nombre característico para cada uno de los sensores, compuesto por las 3 primeras letras del nombre que aparece en el cuadro del título del sensor.

Tipograbación: Primera parte diferenciadora entre capturas y grabaciones. En el caso de capturas esta parte del nombre no será ocupada por ninguna letra, pero en el caso de las grabaciones, aparecerá la letra C, indicando que se trata de una grabación continua en el tiempo.

Nombreachivo: Nombre que el usuario escribe en el cuadro de texto del sensor. En el caso de escribir puntos o espacios en el cuadro, estos no aparecerán como nombre.

DDMM_hhmmss: Con el objetivo de que dos muestras con el mismo nombre del archivo y tomados de un mismo sensor no se sobrescriban, se añadió la fecha del momento en el que se termina la grabación, con formato día, mes, hora, minuto y segundos.

Extensión: Última parte del nombre del archivo y una de las más importantes, debido a que es la que condiciona el formato de las muestras. Esto también condicionará la forma de organizar los archivos en la base de datos.



- Captura instantánea: Extensión TXT indicando que se trata de un archivo de texto compatible con Microsoft Office Word o Bloc de notas, por ejemplo.
- Grabación: Extensión CSV un archivo compatible con Microsoft Office Excel que nos permite visualizar los datos en columnas.

Por último y como hemos podido ver ya en ilustraciones anteriores, en la parte inferior de la pantalla, zona de grabación, tendremos un texto que nos irá informando de las diferentes acciones que se producen cuando manejamos el sensor. Por ejemplo, cuando entramos en una pantalla de un sensor, nos indica en qué carpeta del Smartphone nos guardará lo datos, al terminar una captura o grabación, aparecerá el nombre del archivo completo para que sepamos identificarlo más tarde, etc.

5.4.3.2 Selección adicional (Manteniendo pulsado)

Ahora accederemos a una pantalla de información, en ella, tendremos acceso a los datos del hardware de los sensores de nuestro dispositivo. Por ejemplo, en un Smartphone Xperia X si mantenemos pulsado el botón de ACELERACIÓN, aparecerá la siguiente pantalla:



Ilustración 5.4.10 - TOOLBOX SENSORES /
Aceleración - Información del sensor
(Hardware)



A la hora de realizar prácticas, surgió una problemática, debido a que en determinados experimentos era necesario la toma de datos de dos o más sensores de manera simultánea, para evitar tener que repetir la misma situación varias veces, además del problema que supone, ambas experiencias no serían nunca completamente exactas.

Por eso se incluye la herramienta MULTISENSOR. Esta herramienta aglutina todos los sensores anteriores, permitiendo realizar grabaciones o capturas instantáneas de varios sensores de manera simultánea.



Ilustración 5.4.11 - TOOLBOX SENSORES - MULTISENSOR

La estructura de esta pantalla es similar a al resto de sensores, con la particularidad de que, debido a la gran cantidad de datos a mostrar, se decidió no mostrar por pantalla los datos de los sensores en tiempo real.

En su lugar, el recuadro naranja se ha convertido en una zona de selección, donde el usuario decidirá que sensores quiere que graben al mismo tiempo. En el caso de que el Smartphone no disponga de alguno de los sensores, el cuadro que lo representa no será seleccionable por el usuario, así evitamos posibles fallos durante el tiempo de ejecución.

La zona de grabación y el procedimiento a seguir será el mismo.



5.4.4 TOOLBOX SONIDO

Accedemos al apartado relacionado con el sonido/acústica de la aplicación. Lo primero que nos aparecerá será una pantalla de carga de duración aproximada 5 segundos como la de la ilustración 5.4.13.

Esta pantalla es necesaria, para cargar las configuraciones de audio del dispositivo y generar la base de datos que utilizaremos para guardar este tipo de archivos. Si pulsamos el botón situado encima del texto donde está escrito “cargando”, podremos acceder antes a la siguiente pantalla, el menú de sonido.



Ilustración 5.4.13 - TOOLBOX SONIDO - AUDIA - Pantalla de carga

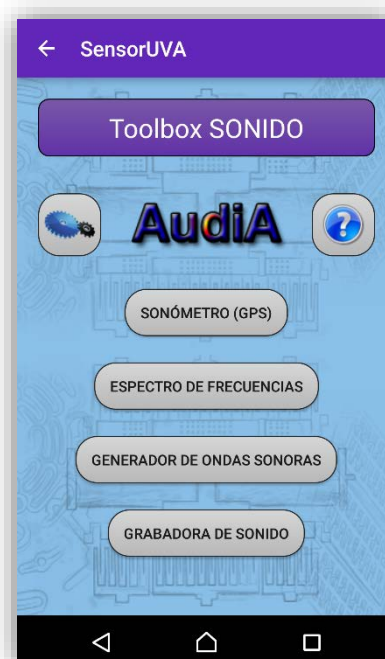


Ilustración 5.4.12 - TOOLBOX SONIDO - AUDIA - Menú

Desde el menú podremos acceder a 4 herramientas cedidas por AudiA, una aplicación diseñada por Juan Carlos Cañedo Sota, formando parte de su Proyecto Final de Carrera [9].

- Sonómetro (GPS).
- Espectro de frecuencias.
- Generador de ondas sonoras.
- Grabadora de sonido.

Se decidió implementar estas herramientas para aglutinar las máximas herramientas posibles que facilitarán la resolución de experimentos o prácticas mediante el uso de un Smartphone. Para más información sobre el manejo de esta parte de la aplicación, ir al anexo I, AudiA.



5.4.5 BASE DE DATOS

SensorUVA es capaz de recopilar una gran cantidad de datos, con diferentes nombres y extensiones, pero para que los datos sean útiles, necesitaremos analizarlos mediante un ordenador.

Por este motivo se decidió crear este apartado de la aplicación, el cual nos permite, visualizar, enviar y borrar todos los archivos generados en las anteriores TOOLBOX.



Ilustración 5.4.14 - BASE DE DATOS -
Menú para datos de SENSORES



Ilustración 5.4.15 - BASE DE DATOS -
Menú para datos de SONIDO

Para cambiar entre la base de datos relacionada con SENSORES o SONIDO, pulsaremos el seleccionable, haciendo que varios elementos de la pantalla modifiquen su aspecto.

5.4.5.1 BASE DE DATOS – SENSOR

5.4.5.1.1 VISUALIZAR:

Este apartado, solo disponible para la parte de sensores, nos permite visualizar los resultados de las capturas instantáneas en el Smartphone sin necesidad de enviar los archivos a un ordenador.

La estructura de este apartado consta de un primer recuadro naranja, donde veremos una lista con los nombres de los archivos con extensión TXT



guardados en la carpeta SensorUVA creada en la tarjeta SD del Smartphone, es decir, las capturas instantáneas.

Para visualizar uno de ellos, pulsamos sobre él, haciendo que el nombre se escriba en el cuadrado verde. Si este archivo es el que queremos visualizar, pulsamos el botón ACEPTAR y sus datos se mostrarán en el siguiente recuadro naranja de la mitad inferior de la pantalla.

Dependiendo del origen de cada dato (el sensor que lo haya grabado), visualizaremos diferente información.

Tras usar tiempo la aplicación, es probable que el número de capturas



Ilustración 5.4.16 - BASE DE DATOS - SENSOR - VISUALIZAR

instantáneas sea considerablemente grande, por lo que se ha añadido un método para facilitar encontrar una captura determinada. Si pulsamos sobre el desplegable (Opción TODO por defecto), nos permite filtrar los archivos, mostrándonos en la lista sólo los grabados por el sensor elegido.

Por último y como en la mayoría de las pantallas, es posible acceder a un texto informativo sobre el funcionamiento de este apartado de la base de datos para facilitar su uso al usuario.



5.4.5.1.2 ENVIAR

Como ya se indicó antes, para analizar los datos, es necesario el acceso a un ordenador, por lo que se vio como algo necesario facilitar el envío de los archivos desde dentro de la aplicación.

Para enviar un archivo, pulsamos sobre su nombre en la lista naranja haciendo que se escriba su nombre sobre el recuadro verde situado a la derecha del texto “Archivo a enviar”.

Cuando estemos seguro de que ese es el archivo que queremos mandarnos, solo tenemos que pulsar el botón ENVIAR.

El dispositivo nos proporcionará diferentes opciones para enviarnos el archivo (dependiendo de la configuración del Smartphone del usuario, se tendrán distintas opciones), como enviarlo por correo mediante diferentes aplicaciones, bluetooth, WhatsApp, SMS, etc. De esta manera, conseguimos una alternativa a conectar el Smartphone mediante cable USB a un ordenador o extraer la tarjeta SD.

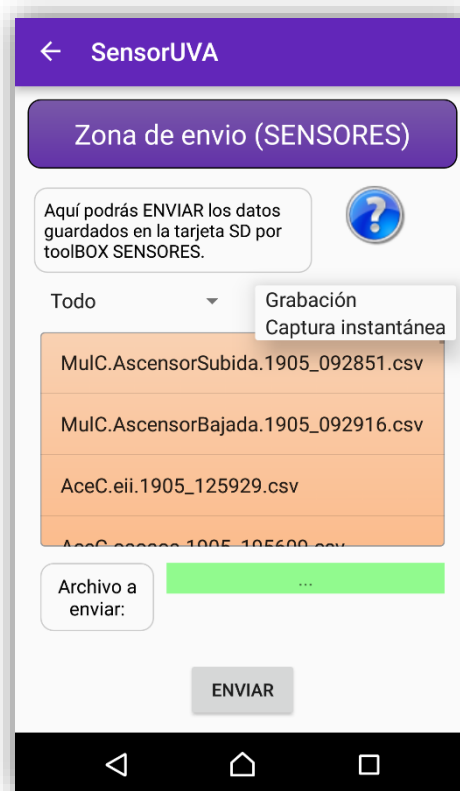


Ilustración 5.4.17 - BASE DE DATOS - SENSOR - ENVIAR

Al igual que en el apartado de VISUALIZAR, podremos filtrar datos, dependiendo del sensor utilizado y además del tipo de archivo, grabación o captura instantánea.

5.4.5.1.3 BORRAR

Permite eliminar los archivos que ya no sean útiles dentro de la carpeta SensorUVA. El funcionamiento y apariencia son homólogos a los de la pantalla ENVIAR, con la diferencia de que en esta ocasión el recuadro inferior donde aparece el nombre del archivo seleccionado es de color rojo, para advertir al usuario.

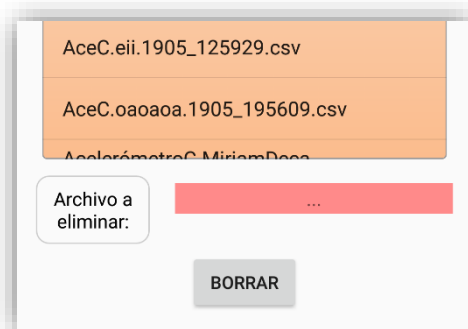


Ilustración 5.4.18 - BASE DE DATOS - SENSOR - BORRAR - Vista parcial



5.4.5.2 BASE DE DATOS – SONIDO

En este caso, tendremos dos opciones, ENVIAR y BORRAR. La opción visualizar no está disponible, ya que las herramientas de sonido solo permiten grabar datos en formato CSV, sin capturas instantáneas por lo que la visualización en un Smartphone no estará implementada.

Las funciones ENVIAR y BORRAR tendrán un mecanismo idéntico a las homólogas en el apartado sensores.

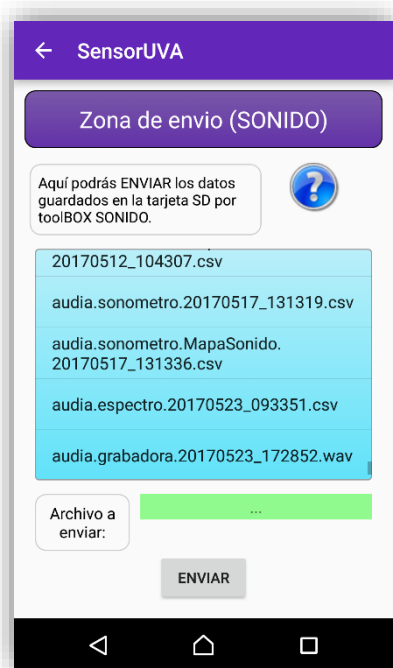


Ilustración 5.4.19 - BASE DE DATOS - SONIDO - ENVIAR

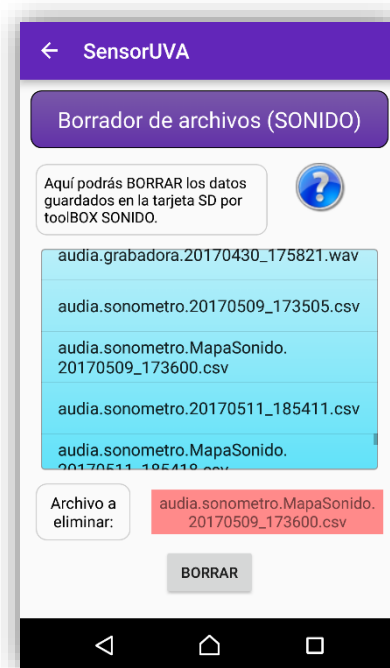


Ilustración 5.4.20 - BASE DE DATOS - SONIDO - BORRAR

5.4.6 PRÁCTICAS DE FÍSICA

Una vez explicadas las herramientas y la forma de trabajar con los archivos que genera, solo falta saber qué podemos llegar a hacer con ellos.

Este apartado funciona como una biblioteca de prácticas, desde donde podremos leer o enviarnos los guiones de las 3 prácticas de física propuestas para su resolución únicamente mediante SensorUVA. Dichos guiones están en formato PDF por lo que, si el dispositivo carece de un visualizador para este tipo de archivos, solo será posible enviarlos por correo a un ordenador para su impresión.

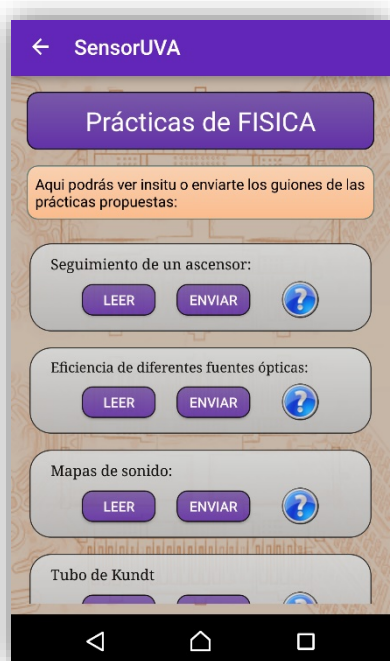


Ilustración 5.4.22 - PRÁCTICAS DE FÍSICA

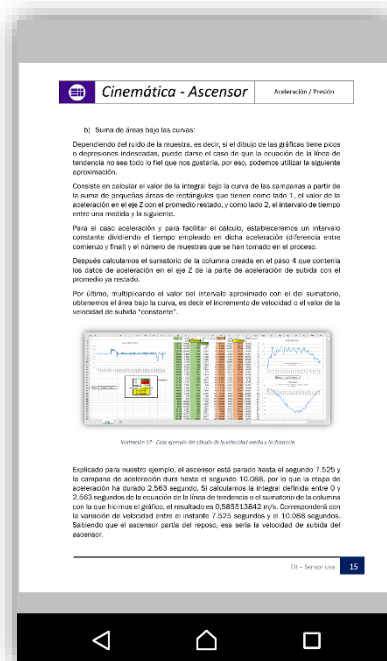


Ilustración 5.4.21 - PRÁCTICAS DE FÍSICA - Ejemplo de visualización de guión - Ascensor

El formato de la pantalla permite la ampliación del número de prácticas en un futuro si fuera necesario debido a la vista deslizable.

5.4.7 ACERCA DE

Al pulsar el botón aparecerá por pantalla un diálogo o cuadro de información sobre la aplicación en términos generales, con información sobre su propósito, diseñador y contexto de uso.



Ilustración 5.4.23 - ACERCA DE





6 DESARROLLO DEL POTENCIAL DE LOS SMARTPHONE – SENSORES

6.1 Introducción

Un sensor es un dispositivo eléctrico y/o mecánico cuya misión es la de convertir magnitudes físicas (aceleración, magnetismo, temperatura, etc.) en valores medibles de dicha magnitud. El proceso, se realizará en 3 fases:

1. Un fenómeno físico es captado por el sensor, este lo convierte en una señal eléctrica o mecánica, en este último caso, podría ser el fin del proceso.
2. La señal eléctrica se modifica con el objetivo de convertirla en un voltaje de salida.
3. El voltaje se transforma, amplifica y traduce de forma que sea comprensible para el usuario, normalmente en forma de dato en la magnitud estudiada [12].

Antes de la introducción de los Smartphone en nuestras vidas, la gente ya estaba acostumbrada a interactuar con sensores con total normalidad, por ejemplo, usando un mando a distancia o regulando el termostato de la calefacción, siempre han supuesto una gran ayuda en nuestro día a día.

Desde los primeros dispositivos móviles, el avance en sensores ha ido especialmente ligado al desarrollo de este tipo de tecnología, poniendo al alcance de cualquier usuario un juego de herramientas muy potente y a su vez oculto al ojo inexperto, los sensores integrados.

La mayoría de los sensores de los Smartphone están basados en los avances de la tecnología MEMS (Sensores micromecanizados), es decir que se trata de sensores de muy pequeño tamaño, normalmente montados sobre una placa de silicio, una técnica aprovechada a partir de la fabricación de microchips para ordenadores.

Con la app SensorUVA podremos acceder a todas estas funcionalidades de un modo sencillo para aprovechar todo el potencial de los sensores, por lo que, a partir de ahora, explicaremos como accedemos a esta información.



6.2 Programación de sensores en Android

El punto de entrada utilizado por el programador para solicitar y procesar la información que proviene de cierto hardware del dispositivo, es la clase java `SensorManager`, que nos permite solicitar la información acerca de un sensor y los datos que provee en tiempo real. Para ello, registramos el sensor correspondiente, es decir, le indicamos al dispositivo que queremos hacer uso de él, por lo que debe mantenerlo activo el tiempo que necesitemos. Los valores del sensor se reciben desde el hardware mediante otra clase llamada `SensorEventListener` en forma de un evento o suceso que contiene la información que el acelerómetro, barómetro o en definitiva cualquier sensor esté capturando.

`SensorManager` permite que otras aplicaciones registren o cancelen el acceso a eventos relacionados con sensores, es decir, es lo que permite que al hacer una llamada se acceda a los datos del micrófono, altavoz y al sensor de proximidad del Smartphone. Una vez registrado, `SensorManager` es capaz de proporcionar métodos (Software) que procesen los datos del sensor, como el método `SensorManager.getInclination()` que analiza los datos del magnetómetro y acelerómetro devolviendo el ángulo en radianes del dispositivo según su propio sistema de referencia, por lo que sabemos, que no todos los datos que nos provee la aplicación vienen de un sensor físico como tal, sino que algunos son resultados de una fusión de varios mediante software.

Mediante los métodos `getSensorList()` y `getDefaultSensor()` tendremos acceso a muchos datos a mayores del propio valor medido por el sensor:

- **Nombre:** Utilizando el método `getName()` obtendremos el nombre que le dio el fabricante al sensor físico, es decir al hardware integrado.
- **Fabricante:** Mediante `getVendor()` se consigue el nombre la compañía que fabricó el sensor que estamos utilizando.
- **Versión:** Mediante `getVersion()` conseguiremos, como su propio nombre indica, la versión de sensor que estamos utilizando.
- **Rango máximo:** `getMaximumRange()` nos devuelve el valor máximo que es capaz de cuantificar el sensor y dependiendo del tipo de sensor, este rango puede darse como un intervalo entre su valor positivo y negativo. Las unidades de medida serán las del sensor en cuestión.



- **Frecuencia (mínimo y máximo delay):** Mediante los métodos `getMinDelay()` y `getMaxDelay()` conseguiremos el tiempo en microsegundos mínimo y máximo que existe entre medidas distintas del sensor, es decir, su mínima y máxima capacidad de captación de información. Además, si `getMinDelay()` nos devuelve el valor 0 significara que el sensor captará todas las mediciones cada vez que varíen los valores.
- **Resolución:** `getResolution()` nos informa, en las unidades de medida propias del sensor, la mínima diferencia detectable entre dos muestras continuas [13].

Toda esta información es posible consultarla para cada sensor en la app, en la pantalla principal de TOOLBOX SENSOR, manteniendo pulsado el botón del sensor que queramos conocer. Aparecerá una nueva pantalla en la que se nos proporcionan todos los datos de los sensores de cada Smartphone.

Una vez conocida toda la información acerca del hardware y las capacidades de los sensores, solo nos queda utilizarles, es decir, hacerles funcionar para mostrar, analizar y guardar los datos que nos ofrecen.

Para esto, se utilizaran las clases `onSensorChanged(SensorEvent event)` y `onAccuracyChanged (Sensor sensor, int accuracy)`:

- `onSensorChanged()`: Con él podemos acceder a los eventos que contienen la información sobre el sensor que se encuentre registrado. Es posible que un sensor funcione en varios ejes o nos aporte varios datos, por ello podemos acceder a un vector de datos del tipo `event.values[Ø]`, donde Ø puede tener valores 0, 1, 2, etc, haciendo así que muestre por ejemplo valores en el eje X cuando la Ø = 0 o valores en el eje Z cuando Ø = 2. Hay que tener en cuenta que el valor arrojado por `event.values[Ø]` cambiará cada vez que cambie el valor leído por dicho sensor, por eso funciona según la frecuencia y resolución explicada anteriormente.
- `onAccuracyChanged()`: Se encarga de establecer la exactitud del sensor, es decir, lo fiables que son los datos, aunque no necesariamente esto quiera decir que son más parecidos a los valores físicos reales. Un evento tiene los siguientes 4 niveles de exactitud:
 1. `SensorManager.SENSOR_STATUS_ACCURACY_HIGH`
 2. `SensorManager.SENSOR_STATUS_ACCURACY_MEDIUM`
 3. `SensorManager.SENSOR_STATUS_ACCURACY_LOW`
 4. `SensorManager.SENSOR_STATUS_ACCURACY_UNRELIABLE`

Por defecto el sistema operativo maneja estos valores para mostrar siempre el valor más fiable.



6.2.1 ¿Qué sensores dispone un Smartphone?

Existen muchos tipos de sensores disponibles en un Smartphone, como por ejemplo acelerómetro, barómetro, termómetro, etc.

Para acceder a un sensor en especial utilizaremos el método `getDefaultSensor()` escribiendo en el paréntesis el tipo o `type` que lo define. Existen muchos `Type` y dependiendo del Smartphone pueden estar disponibles físicamente o no.

En el siguiente cuadro se exponen todos los tipos existentes en la actualidad (Se trata de un campo que se actualiza casi a diario, por lo que van apareciendo cada vez más) donde podemos distinguir dos grandes grupos de sensores según su naturaleza, los que existen físicamente en el dispositivo, es decir hardware MENS, y los que se componen solo de software, estamos hablando de los sensores sintéticos [10].

Tabla 6.2.1 - Clasificación de `Type` disponibles desde `SensorManager` - PARTE 1

TYPE_	NATURALEZA	EVENT.VALUE[Ø]	USO
ACCELEROMETER	Hardware	Aceleración lineal del dispositivo (m/s^2) en los 3 ejes XYZ donde se incluye la fuerza de la gravedad.	Detecta movimiento, cambios de posición, vibraciones, etc.
AMBIENT_TEMPERATURE	Hardware	Medidas de temperatura ambiental ($^{\circ}C$).	Termómetro.
GRAVITY	Software y Hardware	Fuerza de la gravedad (m/s^2) aplicada sobre el dispositivo en los 3 ejes XYZ.	Detecta movimiento, cambios de posición, vibraciones, etc.
GYROSCOPE	Hardware	Velocidad angular (rad/s) aplicada alrededor de los ejes XYZ.	Detecta rotación, giros y cambios de posición relativos.
LIGHT	Hardware	Medidas de la iluminancia ambiental (lx).	Controla el brillo de la pantalla.



Tabla 6.2.2 - Clasificación de Type disponibles desde SensorManager - PARTE 2

TYPE_	NATURALEZA	EVENT.VALUE[Ø]	USO
LINEAR_ACCELERATION	Software y Hardware	Aceleración lineal del dispositivo (m/s^2) en los 3 ejes XYZ sin incluir las fuerzas de la gravedad.	Monitoriza aceleraciones sobre cada eje.
MAGNETIC_FIELD	Hardware	Medidas del campo magnético ambiental (μT) en los 3 ejes XYZ.	Brújula interna.
ORIENTATION	Software	Medidas en grados de la rotación del dispositivo alrededor de los 3 ejes XYZ.	Determina la localización del dispositivo.
PRESSURE	Hardware	Medidas de la presión del aire ambiental (mbar).	Aplicaciones meteorológicas y medidas de altura.
PROXIMITY	Hardware	Medidas de la proximidad de un objeto al sensor (cm).	Controla la posición durante llamadas.
RELATIVE_HUMIDITY	Hardware	Medidas de la humedad relativa del aire (%).	Mide humedad absoluta, punto de rocío.
ROTATION_VECTOR	Software y Hardware	Medidas de la orientación del dispositivo aportando 3 datos de rotación del sensor.	Detecta movimiento y rotación.
TEMPERATURE	Hardware	Medidas de la temperatura ($^{\circ}C$) del dispositivo.	Monitoriza la temperatura del dispositivo.



A continuación, se presentarán los sensores implementados en la aplicación SensorUVA, explicando detalladamente:

- **Física relacionada:** Fundamentos teóricos necesarios para entender qué tipo de datos utiliza o muestra cada sensor.
- **Medidores:** Realizando un comparativa entre tipos de sensores cómo el que se muestre en la aplicación, su funcionamiento, rango y aplicaciones, relacionándolo con el sensor disponible en un Smartphone para cuantificar la misma magnitud.
- **SensorUVA:** Explicación sobre lo que la aplicación es capaz de hacer. Instrucciones sobre la interpretación de los datos, funcionamiento del propio sensor e información acerca de cómo un Smartphone consigue estos datos.

Es importante recordar, que todos los datos arrojados por SensorUVA que se exponen a continuación, tendrán carácter relativo. Para tomar valores absolutos será necesario la comparativa con un sensor calibrado de la magnitud con la que estemos trabajando.

Este apartado, se encuentra de forma esquemática en forma de ayudas personalizadas para cada sensor, con el objetivo de instruir al usuario sobre el uso de los sensores de los que vamos a tratar a continuación.



6.3 TOOLBOX SENSORES - ACELERACIÓN

6.3.1 Física relacionada

Definimos la aceleración como la tasa de cambio de la velocidad instantánea. Por lo tanto, la aceleración es la derivada de la velocidad v_x respecto al tiempo:

$$a_{m x} = \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = \frac{v_{f x} - v_{i x}}{t_f - t_i} \quad (\text{por tanto, } \Delta v_x = a_{m x} \times \Delta t)$$

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d(dx/dt)}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}$$

Si tenemos un movimiento con aceleración constante, su aceleración instantánea y su aceleración media coinciden. Conocida la aceleración en cada instante y la velocidad inicial, se puede hallar la velocidad en cada instante por integración de la aceleración:

$$v_x = v_{0 x} + \int_0^t a(t)_x dt$$

y la posición mediante la segunda integración:

$$x = x_0 + v_0 \times t + \int_0^t \left(\int_0^t a(t)_x dt \right) dt$$

Es importante tener claro que el signo de la aceleración de un objeto no indica si está aumentando o disminuyendo su velocidad. Para saberlo, tenemos que comparar los signos de la velocidad y la aceleración para el mismo instante de tiempo. Si ambas tienen el mismo signo, el módulo de la velocidad aumenta (acelera) mientras que si tienen distinto signo el módulo de la velocidad disminuye (frena).

La aceleración tiene dimensiones de longitud dividida por tiempo al cuadrado, siendo su unidad en el SI el m/s^2

La aceleración está asociada a la concavidad de la curva $x(t)$. Donde la aceleración es positiva la gráfica es cóncava hacia arriba, y donde es negativa es cóncava hacia abajo [15] [56].



6.3.2 Medidores de la magnitud ACELERACIÓN - Acelerómetros

Un acelerómetro es un dispositivo capaz de cuantificar las fuerzas de aceleración, estáticas y/o dinámicas, tomando como fuerza estática la gravedad y fuerzas dinámicas las vibraciones y el movimiento.

Los acelerómetros son sensores inerciales encargados de medir la segunda derivada de la posición, es decir, la fuerza de inercia generada cuando una masa es afectada por un cambio de velocidad.

Son capaces de medir aceleraciones en 1, 2 o 3 ejes, siendo los últimos los más comunes.

A continuación, se exponen diversos tipos de acelerómetros dependiendo del principio físico utilizado para su funcionamiento:

Acelerómetro mecánico: Formados por una masa colocada dentro un armazón, denominada masa sísmica, suspendida mediante un mecanismo elástico. Al aplicar una fuerza para desplazar el armazón, dicha masa sísmica se desplaza una distancia proporcional a la fuerza que hemos aplicado y que a su vez es proporcional a la aceleración aplicada al armazón.

Normalmente el mecanismo elástico está compuesto por una o varias galgas extensométricas, siendo estas la unión del armazón con la masa sísmica.

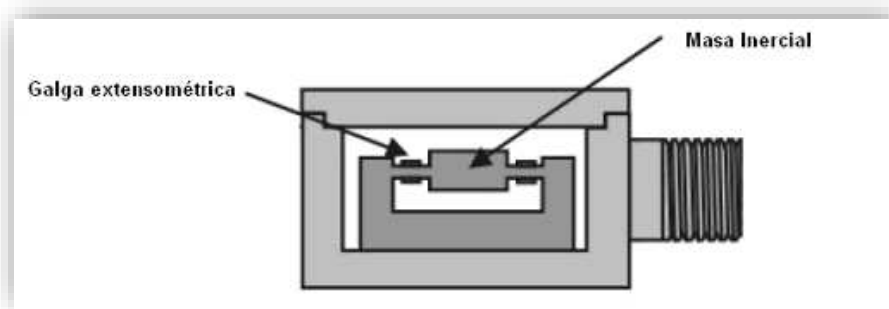


Ilustración 6.3.1 - Ejemplo de acelerómetro mecánico

Por lo tanto, este tipo de acelerómetro utiliza la ley de Hooke y la segunda ley de Newton para transformar fuerzas o movimientos en datos de aceleración. Estos dispositivos solo miden la aceleración en el eje longitudinal al elemento elástico.

$$F = k \cdot x \quad \rightarrow \quad m \cdot a = k \cdot x \quad \rightarrow \quad a = \frac{k \cdot x}{m}$$



Acelerómetro piezoelectrico: Utiliza la propiedad de los materiales piezoelectricos, los cuales, al someterles a una presión o deformación física, experimenta un cambio en su estructura cristalina, cambiando sus características eléctricas.

Colocando un cristal de este tipo entre carcasa (unida al elemento del cual queremos medir la aceleración) y masa inercial se producirá una corriente eléctrica cuando tenga lugar una aceleración gracias a la fuerza que se ha ejercido sobre el cristal.

Si medimos esta corriente resultante, seremos capaces de calcular la aceleración.

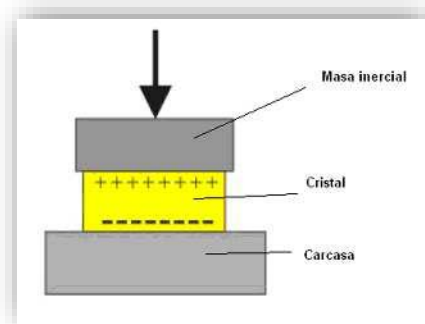


Ilustración 6.3.2 - Ejemplo de acelerómetro piezoelectrico

Acelerómetro capacitivo: Este tipo de acelerómetros electrónicos serán los que podemos encontrar en los Smartphone debido a su pequeño tamaño y la posibilidad de venir integrados en chips soldables a placas de silicio.

Su funcionamiento se basa en el uso de condensadores, componentes electrónicos que permiten almacenar energía eléctrica entre dos placas conductoras separadas entre si de un elemento no conductor o dieléctrico.

Consiste en la modificación de la posición relativa de las placas de un micro condensador cuando se somete a aceleración [17].

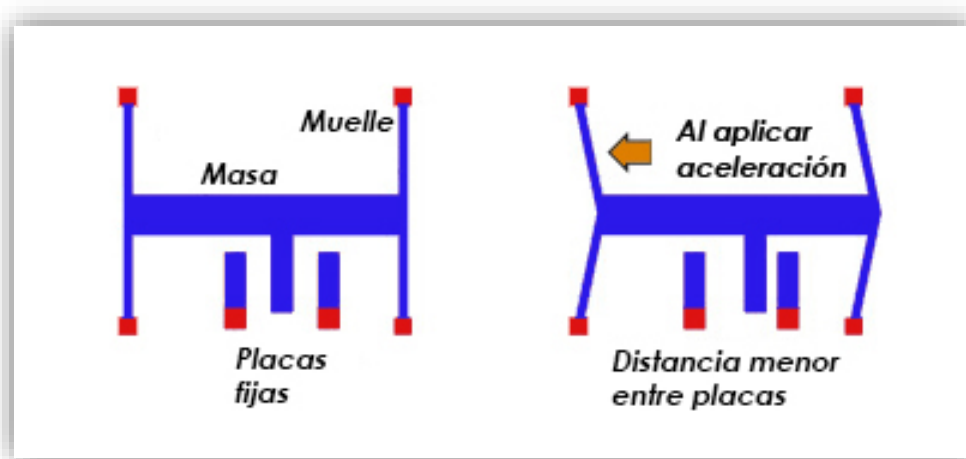


Ilustración 6.3.3 - Funcionamiento simplificado de un acelerómetro capacitivo



Este movimiento paralelo de una de las placas hace variar la capacidad del condensador dándonos un evento cuantificable ligado a la aceleración, un voltaje de salida.

El esquema de estos sensores es muy similar a una “H”. Los largos brazos de la “H” son solidarios a la placa, mientras que el resto de los elementos están libres para moverse libremente haciendo que la masa desplace las pequeñas placas del condensador, provocando cambio de capacidad.

Acelerómetro térmico: Diseño de tecnología MENS (Microelectromechanical Systems) utilizando un sustrato de silicio hueco donde se introduce una pequeña resistencia con dos termopares en los extremos, para que, en funcionamiento, se genere una cavidad de aire caliente, llamada burbuja, sobre los termopares.

El funcionamiento de este novedoso tipo de acelerómetro se basa en que el aire contenido en la cavidad caliente posee un cierto gradiente de temperatura, por lo que tendrá una menor densidad que el ambiente. Esto implicará que cualquier cambio de movimiento haga que el aire ambiente fuerce al aire caliente a desplazarse hacia uno de los laterales de la cavidad siguiendo el sentido de la aceleración. Todo esto hace que se cree un diferencial de temperatura en los termopares, que se recoge y amplifica para caracterizar la naturaleza de la aceleración.

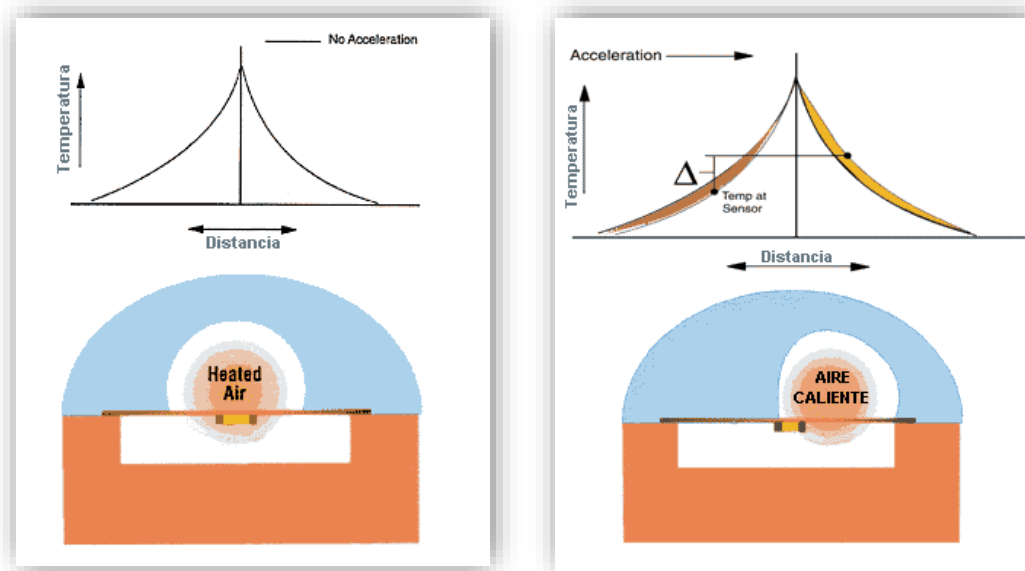


Ilustración 6.3.4 - Acelerómetro térmico estático y en funcionamiento



Acelerómetros Micro-mecánicos: Más que un tipo, cuando hablamos de micro-mecánico nos referimos a una forma de construcción de sensores, en la que se usa tecnología electromecánica y micrométrica, consiguiendo tamaños de dispositivo que oscilan entre milímetro y micrómetro.

Por lo tanto, dentro de los acelerómetros micro-mecánicos encontraremos mecánicos, piezoeléctricos y térmicos.

Algunos ejemplos de uso de acelerómetros de este tipo pueden ser desde controladores de juegos como el mando de la consola Nintendo Wii, cámaras digitales y por supuesto Smartphone, todos ellos con acelerómetros micro-mecánicos.

El alcance máximo para los dispositivos más sensibles suele extenderse desde 1.5G hasta 24G, aunque en otro podemos llegar hasta 2000 G, perdiendo a su vez en precisión.

Generalmente son dispositivos de baja potencia, con una corriente requerida del orden de micro o miliamperios y una tensión de alimentación de 5V aproximadamente. Por ello son sensores idóneos para su uso mediante baterías [16].

Tabla 6.3.1 - Tabla comparativa de tipos de acelerómetros.

<i>Tipo</i>	Rango (G)	Pros / Contras	Usos
<i>Mecánicos</i>	0-200	Alta precisión Lentos y caros	Nivelación Navegación inercial
<i>Piezoeléctricos</i>	0-1000	Sensibilidad media Uso complejo	Vibración Impacto Industria
<i>Capacitivos</i>	0-2000	Bajo ruido Baja potencia Bajo coste	Industria Sistemas de alarma
<i>MENS</i>	1.5-250	Alta sensibilidad Sencillos Coste medio	ABS Airbag



6.3.3 SensorUVA - type_acelerometer

El apartado ACELERACIÓN de la aplicación nos muestra por pantalla los datos de aceleración lineal en los ejes XYZ según el sistema de ejes (Ya explicado anteriormente) de la ilustración 6.3.5 en m/s^2 .

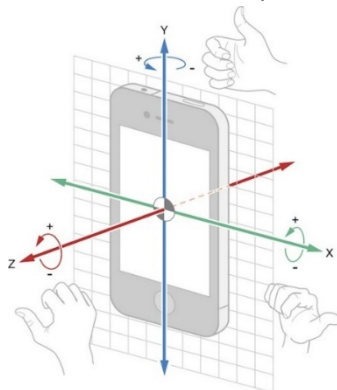


Ilustración 6.3.5 - Sistema de ejes XYZ universal para Smartphone

Utiliza la clase `SensorEvent` configurada para el tipo `type_acelerometer`, cuantificando y amplificando los datos del acelerómetro implementado en su Smartphone, el cual nos aporta la siguiente información al llamar a cada uno de los 3 eventos disponibles:

- Values [0]: aceleración* en eje X en m/s^2 .
- Values [1]: aceleración* en eje Y en m/s^2 .
- Values [2]: aceleración* en eje Z en m/s^2 .

Estos valores se muestran por pantalla, junto con el máximo en sentido positivo de cada eje de la sesión creada desde que se inició el sensor.



Ilustración 6.3.6 - Pantalla principal TOOLBOX SENSORES / ACELERACIÓN

* Teniendo en cuenta en efecto de la aceleración de la gravedad en el eje correspondiente.



Los valores mostrados tienen una particularidad, dependiendo de la posición del Smartphone en el momento de la medida, los datos con el dispositivo en posición estática serán distintos para cada eje:

- Smartphone horizontal paralelo al suelo:
 - $X \approx 0 \text{ m/s}^2$
 - $Y \approx 0 \text{ m/s}^2$
 - $Z \approx 9.81 \text{ m/s}^2$

- Smartphone vertical perpendicular al suelo:
 - $X \approx 0 \text{ m/s}^2$
 - $Y \approx 9.81 \text{ m/s}^2$
 - $Z \approx 0 \text{ m/s}^2$

- Smartphone con el lateral izquierdo apoyado en el suelo:
 - $X \approx 9.81 \text{ m/s}^2$
 - $Y \approx 0 \text{ m/s}^2$
 - $Z \approx 0 \text{ m/s}^2$

Todo esto es debido a que el sensor `type_accelerometer` a parte de medir cambios de aceleración nos aporta el valor de la gravedad en el eje correspondiente, haciendo que pueda usarse para calcular inclinaciones. Es por eso que, si hacemos una prueba poniendo el Smartphone en posición vertical perpendicular al suelo y lo dejamos caer libremente, la medida de los tres ejes será cero [11] [13].

6.3.4 SensorUVA - `type_linear_acceleration`

A diferencia del anterior, no se trata del resultado directo de medida de un sensor, usando este `Type` conseguiremos, mediante una combinación de los sensores acelerómetro y gravedad, valores de la aceleración lineal en cada eje independientes de la posición del dispositivo, es decir, en reposo todos los valores en pantalla serán 0, en vez de como antes, que el eje perpendicular al suelo adquiriría el valor de la gravedad.

Este tipo no es capaz de medir inclinaciones, por lo que por defecto aparecerá seleccionado el anterior en la app.

Para activar este modo de mostrar la aceleración, seleccionamos el checkbox “sin gravedad” y si el sensor está en funcionamiento, los datos pasaran a valer aproximadamente 0 en todos los ejes.



Ilustración 6.3.7 - Pantalla principal TOOLBOX SENSORES / ACELERACIÓN sin gravedad

Los datos de grabaciones guardados en formato CSV contienen la siguiente información:

Tabla 6.3.2 - Excel de ejemplo - Grabación sensor ACELERACIÓN - AceC.MEM.0105_102328

Instante (ms)	Latitud	Longitud	Eje X (m/s ²)	Eje Y (m/s ²)	Eje Z (m/s ²)
25	41,6581224	-4,71033755	-0,4328	0,1592	9,8519

Los archivos grabados por el sensor aceleración tendrán como parte principal de su nombre, la palabra Ace. en caso de capturas instantáneas y AceC. en caso de grabaciones.

6.3.5 Ejemplo de uso – Aceleración vehículo

Smartphone colocado sobre el salpicadero del vehículo en posición horizontal, con la pantalla hacia arriba y con su eje alineado hacia la carretera. Partiendo de una posición en reposo, se acelera hasta alcanzar la velocidad de 60km/h para analizar la aceleración del vehículo más tarde mediante Excel.

En este caso al ser un ejemplo simple, solo vamos a analizar el eje correspondiente a la dirección longitudinal de la carretera, pero en caso de hacer una medida en un circuito con curvas, si analizáramos los demás ejes, podríamos dar idea sobre la inclinación vertical del vehículo durante aceleraciones o frenadas, o realizar un análisis del comportamiento del vehículo en las curvas, con las fuerzas que lo acompañan.



Resultados EXCEL – AceC.Oa50.0106_083326.csv:

Tabla 6.3.3 - Datos parciales de ejemplo de ACELERACIÓN.

Instante (ms)	Latitud	Longitud	Eje X (m/s ²)	Eje Y (m/s ²)	Eje Z (m/s ²)
13	41,6603445	-4,73402662	0,3047	0,0395	9,8887
33	41,6603445	-4,73402662	0,4076	0,2502	9,7785
51	41,6603445	-4,73402662	0,4076	0,2502	9,7785
67	41,6603445	-4,73402662	0,4076	0,2502	9,7785
85	41,6603445	-4,73402662	0,331	-0,0204	9,8911
101	41,6603445	-4,73402662	0,331	-0,0204	9,8911
116	41,6603445	-4,73402662	0,3861	0,1927	9,8312
132	41,6603445	-4,73402662	0,3861	0,1927	9,8312
151	41,6603445	-4,73402662	0,3573	0,1401	9,8671

Resultados GRÁFICA:

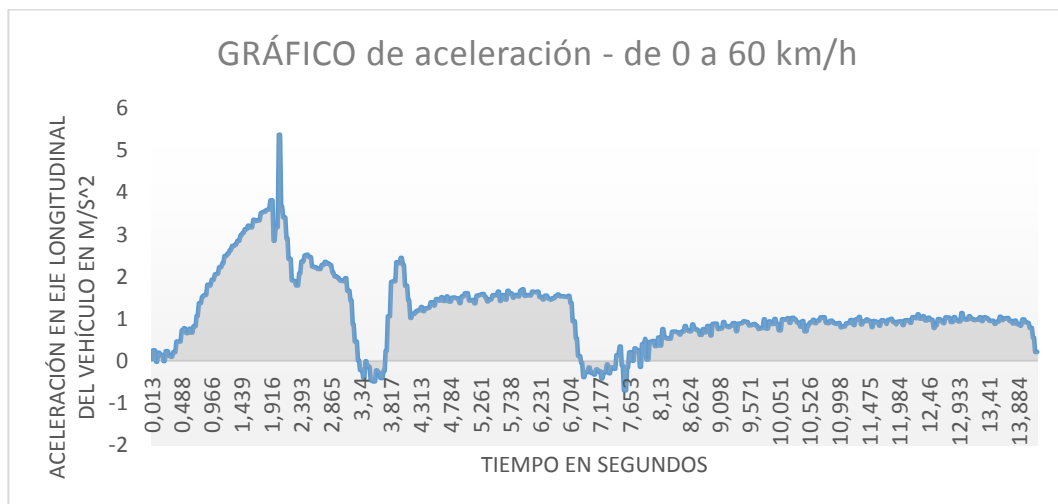


Ilustración 6.3.8 - Gráfica ejemplo ACELERACIÓN - Aceleración de un vehículo - 0 a 60 km/h

En el gráfico podemos ver la aceleración en 3 tramos, cada uno de ellos correspondientes con el cambio de marchas. En el primer tramo de 0 a 3 segundos se produce una aceleración con la primera marcha, después en el intervalo 3.3 a 3.8 segundos, el cambio de marcha, la aceleración es negativa durante un pequeño periodo, significando que durante ese tiempo el coche estuvo perdiendo velocidad, aunque muy poco en relación a la ganancia anterior. Después se produce un efecto parecido en las siguientes marchas.

Si calculamos el área bajo la curva en el tiempo en el que se produce la medida (procedimiento similar a la práctica “Seguimiento de un ascensor”) podemos



calcular la ganancia total de velocidad, que empezando por 0km/h resulta en que el vehículo consigue alcanzar 59,044916 km/h en 14,83 segundos.

6.3.6 Ejemplo de propiedades



Ilustración 6.3.9 - Información sobre Acelerómetro - Smartphone de muestra - Sony Xperia X



6.4 TOOLBOX SENSORES - ORIENTACIÓN

6.4.1 Física relacionada

Desde la antigüedad, el hombre ha necesitado orientarse para realizar infinidad de tareas. Por eso, históricamente se desarrollaron múltiples métodos para referenciar una posición respecto de una referencia en principio fija.

Los primeros métodos de orientación se basaban en la posición relativa de las estrellas durante la noche, por ejemplo, tomando la relación existente entre la estrella polar y el norte geográfico, y la posición del sol durante el día.

Actualmente, para localizar un punto sobre la superficie terrestre recurrimos a modelos de coordenadas que constituyen un sistema geométrico imaginario formado por meridianos y paralelos. Proyectándolos sobre un mapa o carta geográfica, podremos establecer la latitud y longitud de dicho punto.

- Meridianos: Semicírculos imaginarios perpendiculares al Ecuador que unen los polos de norte a sur. La hora solar es diferente para cada meridiano. Se pueden trazar un número infinito de meridianos, aunque en los mapas están numerados de 0 a 180° a este y oeste del meridiano de Greenwich. Sobre ellos se mide la longitud, además todos los puntos situados sobre el mismo meridiano tienen la misma longitud, por lo que ven al mismo tiempo al sol en lo más alto de su curso.
- Paralelos: Círculos imaginarios paralelos al Ecuador que reducen su tamaño según se aproximan a los polos. Así como en los meridianos todas las líneas son círculos máximos, en los paralelos sólo hay un círculo máximo, el del Ecuador o paralelo 0; éste divide a la Tierra en dos hemisferios, Norte y Sur. Sobre ellos se mide la latitud. Todos los puntos situados sobre el mismo paralelo tienen la misma latitud [20] [21].

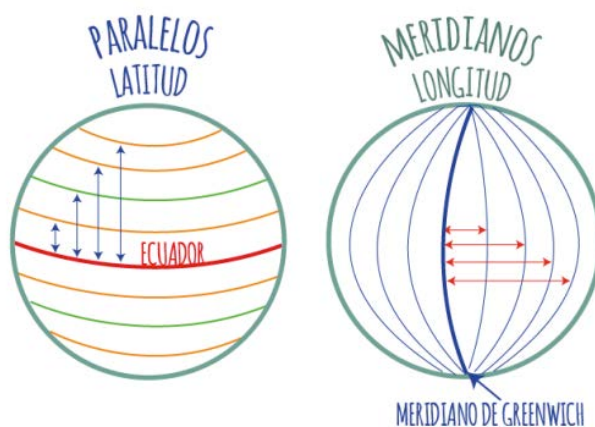


Ilustración 6.4.1 - Coordenadas geográficas, latitud y longitud



La **LONGITUD** es la distancia angular entre un punto dado de la superficie terrestre y el meridiano que se toma como 0° (es decir, el meridiano de base) medida a lo largo del paralelo en el que se encuentra dicho punto, una circunferencia cuyo centro es la intersección del eje de la Tierra con el plano del citado paralelo. (Distancia del arco existente entre el meridiano que pasa por un punto de la superficie terrestre y el meridiano 0 de Greenwich. Este valor se expresa en grados, minutos y segundos; va desde 0° hasta 180° Este u Oeste, según nos encontremos a Oriente u Occidente de Greenwich.)

La **LATITUD** es la distancia angular que hay desde un punto de la superficie de la Tierra hasta el paralelo del ecuador; se mide en grados, minutos y segundos sobre los meridianos.

El **RUMBO** de una línea es el ángulo horizontal agudo ($<90^\circ$) que forma con un meridiano de referencia, generalmente se toma como tal una línea Norte-Sur que puede estar definida por el N geográfico o el N magnético (si no se dispone de información sobre ninguno de los dos se suele trabajar con un meridiano, o línea de Norte arbitraria).

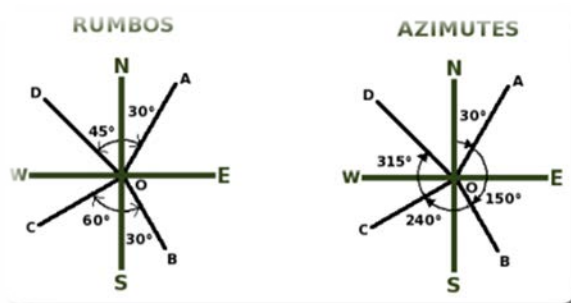


Ilustración 6.4.2 - Diferencia entre rumbo y azimuth

El **AZIMUT** de una línea es el ángulo horizontal medido en el sentido de las manecillas del reloj a partir de un meridiano de referencia. Lo más usual es medir el azimuth desde el Norte (sea verdadero, magnético o arbitrario), pero a veces se usa el Sur como referencia, por ejemplo, para la realización de observaciones astronómicas. Los azimuths varían desde 0° hasta 360° y no se requiere indicar el cuadrante que ocupa la línea observada [19].



6.4.2 Medidores de “ORIENTACIÓN”

Desde el estudio de los astros para orientarse, esta ciencia ha avanzado mucho, hasta que en la actualidad el estudio cartográfico ha hecho posible la existencia de mapas de casi cualquier lugar de la tierra.

Además, la implementación de sistemas GPS ha facilitado un sistema de orientación preciso y directo, muy distinto de los anteriores métodos.

La ROSA DE LOS VIENTOS y los MAPAS GEOGRÁFICOS representan la forma más clásica para orientarse mediante los puntos cardinales. Su principal uso siempre ha sido la navegación, aunque también se ha usado para indicar la orientación del viento, en aeronáutica, montañismo.... Consiste en una estrella de 32 puntas en las que cada una de ellas representa un rumbo, entre ellos los 4 puntos cardinales (Norte, Sur, Este y Oeste), 4 rumbos laterales, 8 rumbos colaterales y 16 rumbos co-colaterales.

El rumbo NORTE, normalmente representado con el diseño de la flor de lis, señala el Norte Geográfico.

La *BRÚJULA* o *COMPÁS MAGNÉTICO* consiste en una aguja imantada capaz de oscilar libremente lo que permite determinar la dirección de los Polos Magnéticos Terrestres. La brújula no señala la dirección hacia el Polo Norte Geográfico, sino otro punto denominado Polo Norte Magnético. En la actualidad el Polo Norte Magnético dista a unos 2.000 km del Norte Geográfico.

El objetivo final de la brújula no es señalar una posición, sino indicar una dirección, es decir, dar un rumbo, por lo que se trata de un dispositivo orientador, no localizador. Es necesario su uso junto con el mapa de la zona en la que se encuentre midiendo para conseguir información fiable sobre la posición geográfica. Existe múltiples modelos de brújulas.

- Brújula de aguja estándar.
- Brújula de aguja flotante.
- Brújula profesional.
- Brújula de orientación.
- Brújula digital.

El GNSS o SISTEMA GLOBAL DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE permite establecer de una manera precisa nuestra posición en cualquier lugar de la tierra usando la señal que proviene de una serie de satélites artificiales que se encuentran orbitando alrededor de la tierra.

A diferencia de la brújula el GNSS aporta posiciones y no direcciones, aunque hay que tener en cuenta que mediante dos posiciones se consigue una dirección. De esta manera, es una herramienta mucho más potente y con muchas más aplicaciones que las anteriores, proporcionando coordenadas de



nuestra posición con precisiones que pueden llegar a ser menores de un metro, la cuales pueden usarse para representar un itinerario. Más información sobre el posicionamiento GPS en el apartado 7 (Desarrollo del potencial de los Smartphones - GPS) [22] [23].

6.4.3 SensorUVA - type_orientation

El apartado ORIENTACION de la app nos muestra por pantalla los datos AZIMUT, PITCH y ROLL, los cuales pueden ser usados para dar un RUMBO, o una inclinación.

Según type_orientacion, estos son los 3 eventos mostrables por un Smartphone relacionados con la orientación geográfica.

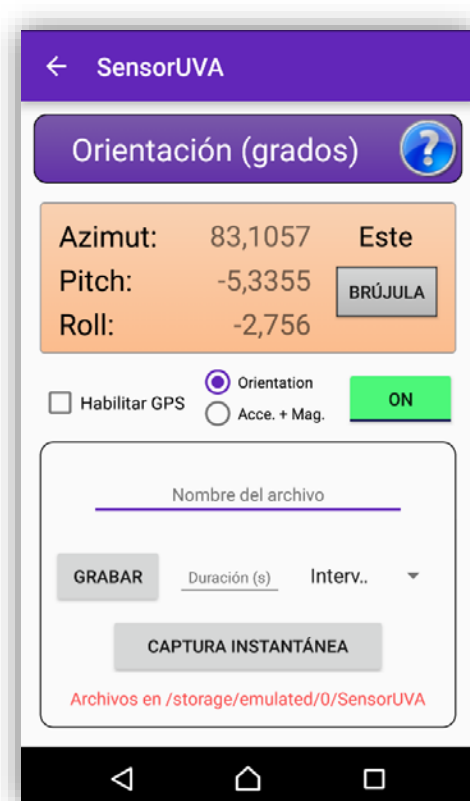


Ilustración 6.4.3 - TOOLBOX SENSORES / ORIENTACION

- Values [0] - *Azimuth* (Rotación alrededor del eje Z, medido en grados): Ángulo entre la dirección de la brújula interna del dispositivo y el norte magnético. Colocando el dispositivo horizontalmente, los valores mostrados dependiendo de la orientación del Smartphone son los siguientes:
 - 0° o 360° = borde superior en línea con el norte magnético.
 - 180° = borde superior orientado hacia el sur.



- 90° = borde superior orientado hacia el este.
- 270° = borde superior orientado hacia el oeste.
- Values [1] - *Pitch* (Rotación alrededor del eje X, medido en grados): Ángulo entre un plano paralelo a la pantalla del dispositivo y un plano paralelo al suelo.

Si mantenemos el dispositivo paralelo al suelo con el borde inferior más cercano a ti e inclinamos el borde superior del dispositivo hacia el suelo, el ángulo de inclinación será positivo. La operación contraria dará valores negativos. El rango de valores estará comprendido entre -180 y 180 grados.

- Values [2] - *Roll* (Rotación alrededor del eje Y, medido en grados): Ángulo entre un plano perpendicular a la pantalla del dispositivo y un plano perpendicular al suelo. Si mantenemos el dispositivo paralelo al suelo con el borde inferior más cercano a ti e inclinamos el borde izquierdo del dispositivo hacia el suelo, el ángulo de balanceo se vuelve positivo. La operación contraria dará valores negativos. El rango de valores estará comprendido entre -90 y 90 grados.

A mayores de estos datos, haciendo una función sencilla se calcula y muestra el rumbo a partir del azimut, en la parte superior derecha del cuadro naranja de datos.



Para dar un enfoque visual a los datos y al rumbo, se ha implementado una brújula, que aparece al pulsar el botón BRÚJULA, donde vemos lo siguiente:

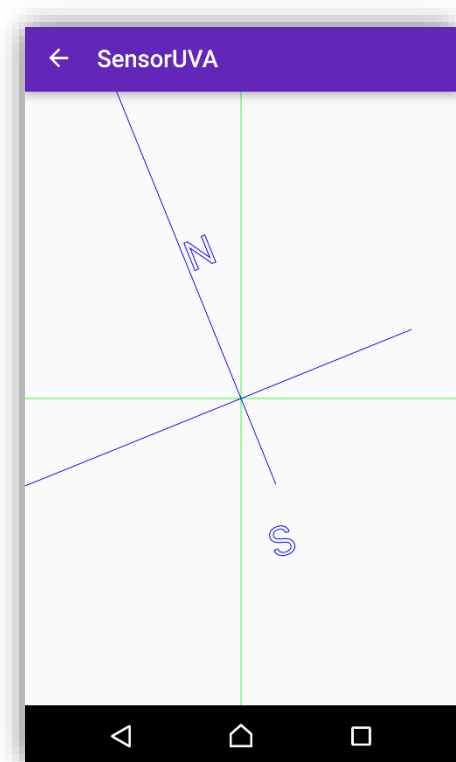


Ilustración 6.4.4 - Brújula integrada en TOOLBOX SENSORES / ORIENTACIÓN

La brújula utiliza una combinación de los sensores encargados de medir aceleración y magnetismo, por ello, resulta una herramienta extremadamente sensible a campos magnéticos (incluso ante materiales metálicos) y a la inclinación del dispositivo, por lo que para visualizarlo correctamente es necesario que el dispositivo esté con la pantalla paralela al suelo.

TYPE_ORIENTACION actualmente se encuentra depreciado por los desarrolladores de la plataforma Android, lo cual significa que en un futuro no será posible invocar este método para conseguir la orientación de un dispositivo, por eso, se ha añadido también la posibilidad de conseguir una aproximación de los datos a partir de los sensores acelerómetro y giróscopo, aunque con algunas diferencias en el resultado.

- Azimut: Idéntico al conseguido anteriormente, aunque en este caso, el valor solo corresponderá con el correcto si mantenemos el dispositivo con la pantalla paralela al suelo, es decir, en posición horizontal.
- Pitch: El valor es el mismo en el rango -90 a 90, pero después de ese punto, coincidente con el dispositivo en posición vertical, es decir, inclinación completa, los valores crecen o decrecen respectivamente hasta 0, en lugar de hasta 180.



- Roll: Idéntico al conseguido anteriormente, aunque como en el caso del azimut, se recomienda solo tomar este dato como fiable cuando sea su eje el único con inclinación dada [11] [13].

Los datos de grabaciones guardados en formato CSV contienen la siguiente información:

Tabla 6.4.1 - Excel de ejemplo - Grabación sensor ORIENTACIÓN - OriC.MEM.0105_103012

Instante (ms)	Latitud	Longitud	Dirección	Azimut (-360° to 360°)	Pitch (-180° to 180°)	Roll (-90° to 90°)
24	41,5994932	-4,6645360	SO	223,956	-10,9454	-0,7837

Los archivos grabados por el sensor Orientación tendrán como parte principal de su nombre, la palabra Ori. en caso de capturas instantáneas y OriC. en caso de grabaciones.

6.4.4 Ejemplo de uso – Ruta en coche

Smartphone colocado sobre el salpicadero del vehículo en posición horizontal, con la pantalla hacia arriba y con su eje alineado hacia la carretera. Se intenta comparar el rumbo que aporta el azimut con la posición real en un mapa creado con los datos GPS también de la app para comprobar si la orientación es la correcta.

Resultados EXCEL – OriC.PoligonoCamping.0506_123206.csv:

Tabla 6.4.2 - Datos parciales de ejemplo de ORIENTACIÓN.

Instante (ms)	Latitud	Longitud	Dirección	Azimut(-360° to 360°)	Pitch (-180° to 180°)	Roll (-90° to 90°)
24	41,5994932	-4,66453605	SO	223,956	-10,9454	-0,7837
47	41,5994932	-4,66453605	SO	223,956	-10,9454	-0,7837
73	41,5994932	-4,66453605	SO	224,2328	-10,9129	-0,6926
86	41,5994932	-4,66453605	SO	224,2328	-10,9129	-0,6926
105	41,5994932	-4,66453605	SO	224,6541	-10,8885	-0,6318
122	41,5994932	-4,66453605	SO	224,6541	-10,8885	-0,6318
140	41,5994932	-4,66453605	SO	224,9949	-10,9	-0,5692
156	41,5994932	-4,66453605	SO	224,9949	-10,9	-0,5692



Resultados GRÁFICA:

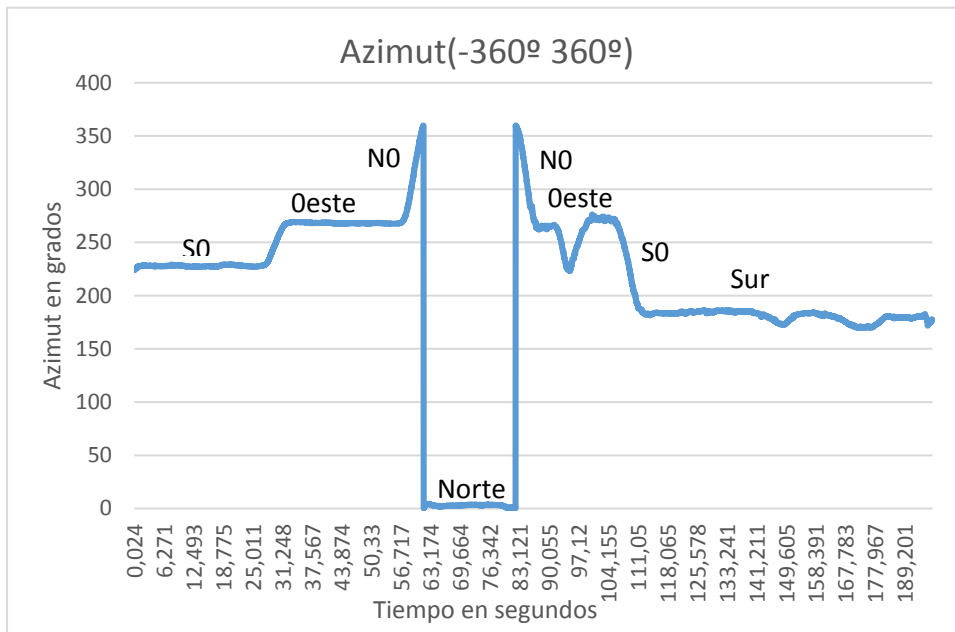


Ilustración 6.4.6 - Gráfica ejemplo ORIENTACIÓN - Azimut y rumbo durante un trayecto en coche



Ilustración 6.4.5 - Ruta trazada mediante Excel Power-Maps – Roseta para comparativa



En la gráfica tenemos los datos de azimut en grados y su conversión en rumbo que nos ha suministrado la app por la parte del sensor y en la ilustración podemos comprobar que los datos son correctos, ya que coinciden las orientaciones GPS con sensor.

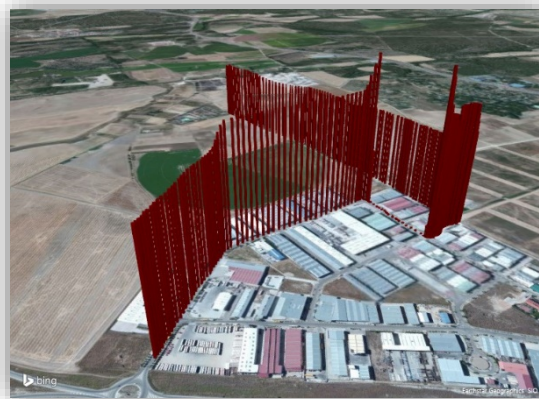


Ilustración 6.4.7 - Vista aérea de los datos azimut geoposicionados

6.4.5 Ejemplo de propiedades



Ilustración 6.4.8 - Información sobre Orientación - Smartphone de muestra - Sony Xperia X





6.5 TOOLBOX SENSORES - GIRÓSCOPO

6.5.1 Física relacionada – VEL. ANGULAR

La magnitud medida por el giróscopo del Smartphone se trata de la velocidad angular respecto de los 3 ejes de su sistema de coordenadas.

VELOCIDAD ANGULAR: Ángulo girado respecto de un sistema de coordenadas por una unidad de tiempo. El vector que se le asocia tiene como módulo el valor escalar de la velocidad angular y como dirección, la del eje de rotación.

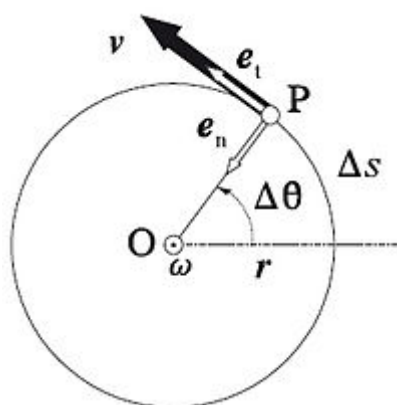


Ilustración 6.5.1 - Trayectoria circular de una partícula alrededor del eje de rotación

La unidad de medida serán los radianes por segundo. El radian es la unidad de ángulo plano en el SI, correspondiendo el ángulo de un radián al arco de circunferencia cuya longitud es su radio, por lo que una circunferencia completa corresponderá a $2 * \pi$ radianes.

MOVIMIENTO GIROSCÓPICO: Cuando el eje de rotación de un cuerpo carece de apoyos que fijen su orientación, el movimiento estudiado se complica considerablemente. En un caso particular en el que el eje de rotación sea un eje principal de inercia del cuerpo, el movimiento se denomina giroscópico y el cuerpo de rotación recibe el nombre de giróscopo. Dos ejemplos de aplicación de este movimiento serían las peonzas y el propio giróscopo o giroscopio.

Si el eje de rotación de una PEONZA forma un cierto ángulo φ con la vertical, dicho eje se mueve generando una superficie cónica de revolución. Este movimiento del eje de rotación recibe el nombre de *precesión de la peonza*. Normalmente el ángulo φ varía periódicamente (haciendo que la peonza se incline) durante el movimiento de precesión de la peonza, de modo que el eje de rotación oscila alejándose y acercándose a dicho eje vertical. Esto, da la impresión de que la peonza, va a perder el equilibrio y desestabilizarse de su posición, pero no es así. El ángulo φ no permanece constante, oscila entre dos



valores fijos que crean dos círculos, describiendo la trayectoria de la ilustración 6.5.2.

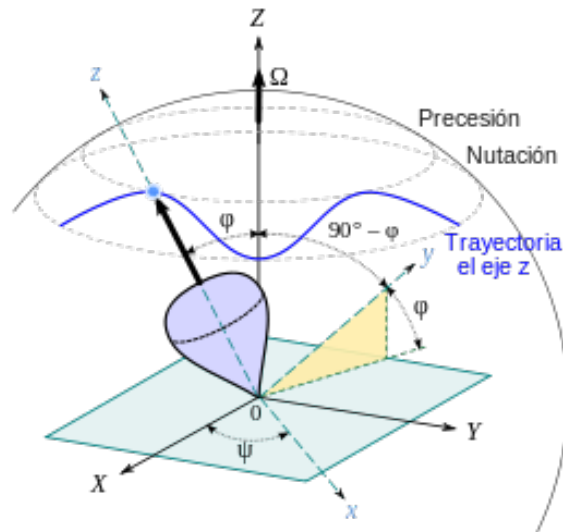


Ilustración 6.5.2 - Explicación sobre el movimiento de precesión de una peonza en movimiento

La peonza se mantiene vertical gracias a que la fuerza vertical ejercida sobre ella por el suelo (en su punto en contacto con el terreno) es exactamente igual al peso de la peonza, de modo que la fuerza resultante vertical es nula. La componente vertical de la cantidad de movimiento permanecerá constante, pero debido a que el momento no es nulo, el momento angular cambiará con el tiempo. En el caso en el que la peonza no estuviera en rotación, carecería de dicho momento angular y caería.

El GIROSCOPIO podría asemejarse a una peonza simétrica montada sobre anillos de suspensión Cardan de modo que el eje de simetría esté exento de ligaduras, mientras que el centro de masa permanece estacionario. Es necesario que el momento de inercia del volante sea grande y que coincida con el punto de intersección de los ejes XYZ ligados al cuerpo, así el peso del volante queda compensado por las fuerzas de reacción de los apoyos, sea cual sea la orientación del eje del volante.

Cuando el volante está girando alrededor de su eje de simetría, puesto que no existe ningún par gravitatorio neto con respecto a su centro de masa, el momento se mantendrá constante.

Si el momento aplicado al volante no es nulo y tiene dirección perpendicular al momento angular, dicho momento angular cambiará de dirección, pero no de magnitud, dando como resultado la precesión del momento angular alrededor de una dirección fija en el espacio, es decir, la estabilización del giróscopo [15] [56].



6.5.2 Medidores de VELOCIDAD ANGULAR - Giroscopios

El nombre de giroscopio se debe a León Foucault (1819-1868), un físico francés que fue quien lo inventó y el primero que lo utilizó para demostrar el movimiento de rotación de la tierra.

Desde su primer giróscopo este invento ha evolucionado mucho, siendo utilizado en infinidad de campos y en diversas aplicaciones.

A continuación, se exponen diversos tipos de medidores dependiendo del principio físico utilizado para su funcionamiento:

Giroscopios MECÁNICOS: Formados por un volante o rotor que gira suficientemente rápido alrededor de un eje haciendo que la masa quede distribuida en la periferia del objeto, de esta manera se consigue un alto momento de inercia en el eje de rotación.

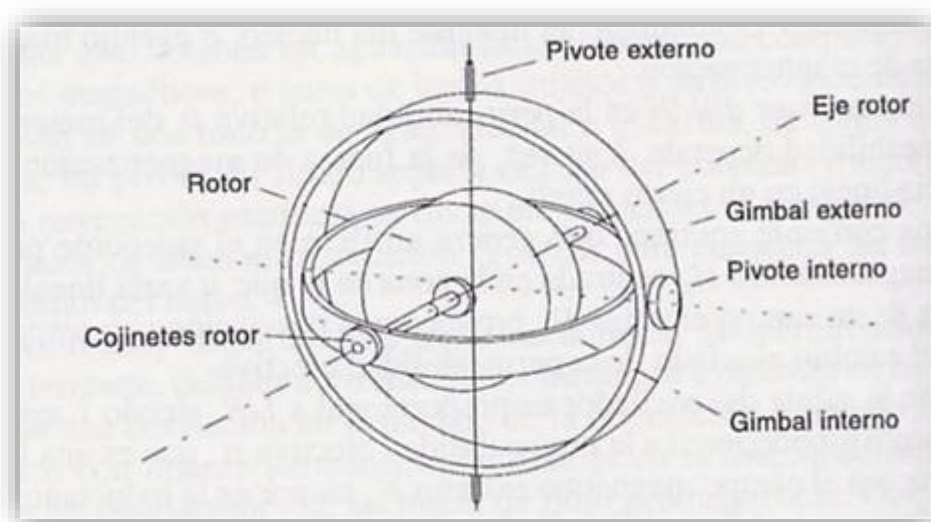


Ilustración 6.5.3 - Esquema de giróscopo mecánico

El rotor se encuentra suspendido en el medio del mecanismo sujeto a un primer anillo interior, llamado anillo gimbal, mediante el eje rotor y un par de cojinetes. A su vez el anillo gimbal interno pivota sobre el anillo gimbal externo, ambos unidos mediante otro par de cojinetes. Este montaje crea un sistema de 3 ejes de rotación, perpendiculares entre sí.

La propiedad más importante de estos giróscopos es que si aplicamos una fuerza en un eje perpendicular al eje rotor con intención de modificar su movimiento, se apreciará un fenómeno de rotación lenta del rotor en torno a otro eje perpendicular al que se le aplicó la fuerza, gracias al efecto del movimiento de precesión. Esta propiedad será la usada para calcular la medida del ángulo girado [15] [24].



Debido a que el momento se mantiene constante en el volante, permite que pueda usarse como estabilizador de dirección.

Giroscopios ÓPTICOS: El físico francés Georges Sagnac descubrió en 1911 que “una onda electromagnética que se mueve en un camino cerrado es influenciada por la velocidad angular del sistema”. Basados en el llamado “efecto Sagnac”, a partir de 1960 comenzó la utilización de los giróscopos ópticos, que derivaron en 1970 en los giróscopos interferenciales de fibra óptica.

Existen dos tipos de giróscopos interferenciales de fibra óptica:

1. RLG (Ring Laser Gyro): El medio por el que circula el rayo de luz es un anillo de fibra.
2. FOG (Fiber Optic Gyro): El medio es una espiral de fibra óptica.

Ambos se rigen por el siguiente efecto físico, el *efecto Sagnac*.

“Consideremos una guía de ondas circular (o un montaje de espejos que permita que un rayo de luz realice un recorrido cerrado) que está rotando con una velocidad angular. Desde un punto de este anillo se lanzan dos rayos de luz simultáneamente en direcciones opuestas. Cuando los rayos vuelven al punto de partida tienen entre sí una diferencia de camino óptico (fase) que se puede detectar mediante un montaje interferométrico” [27].

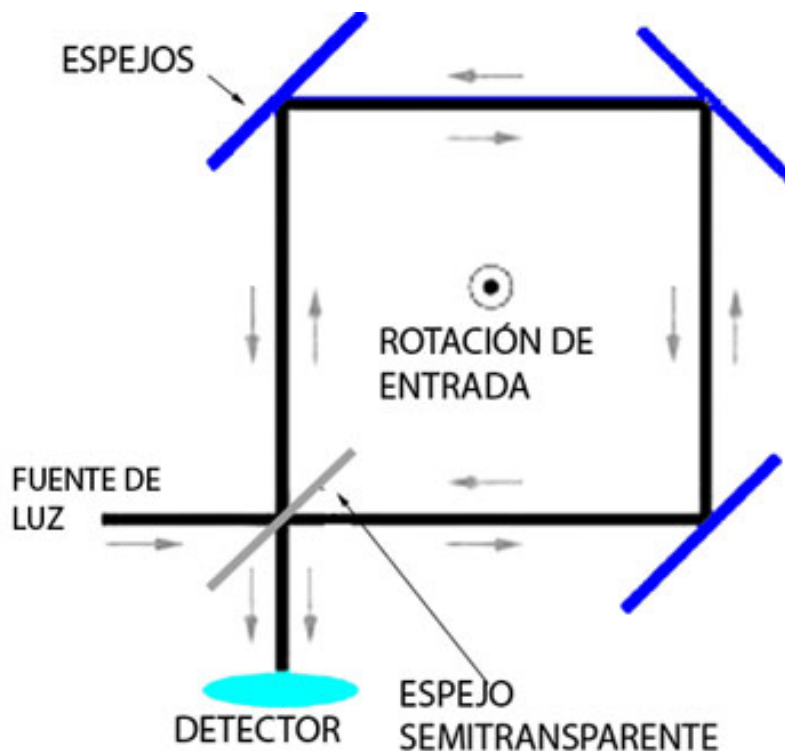


Ilustración 6.5.4 - Efecto Sagnac



A partir de la medida de diferencia de fase los sensores ópticos pueden transformarla en velocidad de rotación que es lo que realmente se quiere medir.

Las ventajas de los giróscopos ópticos frente a los mecánicos son:

- No son sensibles a la gravedad terrestre, lo que permite trabajar con inclinaciones sin perturbar la medida.
- No poseen partes móviles, por lo que pueden tener un tamaño más reducido y con ello un coste inferior.
- No necesitan un tiempo de calentamiento, tiempo necesario para que el volante adquiera la velocidad angular necesaria.

Los giróscopos ópticos se utilizan en medios de transporte como automóviles, en los que los llaman “yaw sensor”, midiendo la velocidad angular de un vehículo sobre su eje vertical en rad/s con el fin de calcular la orientación del vehículo en curvas muy cerradas o avisar en momentos con peligro de vuelco [25].

Giroscopios ELECTRÓNICOS: También llamados, giroscopios de estructura vibrante, se trata de dispositivos MEMS de reducido tamaño (2 o 3 mm) que aprovechan el efecto de Coriolis para medir la velocidad angular mediante micro-mecanizados de silicio.

Si disponemos de un sistema de rotación circular, a medida que uno se acerca al eje de rotación, la velocidad angular seguirá siendo la misma pero la velocidad en dirección perpendicular al eje de rotación disminuirá, estamos hablando de la disminución de velocidad tangencial con el radio. Por lo que, si nos movemos radialmente en nuestro sistema, la velocidad tangencial deberá aumentar o disminuir con el fin de mantener la misma posición angular relativa en el cuerpo. Durante este proceso de aumento o disminución de velocidad, la fuerza de Coriolis actúa en la aceleración de la masa del objeto. Por ello la fuerza de Coriolis es proporcional a la velocidad angular del objeto en rotación y a la velocidad del objeto que está en movimiento radial desde o hacia el eje de rotación.

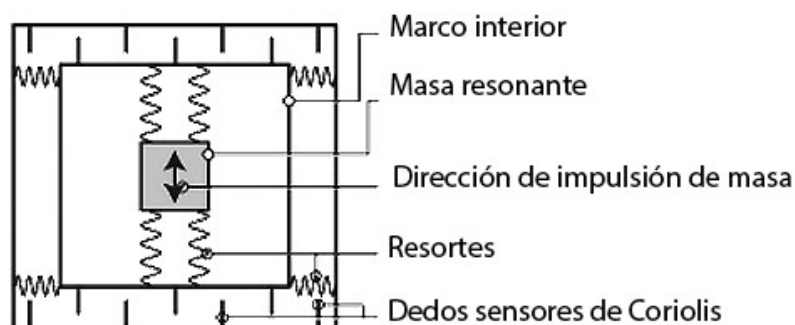


Ilustración 6.5.5 - Masa micro-mecanizada



Estos giróscopos contienen una masa micro-mecanizada conectada a una carcasa interior mediante un conjunto de resortes, la cual está conectada a una placa de circuitos mediante otro conjunto de resortes.

Esta masa colocada en un sistema rotativo, vibra con el movimiento, desplazando la masa interna hacia uno de los extremos. Por ejemplo, cuando la masa que vibra se mueve hacia el extremo exterior de la carcasa interior, esta experimenta una fuerza de reacción hacia la izquierda, por el contrario, cuando se mueve hacia el centro de rotación, la experimentará hacia la derecha.

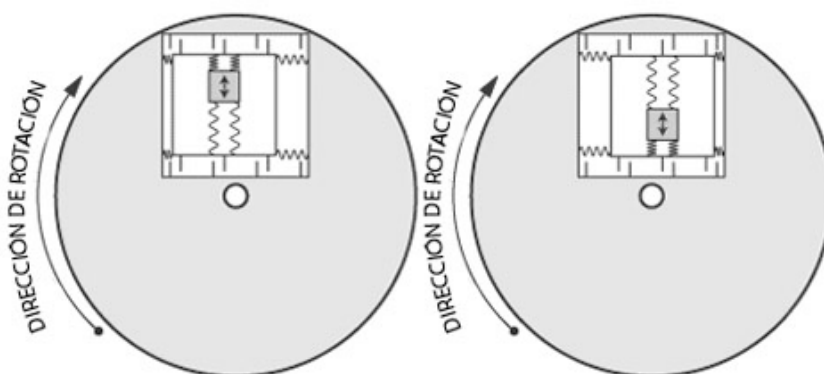


Ilustración 6.5.6 - Giróscopo electrónico en funcionamiento

Este principio será la base utilizada para la construcción de otros muchos tipos de giróscopos como los del tipo piezoeléctrico y otras modelos de tipo MEMS.

Actualmente se utilizan para sistemas navegación aérea y espacial, estabilización de vehículos terrestres, consolas de entretenimiento, cámaras digitales y por supuesto Smartphone [26].



6.5.3 SensorUVA - type_gyroscope

El apartado GIRÓSCOPO de la app nos muestra por pantalla los datos de VELOCIDAD ANGULAR en los ejes XYZ del dispositivo y los valores máximo en sentido positivo registrados durante la sesión, medidos en rad/s.



Ilustración 6.5.7 - TOOLBOX SENSORES / GIRÓSCOPO

Nos aporta la siguiente información al llamar a cada uno de los 3 eventos disponibles:

- Values [0]: aceleración angular sobre el eje X en rad/s .
- Values [1]: aceleración angular sobre el eje Y en rad/s .
- Values [2]: aceleración angular sobre el eje Z en rad/s .

El signo positivo o negativo se establece según la regla de la mano derecha, es decir, si el eje está apuntando hacia el observador, los valores positivos indican rotaciones en el sentido contrario de las agujas del reloj. Esto quedó plasmado en la ilustración 5.3.5 del apartado Aceleración.

Los Smartphone utilizan giróscopos MEMS con un sistema similar al de los acelerómetros a base de placas móviles de condensadores para cuantificar una respuesta eléctrica ante el movimiento al que se les someta.



Actualmente se trata de un sensor imprescindible en los teléfonos inteligentes y cada vez tendrá más importancia debido al crecimiento del mundo de la realidad virtual y su visionado 3D ya que gracias al giróscopo podemos transmitir movimientos a nuestro Smartphone y el dispositivo, tras un análisis del movimiento realizado, tendrá la capacidad de situar las imágenes en pantalla con precisión consiguiendo así una inmersión total en el mundo digital.

El rango máximo que se suele esperar de un giróscopo MEMS montado en un Smartphone de gama media es de alrededor de $35^\circ/s$ que es lo mismo 0.61 rad/s . La resolución está en torno a $0.0001^\circ/s$, es decir $2.5E-5 \text{ rad/s}$ [11] [13].

Los datos de grabación guardados en formato CSV contienen la siguiente información:

Tabla 6.5.1 - Excel de ejemplo - Grabación sensor GIRÓSCOPO - GirC.MEM.0105_113244

Instante (ms)	Latitud	Longitud	Eje X (rad/s)	Eje Y (rad/s)	Eje Z (rad/s)
27	-	-	0,04057	0,27792	25,45142

Los archivos grabados por el sensor Giróscopo tendrán como parte principal de su nombre, la palabra Gir. en caso de capturas instantáneas y GirC. en caso de grabaciones.

6.5.4 Ejemplo de uso – Frenada rodamiento

Smartphone colocado de manera que gire solidario sobre el rodamiento. Importante encontrar el centro del eje de rotación del dispositivo para colocarlo alineado, de esta manera la rotación será perfecta. Para este ejemplo se han realizado 3 medidas con distintas fuerzas, dejando la grabación hasta que se detuvo el montaje.

Resultados EXCEL – GirC.GiroFuerte 1006_090544.csv:

Tabla 6.5.2 - Datos parciales de ejemplo de GIRÓSCOPO

Instante (ms)	Latitud	Longitud	Eje X (rad/s)	Eje Y (rad/s)	Eje Z (rad/s)
27	-	-	0,04057	0,27792	25,45142
128	-	-	0,03844	0,26941	25,23624
229	-	-	0,06081	0,2726	25,02106
329	-	-	0,07253	0,38232	24,81439
430	-	-	0,02032	0,3983	24,57152
530	-	-	0,03951	0,22786	24,45859
630	-	-	0,02246	0,2545	24,15926
731	-	-	-0,00844	0,36528	24,06125



Resultado GRÁFICA:

En la primera gráfica vemos una rotación con comienzo en 10,5 rad/s y con decrecimiento lineal de la velocidad según pasa el tiempo por efecto del rozamiento natural entre las pistas de rodadura del propio rodamiento.

Al final de la medida 1, podemos ver con más claridad unas ondulaciones, estas se deben a que el origen del eje XYZ de medida del giróscopo integrado está desplazado, es decir no alineado, del eje de rotación Z del rodamiento. En las dos siguientes medidas se intentó reducir este efecto.

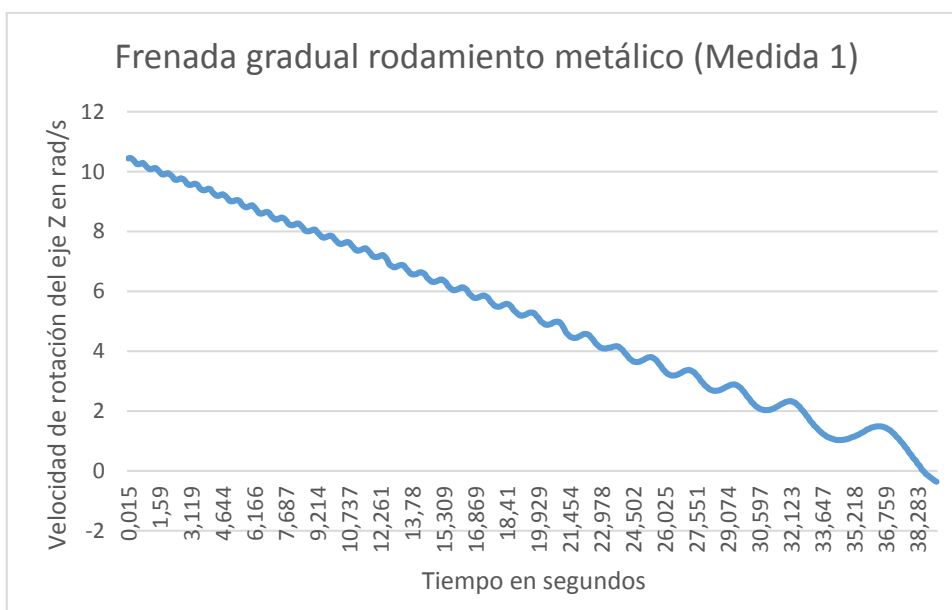


Ilustración 6.5.8 - Gráfica ejemplo GIRÓSCOPO - Frenada gradual de un rodamiento - medida 1

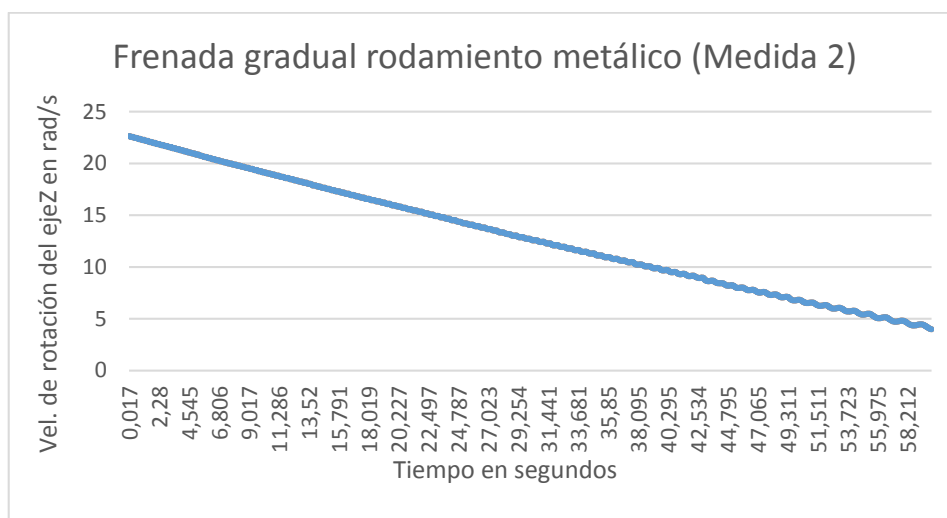


Ilustración 6.5.9 - Gráfica ejemplo GIRÓSCOPO - Frenada gradual de un rodamiento - medida 2

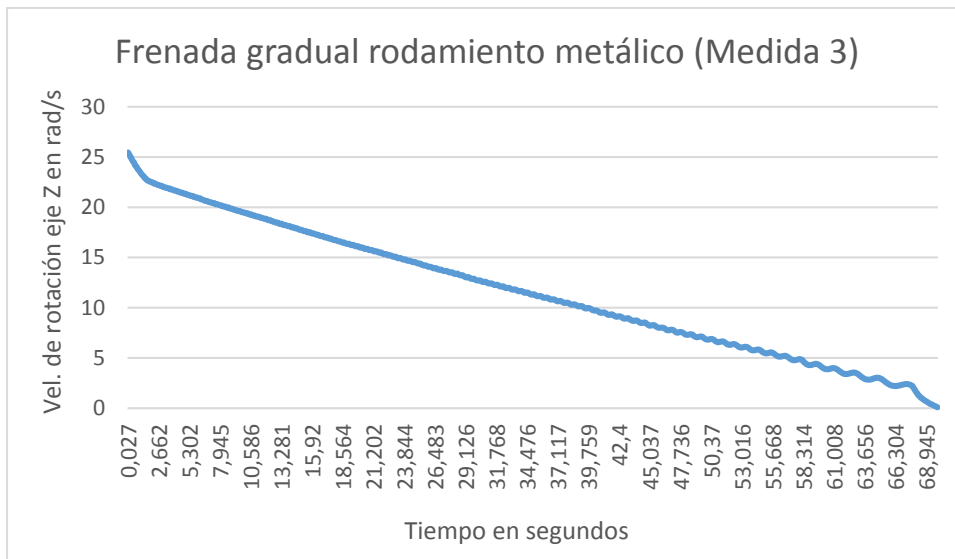


Ilustración 6.5.10 - Gráfica ejemplo GIRÓSCOPO - Frenada gradual de un rodamiento - medida 3

Las medidas 2 y 3 se realizaron con mayor fuerza, de esta manera el tiempo de giro se incrementó hasta superar los 60 segundos. Vemos como el alineado de ejes es mejor que el de la primera medida y además en la última gráfica podemos ver un comienzo de pérdida de velocidad no lineal, un efecto que podría estudiarse.



6.5.5 Ejemplo de propiedades



Ilustración 6.5.11 - Información sobre Giróscopo - Smartphone de muestra - Sony Xperia X





6.6 TOOLBOX SENSORES - MAGNETISMO

6.6.1 Física relacionada

Se define el MAGNETISMO como la propiedad que tienen cierto tipo de materiales para atraer al hierro y a otros metales (cobalto, níquel) y llamaremos FUERZA MAGNÉTICA a la interacción responsable de ella

Un IMÁN se trata de un cuerpo magnetizado donde la fuerza magnética aparece concentrada en ciertas partes del material donde se manifiesta más intensamente que en el resto, a estas zonas se les llama POLOS MAGNÉTICOS, existiendo dos diferentes, el POLO NORTE (N) y el POLO SUR (S) apareciendo una fuerza atractiva entre polos distintos y repulsiva entre polos idénticos.

Los efectos magnéticos pueden ser originados tanto por corrientes eléctricas como por imanes permanentes, estas interacciones eléctrica y magnética están muy relacionadas siendo ambos aspectos claves de la propiedad carga eléctrica de la materia. Estas interacciones se consideran conjuntamente bajo el nombre de CAMPO ELECTROMAGNÉTICO.

Para definir un campo electromagnético, será necesario entender varios conceptos antes:

- Fuerza de Lorentz (F): Es la fuerza que ejerce el campo magnético sobre partículas cargadas en movimiento relativo al campo. Si la carga (q) se expresa en Culombios, la velocidad (v) se expresa en m/s y el campo magnético (B) en Teslas, la fuerza se obtendrá en Newton.

$$\vec{F} = q \cdot (\vec{v} \wedge \vec{B})$$

- Campo magnético (B): Campo magnético total, formado por las características del material y la corriente que le recorre.

$$B/\mu_0 = H + M$$

$$B = B_0 + \mu_0 \cdot M$$

$$\mu = K_m \cdot \mu_0$$

Siendo μ_0 la permeabilidad magnética en el vacío y K_m la permeabilidad relativa del material. Si al material no le afecta el campo magnético externo, es decir, no produce ningún tipo de magnetización, entonces $K_m = 1$.



$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ NA}^{-2}$$

La unidad de campo magnético (B) en el sistema internacional es el Tesla, siendo equivalente a:

$$1 \text{ T} = 1 \frac{\text{Wb}}{\text{m}^2} = 1 \frac{\text{Kg}}{\text{s}^2 \cdot \text{A}} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{C} \cdot \text{s}}$$

- Magnetización (M): Expresa el magnetismo del material en términos de densidad de momentos dipolares magnéticos netos. Esta magnetización aparece cuando se somete al material a un campo magnético, aunque en algunos materiales como los ferromagnéticos pueden manifestarse alto niveles del mismo en ausencia de campo.
- Excitación magnética o intensidad de campo magnético (H): Último de los 3 campos que describen el magnetismo a nivel macroscópico, relacionado con el movimiento de cargas libres y con los polos magnéticos. También puede encontrarse como $B_0 \cdot \mu_0$.

A su vez, a parte del magnetismo de los materiales, se considera interesante transmitir el significado físico del CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE:

“Campo magnético creado alrededor de la Tierra semejante al producido por un imán con forma de barra colocado cerca del centro de la Tierra, cambiando las posiciones de dichos polos con el tiempo. Si colocamos una brújula en un punto cualquiera de la superficie terrestre, esta se orientará paralela a dicho campo, de forma que las líneas de campo penetrarán por su polo sur y saldrán por su polo norte. El módulo del campo magnético terrestre será máximo cercano a los polos y mínimo en el Ecuador, siendo de media de un 50 micro Teslas.”

Por último, llamaremos ángulo de inclinación al ángulo que forma la dirección del vector campo magnético terrestre con la horizontal y declinación al ángulo que forma la dirección del campo en un determinado punto con la dirección de la línea norte-sur geográfica [28] [29] [30].

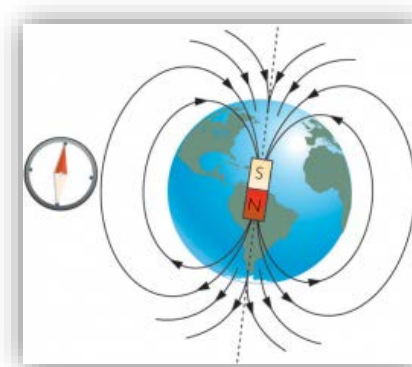


Ilustración 6.6.1 - Campo magnético terrestre



6.6.2 Medidores de MAGNETISMO

A continuación, se exponen diversos tipos de medidores de magnetismo dependiendo del principio físico utilizado para su funcionamiento.

A la hora de medir magnetismo es importante diferenciar distintos tipos según el origen del mismo, distinguiendo entre magnetismo terrestre, inherente en un material o creado por una corriente eléctrica.

MAGNETÓMETRO: Dispositivo que cuantifican en fuerza o dirección la señal magnética de una muestra.

- Balanza de Gouy: Mide el comportamiento magnético de una muestra, su atracción o repulsión por un gradiente de un campo magnético gracias al cambio de energía producido por este campo.
- SQUID (Superconducting Quantum Interference Devices): Capaces de medir campos magnéticos muy pequeños, siendo en la actualidad los magnetómetros más sensibles conocidos. El dispositivo consiste en dos superconductores separados por una fina capa aislante formando dos uniones de tipo Josephson (experimentando un efecto túnel en los pares de electrones a través de la unión).

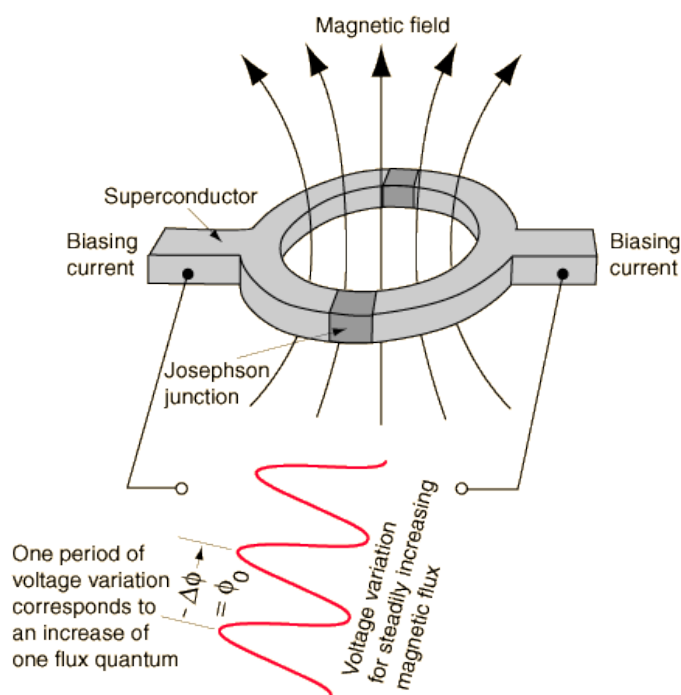


Ilustración 6.6.2 - Esquema de funcionamiento de un magnetómetro SQUID



SONDA HALL: Aprovecha el *efecto Hall* descubierto por Edwin C. Hall en 1879, para medir el campo magnético de un determinado material.

Si consideramos un conductor por el cual circula una densidad de corriente J en la dirección x , se puede pensar que dentro del conductor hay cargas libres moviéndose con cierta velocidad, de manera que:

$$\vec{J} = q \cdot \rho \cdot \vec{v}$$

Donde ρ es la densidad de las cargas libres

Ahora, si introducimos un campo magnético B en la dirección z , se ejercerá una fuerza sobre las cargas en movimiento en la dirección $-y$, provocando una acumulación de cargas en los laterales del conductor. Esto origina un campo eléctrico en la dirección $+y$ que contrarrestará la fuerza magnética, es decir, el sistema alcanzará el equilibrio. La constante de proporcionalidad se denomina coeficiente de hall (R_H).

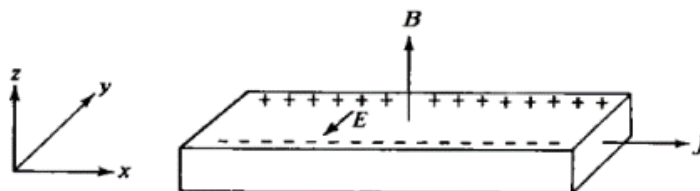


Ilustración 6.6.3 - Conductor sometido a un campo magnético

La distribución de cargas en el conductor genera un campo eléctrico el cual provoca una diferencia de potencial entre sus bordes, resultando proporcional esa tensión a la componente normal de campo magnético.



Ilustración 6.6.4 - Sensor o Sonda HALL

Un montaje con sonda Hall, bobinas Helmholtz y magnetómetros puede utilizarse tanto para medir campos magnéticos puntuales como para medir el magnetismo terrestre, variable de 30 a 60 micro-Teslas [30] [31].



6.6.3 SensorUVA - type_magnetic_field & type_..._uncalibrated

Los sensores de campo magnético implantados en los Smartphone pueden utilizar todos los métodos plasmados en el anterior apartado, pero actualmente la mayoría operan aprovechando el efecto Hall, funcionando de manera simple al pasar una corriente eléctrica a través de un “alambre”. Una de las componentes del campo magnéticos perpendicular al alambre hace que los electrones tengan una mayor densidad en un lado del material que en el otro, dando como resultado una tensión a través del ancho del cable que es proporcional al campo magnético.

Independientemente del mecanismo físico, los sensores reportarán el campo magnético en los ejes x, y, z (teniendo así tres sensores separados, uno alineado a lo largo de cada eje).

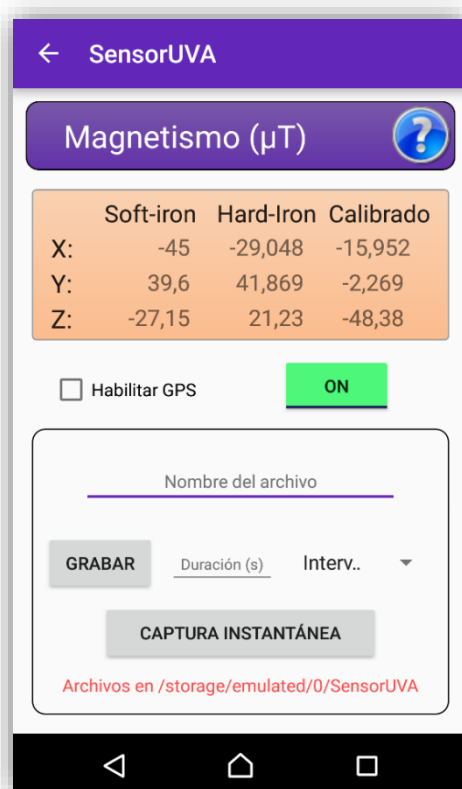


Ilustración 6.6.5 - TOOLBOX SENSORES / MAGNETISMO

La lectura de este sensor será mucho más “nerviosa” en comparación con otros implementado y puede parecer a primera vista menos precisa, ya que este tipo de sensores necesitan mejorar hasta la creación de un sensor de campo magnético MEMS sensible, preciso, barato y de bajo ruido.



En la pantalla de la app podemos observar 9 datos, distribuidos en 3 columnas, todos ellos en microteslas, dependiendo de las correcciones que hayan sido aplicadas.

Soft-Iron: Distorsiones surgidas debido a la interacción con el campo magnético de la tierra y a campos magnéticos cercanos.

Hard-Iron: Distorsiones surgidas debido a la magnetización de hierro, acero o imanes permanentes en el dispositivo. Esta corrección será propia en cada dispositivo.

Calibrado: Resultado en cada eje de la resta Soft – Hard, por lo que expresa el magnetismo surgido debido a la interacción con el campo magnético de la tierra sin la distorsión aportada por los elementos metálicos magnéticos presentes en los componentes del Smartphone.

Si configuramos la clase `SensorEvent` para `type_magnetic_field_uncalibrated` nos aporta la siguiente información al llamar a cada uno de los 6 eventos disponibles:

- Values [0]: Campo magnético detectado sobre el eje X en micro Teslas sin aplicar la corrección de HARD- IRON (Soft-Iron X).
- Values [1]: Campo magnético detectado sobre el eje Y en micro Teslas sin aplicar la corrección de HARD- IRON (Soft-Iron Y).
- Values [2]: Campo magnético detectado sobre el eje Z en micro Teslas sin aplicar la corrección de HARD- IRON (Soft-Iron Z).
- Values [3]: Valor de la corrección HARD-IRON para el eje X en micro Teslas (Hard-Iron X).
- Values [4]: Valor de la corrección HARD-IRON para el eje Y en micro Teslas (Hard-Iron Y).
- Values [5]: Valor de la corrección HARD-IRON para el eje Z en micro Teslas (Hard-Iron Z).

Configurando la clase `SensorEvent` para `type_magnetic_field` nos aporta la siguiente información al llamar a cada uno de los 3 eventos disponibles:

- Values [0]: Campo magnético detectado sobre el eje X en micro Teslas con las correcciones aplicadas (Calibrado X).
- Values [1]: Campo magnético detectado sobre el eje Y en micro Teslas con las correcciones aplicadas (Calibrado Y).
- Values [2]: Campo magnético detectado sobre el eje Z en micro Teslas con las correcciones aplicadas (Calibrado Z).

Es necesario tener especial cuidado con las mediciones después de someter al dispositivo al campo magnético de un imán ya que el sensor presenta histéresis magnética por lo que es recomendable esperar entre mediciones y agitar ligeramente el Smartphone antes de continuar [11] [13].



Los datos de grabaciones guardados en formato CSV contienen la siguiente información:

Tabla 6.6.1 - Excel de ejemplo - Grabación sensor MAGNETISMO - MagC.MEM.0105_113527

Intervalo (ms)	Latitud	Longitud	Soft-iron X (μT)	Soft-iron Y (μT)	Soft-iron Z (μT)
31	-	-	-11,549	30,901	-45,45
Hard-iron X (μT)	Hard-iron Y (μT)	Hard-iron Z (μT)	Calibrado X (μT)	Calibrado Y (μT)	Calibrado Z (μT)
-27,896	40,007	21,364	16,347	-9,106	-66,814

Los archivos grabados por el sensor Magnetismo tendrán como parte principal de su nombre, la palabra Mag. en caso de capturas instantáneas y MagC. en caso de grabaciones.

6.6.4 Ejemplo de uso – Exposición a un imán permanente

Para este ejemplo se ha optado por un montaje similar al del apartado Giróscopo, con el Smartphone colocado de manera que gire solidario sobre el rodamiento. La experiencia consiste en hacer girar el dispositivo y realizar distintas medidas, con imanes en estática, en movimiento o acercándose al montaje para ver los cambios se producen.

Resultados EXCEL – MagC.SinIman.1006_131742.csv:

Tabla 6.6.2 - Datos parciales de ejemplo de MAGNETISMO

Intervalo (ms)	Latitud	Longitud	Soft-iron X (μT)	Soft-iron Y (μT)	Soft-iron Z (μT)	Hard-iron X (μT)	Hard-iron Y (μT)	Hard-iron Z (μT)	Calibrado X (μT)	Calibrado Y (μT)	Calibrado Z (μT)
31	-	-	-11,549	30,901	-45,45	-27,896	40,007	21,364	16,347	-9,106	-66,814
41	-	-	-11,549	30,901	-45,45	-27,896	40,007	21,364	16,347	-9,106	-66,814
52	-	-	-11,549	30,901	-45,45	-27,896	40,007	21,364	16,347	-9,106	-66,814
69	-	-	-11,549	30,901	-45,45	-27,896	40,007	21,364	16,347	-9,106	-66,814
87	-	-	-29,55	51,601	-19,35	-27,896	40,007	21,364	-1,654	11,594	-40,714
104	-	-	-29,55	51,601	-19,35	-27,896	40,007	21,364	-1,654	11,594	-40,714
122	-	-	-29,55	51,601	-19,35	-27,896	40,007	21,364	-1,654	11,594	-40,714
140	-	-	-30	55,2	-25,65	-27,896	40,007	21,364	-2,104	15,193	-47,014

Resultado GRÁFICA:

La primera medida simplemente consiste en el Smartphone girando sobre el rodamiento para calcular el magnetismo del ambiente. Es necesario esta



medida para comparar, porque el montaje cuenta de por si con elemento metálicos.

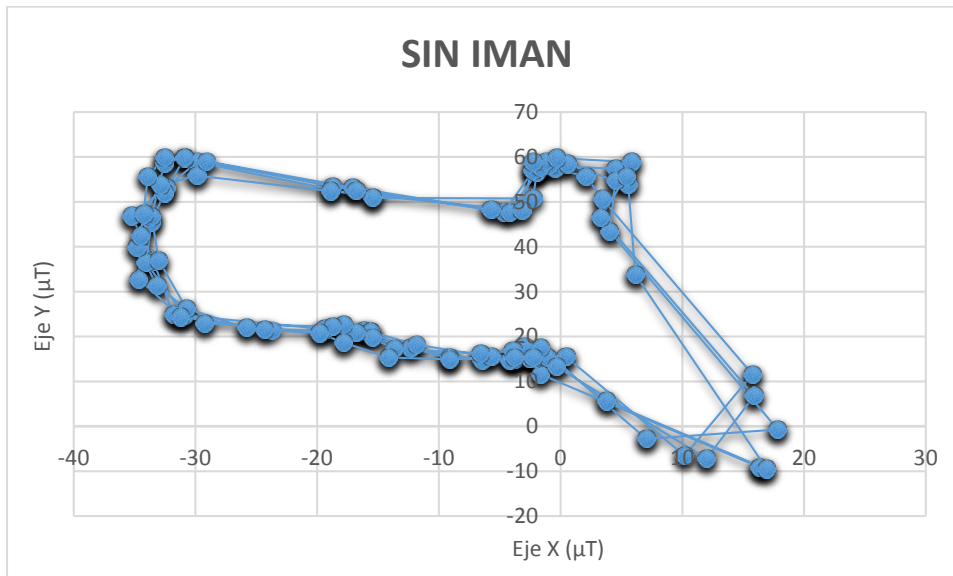


Ilustración 6.6.6 - Gráfica ejemplo MAGNETISMO - Smartphone girando - Sin imán

Ahora dejando un imán cercano a la cara izquierda del Smartphone, haremos girar el montaje y vemos el cambio de gráfica:

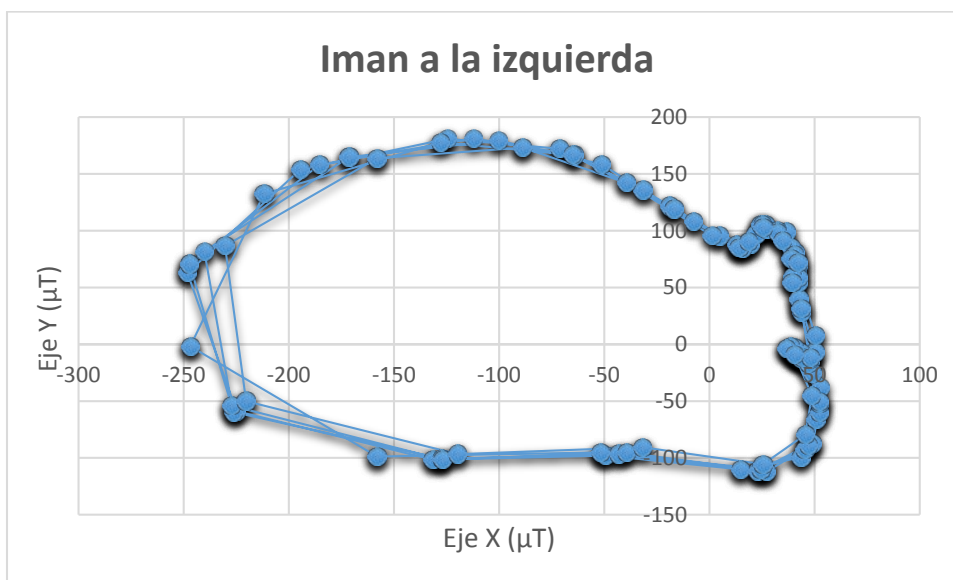


Ilustración 6.6.7 - Gráfica ejemplo MAGNETISMO - Smartphone girando - Imán izquierda

Vemos como incrementa muchísimo la influencia del campo magnético en el eje X e Y por la parte donde se acerca el imán.



Ahora, dejando el Smartphone estático, se tomaron medidas acercando un imán progresivamente también desde el lado izquierdo del dispositivo y con los datos, se han calculado una serie de gráficas lineales:

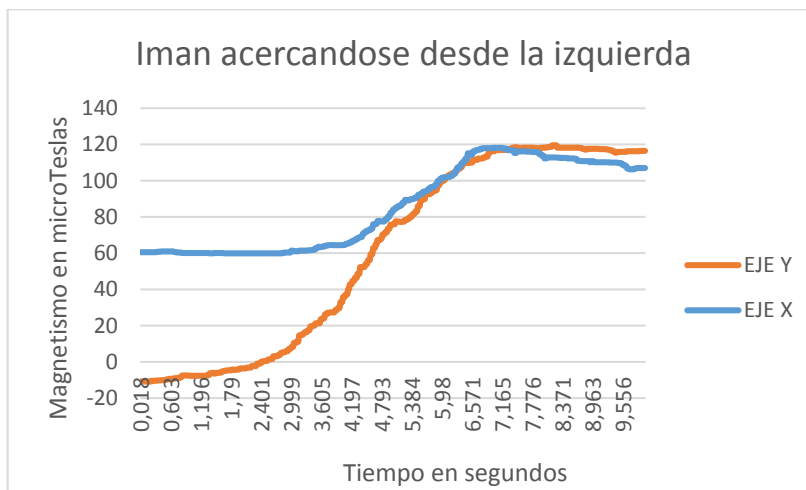


Ilustración 6.6.8 - Gráfica ejemplo MAGNETISMO - Smartphone estático - Imán en movimiento

Aquí podemos ver el incremento del magnetismo captado por el ambiente en ambos ejes, con una leve subida del valor en Y una subida muy rápida en el eje X.



6.6.5 Ejemplo de propiedades

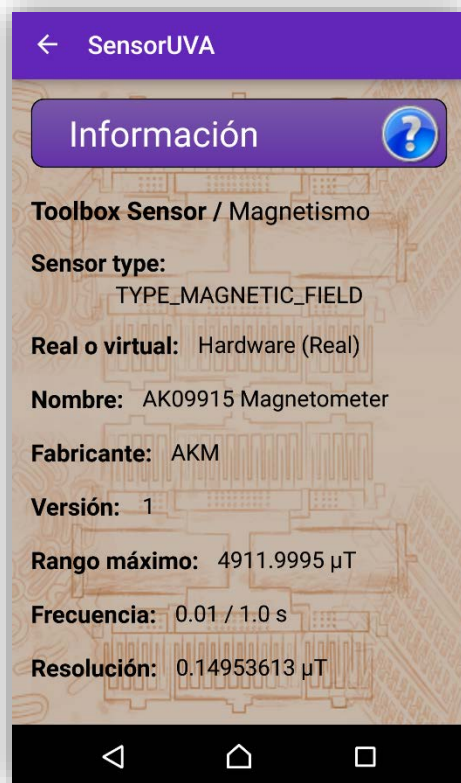


Ilustración 6.6.9 - Información sobre Magnetismo - Smartphone de muestra - Sony Xperia X



6.7 TOOLBOX SENSORES - AMBIENTE

Las condiciones ambientales son importantes en la resolución de muchas problemáticas al darnos unas condiciones de contorno donde enmarcar la situación de nuestro problema. Existen muchas variables, pero aquí definiremos 3 de las más importantes:

6.7.1 Física relacionada - Temperatura

Magnitud física que expresa la medida de la mayor o menor agitación de las moléculas que constituyen un cuerpo. Existe una relación con la energía cinética media de las moléculas, es decir, la energía interna de un sistema termodinámico, correspondiendo una mayor energía cinética a temperaturas altas, todo ello provocado por una mayor agitación molecular.

A partir de la teoría cinética de los gases, deducimos la siguiente ecuación, en la que T es la temperatura en grados kelvin, K es la constante de Boltzman ($K = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$) y E_c corresponde a la energía cinética en $\text{Kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$:

$$T = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{K} \cdot E_c$$

A parte de esto es posible definir la temperatura mediante el desarrollo de la 2ª ley de la termodinámica, llegando a obtener una relación en términos de entropía (S) y calor (Q):

$$T = \frac{dQ_{rev}}{dS}$$

La temperatura puede medirse según escalas absolutas (Kelvin y Rankine) y relativas (Grados Celsius y Fahrenheit), teniendo ambas en común la ausencia de un valor máximo o tope de escala. Sin embargo, se define un valor mínimo, el cero absoluto, temperatura a la cual el nivel de energía interna del sistema es el más bajo posible, es decir, sus moléculas carecen de movimiento.

Normalmente establecemos la temperatura ambiente en 300k (26.85°C o 80.33°F) como condición o base para la resolución de problemáticas donde no conocemos el valor real al ser tomado como promedio [32].

$$\frac{^{\circ}\text{C}}{5} = \frac{^{\circ}\text{F} - 32}{9} = \frac{R - 491.67}{9} = \frac{K - 273.15}{5}$$



6.7.2 Física relacionada - Humedad relativa

El vapor de agua se genera debido a la evaporación de agua presente en la naturaleza. Este vapor es absorbido por el aire en cantidad que dependen del resto de condiciones ambientales, esto provoca un aumento de la humedad.

Humedad absoluta (HA): Cantidad de vapor de agua contenida en un m^3 de aire. Se expresa en g/m^3 .

Humedad específica (w): Término similar al de humedad absoluta pero expresado en término de masa.

$$w = \frac{\text{kg de vapor de agua}}{\text{kg de aire húmedo}}$$

Humedad relativa (ϕ): Relación entre n_v y n_{vs} , siendo n_v el número de moles del vapor de agua en el aire y n_{vs} el número de moles de vapor de agua en el aire saturado (aire que contiene la máxima cantidad de vapor de agua que puede contener a la temperatura en la que se encuentra) a la misma temperatura.

$$\phi = 100 \cdot \frac{n_v}{n_{vs}}$$

Si tomamos el comportamiento del aire como un gas ideal ($P \cdot V = n \cdot R \cdot T$) entonces seremos capaces de relacionar la humedad relativa con el resto de propiedades.

$$\phi = 100 \cdot \frac{P_v}{P_{vs}}$$

De esta manera, la humedad relativa se define como el tanto por ciento de presión de vapor que tiene el aire respecto de la máxima que puede tener a esa temperatura [38].

6.7.3 Física relacionada - Presión ambiental

En física definimos la presión como el cociente entre la acción de una fuerza sobre la unidad de superficie:

$$\text{Presión} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Superficie}}$$



Extrapolando esto al concepto de presión atmosférica, tendremos que la presión es igual al peso de la columna de aire que tiene como base la unidad de superficie y como altura la de la atmósfera.

Presión atmosférica: Fuerza por unidad de superficie que ejerce la atmósfera que rodea la tierra sobre todos los objetos que se hallan en contacto con ella. La presión atmosférica cambia con la altitud, a mayor altitud menor presión atmosférica, un aumento en altitud de 1000 m representa una disminución de presión atmosférica de aproximadamente 100 hPa.

En lo referente a unidades, la primera unidad que se utilizó, históricamente, fue el “milímetro de mercurio” (mm Hg), debido al conocimiento de la presión de una columna de unos 760 mm, refiriendo las medidas a la misma. Fue usada en la construcción de los primeros barómetros.

Otra forma de cuantificar la presión atmosférica es por supuesto, la “atmósfera técnica” at, siendo la presión debida a la acción de un kilogramo fuerza sobre una superficie de un centímetro cuadrado. No debe confundirse con la "atmósfera normal" o "atmósfera física" (atm), definida como la presión debida a una columna de mercurio de (exactamente) 760 mm, bajo condiciones predeterminadas. La equivalencia es 1 atm. = 1,033at.

Finalmente, la "baria", correspondiente a una fuerza de una dina actuando sobre una superficie de un centímetro cuadrado. Sin embargo, la baria resultaba demasiado pequeña para los fines prácticos, por lo que se decidió adoptar una unidad un millón de veces mayor: el "bar" (1 bar = 1.000.000 barias). En el campo específico de la meteorología, se hizo común el uso de la milésima de bar, el "milibar" (mb).

Presión atmosférica normalizada: Presión ejercida por la atmósfera bajo condiciones normalizadas, igual a 1 013,25 hPa (760 mmHg). La cual idealmente se presenta a una altitud de 0 m sobre el nivel medio del mar, temperatura ambiente de 20 °C, humedad de 65 %HR y densidad del aire de 1,2 kg/m³.

Presión barométrica: Presión atmosférica local más una corrección por la altitud geopotencial local. La presión barométrica oscila alrededor de la presión atmosférica normalizada (1 013,25 hPa).

Altitud: Es la distancia vertical entre un punto situado sobre la superficie terrestre o la atmósfera y el nivel medio del mar [40].

H[m]	P[mm]	T[°C]	HUMEDAD RELATIVA	
20000	41.4			ESTRATOSFERA
18000	56.6	-55.0		
16000	77.5	-55.0		
14000	106.0	-55.0		
12000	145.0	-55.0		
10000	198.2	-50.0		
8000	266.9	-37.0		
6000	353.8	-24.0	5%	
5000	405.1	-17.5	10%	
4000	462.3	-11.0	20%	
3000	525.8	-4.5	30%	TROPOSFERA
2000	596.2	2.0	40%	
1500	634.2	5.2		
1000	674.1	8.5	60%	
500	716.0	11.8		
0	760.0	15.0	80%	

Ilustración 6.7.1 - Cuadro comparativo de altitud/presión/temperatura



Relación: Altitud/presión/temperatura

A medida que uno asciende la presión atmosférica decrece. En capas bajas cerca de la superficie terrestre, la disminución de la presión con la altura es de aproximadamente 1hPa cada 8m. Esta relación va disminuyendo a medida que la altura aumenta [41].

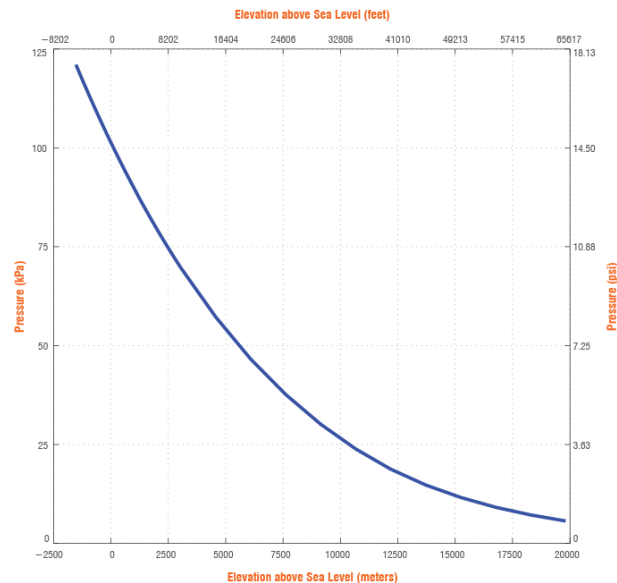


Ilustración 6.7.2 - Relación Presión - Altitud

Debido al hecho de que las condiciones climáticas afectan los cálculos de presión y altitud, la presión y la temperatura en el nivel del mar deben ser conocidos. La altitud a una presión de aire dada se puede calcular usando la ecuación 14 para una altitud de hasta 11 km (36.090 pies).

$$h = \frac{T_b}{L_b} \times \left(\left(\frac{P}{P_b} \right)^{\frac{-R \times L_b}{g_0 \times M}} - 1 \right)$$

Siendo:

- h : Altura sobre el nivel del mar en metros.
- T_b : Temperatura en grados kelvin en el momento de la muestra.
- L_b : Relación entre temperatura (kelvin) y altitud (metros) = -0.0065 k/m
- P : Presión atmosférica en el momento de la muestra en pascales.
- P_b : Presión atmosférica al nivel del mar en pascales = 101325 Pa
- R : Constante universal de los gases = $8.31432 \left(\frac{\text{N} \times \text{m}}{\text{mol} \times \text{k}} \right)$
- g_0 : Aceleración de la gravedad = -9.83142 m/s^2
- M : Masa molar del aire = 0.0289644 kg/mol



6.7.4 Medidores de TEMPERATURA

Existen múltiples formas de medir la temperatura, aquí propongo una clasificación según el fenómeno físico que utilizan para cuantificarlo:

Termómetro de Vidrio (Expansión térmica): Utiliza el principio de expansión lineal de un líquido con la temperatura, por ejemplo, el mercurio que cumple dicha propiedad, el cual encontramos en estado líquido en un rango de temperaturas de entre -38.9°C y 356.7°C [33] [34].



Ilustración 6.7.3 - Termómetro de mercurio, esquema de funcionamiento

Funciona por la dilatación de un líquido alojado en un bulbo conectado con un capilar de pequeño tamaño, permitiendo observar así las variaciones de la longitud del fluido dilatado para un determinado volumen. La expresión del volumen total del fluido encerrado es la siguiente, siendo V el volumen, α el coeficiente de dilatación térmica del líquido y ΔT la variación de temperatura:

$$V = V_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

Sensores Termoeléctricos: Un termopar está constituido por dos metales diferentes, unidos físicamente en sus extremos. En dicha unión se crea una diferencia de potencial dependiente de la temperatura que, comparada con la generada en otra unión similar sometida a condiciones térmicas de referencia, da una medida cuantitativa de la temperatura que existe en la primera unión explicada.

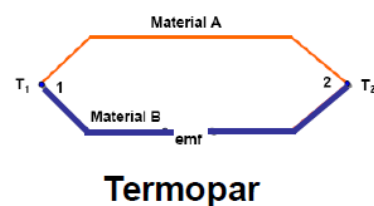


Ilustración 6.7.4 - Esquema de funcionamiento de un termopar

El fundamento físico se denomina *Efecto Seebeck*, que ilustra la diferencia de potencial creada cuando existe una diferencia de temperatura entre las uniones de dos materiales distintos:

$$V = \alpha (T_1 - T_2) + \gamma (T_1^2 - T_2^2)$$

Siendo T_1 y T_2 las temperaturas de las uniones, α y γ constantes para cada material y V la diferencia de potencial.



Se designan por letras (T, E, J, K, R) que identifican los materiales que contienen y se especifican generalmente por su sensibilidad o coeficiente térmico (MV/°C) [33] [35].

- Tipo E, J, K, y T, de base metálica, hasta 1000°C.
- Tipo S, R, y B, termopares nobles por poseer platino como elemento básico y se pueden utilizar hasta por encima de 2000°C.

Termopar Tipo	Aleación	Rango
K	Niquel-Cromo Niquel-Aluminio	-150 a 1100°C
J	Hierro Cobre-Niquel	-40 a 700°C
T	Cobre Cobre-Niquel	-200 a 350°C
E	Niquel-Cromo Cobre-Niquel	-150 a 800°C
N	Niquel-Cromo Niquel-Silicio	-150 a 1100°C
S	Platino Platino-Rodio10%	0 a 1550°C
R	Platino Platino-Rodio13%	0 a 1600°C
B	Platino-Rodio6% Platino-Rodio30%	0 a 1700°C

Ilustración 6.7.5 - Tipos de termopar dependiendo de los metales utilizados

Sensores Termorresistivos: Aprovechan la dependencia entre la resistencia al paso de corriente eléctrica de ciertos materiales con la temperatura. De esta manera definimos el coeficiente de temperatura (α), siendo R_T la resistencia que opone el material a la corriente eléctrica:

$$\alpha = \frac{1}{R_T} \cdot \frac{dR_T}{dT}$$

El cambio en la resistencia eléctrica de los metales se define con la siguiente ecuación:

$$R_T = R_0 \cdot [1 + \alpha \cdot (T - T_0)]$$

Dependiendo de los materiales utilizados, tendremos los siguientes tipos de sensores termorresistivos:

- RTD: Resistive Temperature Detectors, metálicos, con comportamiento lineal.
- Silistores
- NTC: Negative Temperature Coeficiente, óxidos metálicos semiconductores, con comportamiento no lineal.
- PTC: Positive Temperature Coeficiente, de titanato de bario y estrónicio [35].



6.7.5 Medidores de HUMEDAD RELATIVA

Un HIGRÓMETRO es un instrumento de medida que se utiliza para cuantificar el grado de humedad del aire o de otros gases, por lo que es perfecto para medir el contenido de humedad de una atmosfera

Las medidas varían entre el 0% para aire completamente seco y el 100% para aire saturado.

Existen muchos tipos de higrómetros, desde los más clásicos como el de bobina de metal-papel o el de tensión de cabello basados en el cambio físico producido en determinados materiales al someterlo a un cambio de humedad, hasta los actuales, los que gracias a los procesos de fabricación CMOS (Complementary Metal-Oxide-Conductor) han permitido la integración de estos sensores en un chip.

Higrómetro CAPACITIVO: Midiendo el efecto de la humedad en la constante dieléctrica de un material polimérico o un óxido de metal. La humedad hace el que dieléctrico se dilate, distanciando así sus placas provocando una reducción de capacitancia. Estas variaciones de capacitancia provocan un cambio de frecuencia en los componentes electrónicos del dispositivo, por lo que, cuantificando la frecuencia se obtiene una medida de humedad. Cuentan con una precisión de $\pm 2\%$.

Higrómetro RESISTIVO: Midiendo el efecto de la humedad en la resistencia eléctrica de un material polimérico conductor. Este tipo de sensores, normalmente se encuentran ligados a algún sensor térmico, ya que necesitan correcciones de temperatura para calcular correctamente la resistencia del material. Por lo general son menos sensibles y precisos que los capacitivos, ya que dependen mucho del material resistivo elegido.

Higrómetro GRAVIMÉTRICO: El procedimiento consiste en la comparación del peso de una cierta cantidad de gas seco con el peso del mismo volumen del gas que se quiere evaluar [36] [38].



Ilustración 6.7.6 -
Termohigrómetro
capacitivo con termopares
tipo K y J

$$\% = \frac{(Peso_{Humedo} - Peso_{Seco}) \cdot 100}{Peso_{Seco}}$$



6.7.6 Medidores de PRESIÓN AMBIENTAL

La presión ambiental es cuantificable de múltiples maneras, de entre todas ellas, puede establecerse una clasificación de experimentos o herramientas de medida según el tipo de elementos que utilicen para la toma de datos:

Elementos mecánicos:

Columna de líquido: Es el instrumento de medición de presión más antiguo y simple. Permite usarse como patrón de referencia de gran exactitud para la calibración de manómetros. Existen muchos modelos, pero la configuración más popular es sin duda la columna de líquido de tipo U, ya sea con mercurio, agua o aceites. Para realizar la medida, se sigue la siguiente ecuación, donde si P_2 (presión barométrica) está abierta a la atmósfera se conseguirá P_1 como presión relativa.

$$P_1 = \rho \cdot g \cdot h + P_2$$

Si se realiza el montaje con la columna de P_2 sometida a vacío, entonces conseguimos P_1 como presión absoluta, principio de funcionamiento de un BARÓMETRO [37].

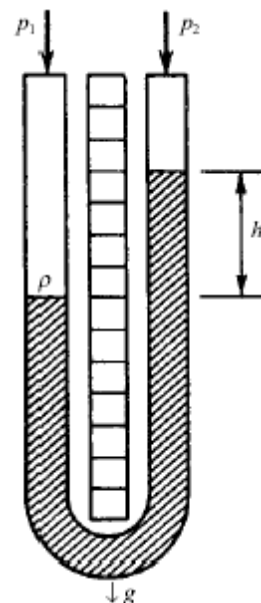


Ilustración 6.7.7 - Columna de líquido de tipo U

Barómetro de mercurio: Consiste en un tubo largo de vidrio cerrado en un extremo, lleno de mercurio y al que se le ha provocado el vacío. Los barómetros funcionan como altímetros, a medida que se va ascendiendo en altitud, la presión atmosférica va disminuyendo, por lo que miden la presión atmosférica local.

Existen otras muchas formas de cuantificar la presión atmosférica mediante elementos mecánicos como inclinadas, cisternas, tubos de Bourdon, sistema de diafragma, montaje de fuelle, etc.

Elementos Electromecánicos:

Utilizando un elemento mecánico elásticos combinado con un elemento transductor eléctrico para generar una señal eléctrica relacionada.



Resistivos: Aprovechan la variación geométrica o el movimiento de un elemento mecánico con un sistema de variación de resistencia por potenciómetro.

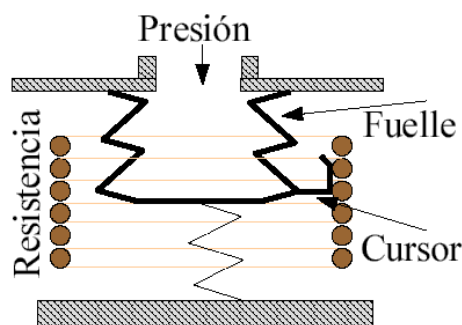


Ilustración 6.7.8 - Efecto de transducción resistiva a la variación de presión

La ecuación que rige este comportamiento es la siguiente, siendo (K) la constante del fuelle, (A) su sección, (x) su elongación y (r) la variación de resistencia:

$$P = \frac{k \cdot x}{A} \quad \text{y para calcular la elongación} \quad R(x) = r \cdot x$$

Otras formas de cuantificar la presión atmosférica con elementos electromecánicos son mediante inductancia variable, reluctancia variable, capacitivos, galgas extensométricas, etc.

Elementos Electrónicos:

Sensor CAPACITIVO: Basado en las propiedades del silicio se cuantifica el cambio capacitivo de una membrana de cerámica ocasionado por la flexión de un contra electrodo paralelo. Explicado de manera más simple, los cambios de presión modifican la geometría del sistema aumentando o disminuyendo la capacidad del condensador formado por dicha membrana.

Sensor PIEZORRESISTIVO: Utilizan elementos de medición en forma de placa con resistencias obtenidas por difusión o implantación de iones. Si estas placas se someten a una carga o presión, se modifica su resistencia eléctrica.

Otras formas de cuantificar la presión atmosférica con elementos electrónicos son mediante sensores Hall, sensores monolíticos, térmicos, bimetálicos, mediante montaje de filamento caliente, cátodo frío, radiación, etc [39].



6.7.7 SensorUVA - AMBIENTE

La parte TOOLBOX SENSORES / AMBIENTE nos muestra por pantalla datos que provienen de 3 sensores distintos, teniendo por pantalla:

- Temperatura en °C.
- Humedad relativa en %
- Presión ambiental en mbar.

Se decidió aglutinar estos sensores debido a lo relacionados que están entre ellos y porque actualmente muy pocos dispositivos cuentan con todos estos sensores, como podemos ver en la siguiente ilustración, y así es más sencillo que todos los usuarios tengan al menos uno de ellos para poder acceder a este apartado.

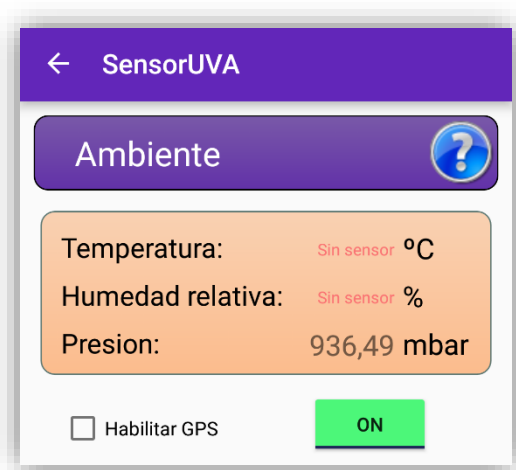


Ilustración 6.7.9 - TOOLBOX SENSORES / AMBIENTE

SensorUVA - type_ambient_temperature

Se trata de un nuevo tipo de sensor que viene a remplazar al depreciado `type_temperature`, el cual servía para detectar la temperatura de la CPU del Smartphone para aportar datos sobre calibración del hardware y dar avisos de seguridad en momentos de sobrecalentamiento.

Es capaz de dar la temperatura ambiental en grados Centígrados, aunque como he dicho, se trata de un sensor relativamente nuevo por lo que muchos dispositivos carecen de él.

SensorUVA - type_relative_humidity

Al igual que el anterior, se trata de otro nuevo sensor, en este caso para cuantificar la humedad relativa en tanto por ciento.



Tiene una función similar, aportando datos ambientales útiles para la calibración de su propio hardware, aunque además utilizando el sensor de temperatura ambiental y el de presión será capaz de calcular:

- Punto de rocío (t_d en °C)

$$t_d(t, RH) = T_n \cdot \frac{\ln(RH/100\%) + m \cdot t / (T_n + t)}{m - (\ln(RH/100\%) + m \cdot t / (T_n + t))}$$

t = Temperatura actual en grados centígrados

RH = Humedad relativa en tanto por ciento

m = 17.62

Tn = 243.12

- Humedad absoluta (d_v en g/m^3)

$$d_v(t, RH) = 216.7 \cdot \frac{(RH/100\%) \cdot A \cdot \exp(m \cdot t / (T_n + t))}{273.15 + t}$$

A = 6.112 hpa

SensorUVA - type_pressure

La mayoría de estos sensores son del tipo CAPACITIVO. Accede a los datos de un barómetro MEMS integrado que mide la presión ambiental en milibares. Su principal uso consiste en determinar la altitud en lugares donde no es posible acceder a la localización GPS como en interiores de edificios.

Es importante no confundir el tipo de presión medida, la ambiental, con por ejemplo la ejercida sobre la pantalla al pulsarla con el dedo, ya que, para cuantificar ese valor, habría que acceder a otro tipo de hardware.

A partir de este sensor es posible calcular la altitud sobre el nivel del mar, utilizando el método `SensorManager.getAltitude()`, que filtra la señal a partir de una fórmula muy similar a la mostrada en el apartado sobre la física asociada a la presión.



Siempre tenemos que tener en cuenta que todas las medidas serán relativas, por lo que el sensor alcanza su potencial a partir de relaciones entre medidas como hacemos en la práctica de “Seguimiento de un Ascensor”, en la cual se comparan las medidas de 2 presiones para calcular la diferencia de altura entre los puntos en los que se tomaron las muestras.

El rango dinámico típico de un sensor de presión MEMS es de 300-1100 mbar con una resolución media de 0.01mbar. Aunque se trate de un sensor bastante preciso, es importante contar con que una variación climática puede hacer que la presión se desplace entre 0.5 y 1 mbar a la misma altitud, por lo que si se requieren tomar varias medidas para un cálculo determinado, se hagan en un tiempo reducido o en el caso que se necesiten medidas en fechas distintas, se tenga en cuenta esta posible variación climática [11] [13].

Los datos de grabaciones guardados en formato CSV contienen la siguiente información:

Tabla 6.7.1 - Excel de ejemplo - Grabación sensor AMBIENTE - AmbC.MEM.0105_123507

Instante (ms)	Latitud	Longitud	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Presión (mbar)
15	-	-	Sin sensor	Sin sensor	935,83

Los archivos grabados por el sensor Ambiente tendrán como parte principal de su nombre, la palabra Amb. en caso de capturas instantáneas y AmbC. en caso de grabaciones.

6.7.8 Ejemplo de uso – Bajada de un piso por las escaleras

En este ejemplo simplemente se han tomado datos bajando unas escaleras, con la intención de medir las diferencias ambientales en dos estancias distintas.

Debido a que los sensores de temperatura y humedad relativa se encuentran disponibles en muy pocos dispositivos, no ha sido posible encontrar un Smartphone con ellos para la medida, por eso en las tablas aparecen como “Sin Sensor”. De esta manera, la medida solo nos medirá la presión ambiental y aprovechando que se realiza entre dos pisos distintos de un edificio, calcularemos la distancia o altura que hay entre ellos mediante la medida de presión.



Resultados EXCEL – AmbC.BajandoAulario.1006_140035.csv:

Tabla 6.7.2 - Datos parciales de ejemplo de AMBIENTE

Instante (ms)	Latitud	Longitud	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Presión (mbar)
15	-	-	Sin sensor	Sin sensor	935,83
34	-	-	Sin sensor	Sin sensor	935,83
74	-	-	Sin sensor	Sin sensor	935,83
84	-	-	Sin sensor	Sin sensor	935,83
107	-	-	Sin sensor	Sin sensor	935,83
123	-	-	Sin sensor	Sin sensor	935,83
138	-	-	Sin sensor	Sin sensor	935,83
153	-	-	Sin sensor	Sin sensor	935,83

Resultado GRÁFICA:



Ilustración 6.7.10 - Gráfica ejemplo AMBIENTE – Bajada por escaleras - Medida de presión

En la gráfica podemos ver 3 tramos definidos (con el consiguiente ruido provocado por realizar la toma de medidas andando a velocidad no constante):

- 0 a 6 segundos: primer tramo de escaleras, se aprecia un ascenso de presión.
- 7 a 10 segundos: rellano, en el que nos movemos sin cambio de altitud.
- 11 a 18 segundos: segundo tramos de escaleras, efecto similar al primer tramo.



Tomando la diferencia entre el primer y el último dato conseguimos la diferencia de presión y con ello, tras realizar algunos cálculos, tenemos que la diferencia de altura entre los dos puntos es de 4,72027251 m.

6.7.9 Ejemplo de propiedades



Ilustración 6.7.11 - Información sobre Ambiente - Smartphone de muestra - Sony Xperia X



6.8 TOOLBOX SENSORES - LUMINOSIDAD

6.8.1 Física relacionada

La física define la *luz* como una forma de radiación electromagnética, llamada energía radiante, con capacidad de producir una sensación visual excitando la retina de los ojos.

Características de la luz:

- Amplitud o altura de la onda.
- Longitud de onda medida en nm.
- Velocidad: “C” distancia que recorre la onda electromagnética en un segundo, medida en km/h.
- Frecuencia o comportamiento temporal medida en hz, siendo el número de ondas que pasan por un punto fijo durante un segundo.

Illuminancia (E) o NIVEL LUMÍNICO: flujo luminoso recibido por una superficie determinada. Utilizado para medir la incidencia de la luz sobre dicha superficie.

$$E = \frac{\phi}{A}$$

La unidad de medida de la iluminancia es el Lux, equivalente a un lm/m^2 . En el caso de una fuente puntual, el flujo luminoso se propaga en todas las direcciones y se distribuye sobre una superficie esférica. La iluminancia medida con un detector de puntos es aproximadamente igual a la densidad de flujo luminoso proyectada por la fuente óptica. Así, la iluminancia puede expresarse como:

$$E = \frac{\phi}{4 \pi D^2}$$

Emitancia luminosa (M): Usado para medir la luz emitida por una superficie radiante. Su unidad de medida también es el lux.

Flujo luminoso (ϕ): Parte de la potencia radiante total emitida por una fuente de luz que es capaz de afectar el sentido de la vista. Es distinta de la potencia total emitida debido a que está ajustada para reflejar la sensibilidad



del ojo humano dependiendo de diferentes longitudes de onda. Se mide en lúmenes (lm).

El lumen se define por comparación con una fuente patrón reconocida internacionalmente, siendo el flujo luminoso (o potencia radiante visible) emitido desde una abertura de $1/60 \text{ cm}^2$ de una fuente patrón e incluido dentro de un ángulo sólido de 1 sr.

También se define mediante la unidad básica de medida de la luz, la candela (cd).

$$lm = cd \cdot sr$$

Intensidad luminosa (I): Flujo luminoso ϕ emitido por unidad de ángulo sólido Ω . La unidad de intensidad es el lumen por estereorradián (lm/sr), llamada candela.

$$I = \frac{\Omega}{\phi}$$

Eficacia luminosa (η): Determinada por una ecuación que expresa la relación entre el flujo luminoso (ϕ) y la potencia eléctrica (P), por lo que se mide en lúmenes por vatio (lm/W):

$$\eta = \frac{\phi}{P}$$

Eficiencia luminosa (%): Relación entre la eficacia luminosa y la máxima emisión de luz teórica, siendo esta 683 lm/W definida a $\lambda = 555 \text{ nm}$. Se escoge esta longitud de onda debido a que es aquella en la que el ojo humano es más sensible [42] [44].

$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{\eta}{683}$$



6.8.2 Medidores de LUMINOSIDAD – Luxómetros

Un LUXÓMETRO es un instrumento de medición que permite medir la iluminancia real de un ambiente. Los luxómetros actuales contienen una célula fotovoltaica o CCD (Charge-Coupled Device) acoplados un circuito integrado. Si la célula recibe una cantidad de luz, es decir, le llegan una cantidad de fotones, las transforma en una señal eléctrica cuantificable. Existen también modelos con una fotorresistencia y un ohmímetro.

Existen muchos tipos de células fotovoltaicas, cada una de ellas pensadas para aplicaciones específicas:

Un FOTODIODO es un diodo PN construido para que cuando la luz incide sobre la junta PN pueda generar portadores utilizando el efecto foto eléctrico. El material empleado en su fabricación definirá sus características en lo relacionado a la absorción de la luz, siendo entre esto el silicio el más común, con longitudes de onda apropiadas entre 190 y 1100 nm o el sulfuro de plomo como opuesto con longitudes de ondas apropiadas en 1000 y 3500 nm.

Un FOTOTRANSISTOR es como su propio nombre indica, un transistor sensible a la luz, normalmente a los infrarrojos. Son más sensibles que los fotodiodos. Usados en lápices ópticos o lectores de cinta.

Una FOTORESISTENCIA se caracteriza porque su resistencia eléctrica disminuye con el aumento de la intensidad de la luz que incida sobre él. También se les conoce como fotorreductores o fotoconductores. Están contruidos de materiales semiconductores de alta resistencia, por lo que si la luz a la que exponemos la resistencia es de alta frecuencia, se absorben los fotones dando a los electrones energía suficiente para saltar la banda de conducción. Esto provoca que se queden libres electrones, con sus huecos asociados, haciendo que conduzca la electricidad bajando la resistencia.

Un sensor CCD es un capacitor MOS que almacena carga eléctrica generada a partir del efecto fotoeléctrico. No entraremos en su funcionamiento físico por la complicación que conlleva.

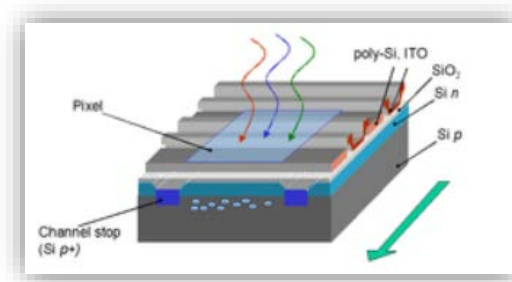


Ilustración 6.8.1 - Esquema de sensor CCD



Estos sensores tienen una gran ventaja en comparación con el resto de competidores, su alta sensibilidad, cercana al 70% de la eficiencia en la recolección de luz. Son usados en fotografía profesional.

Debido a las diferencias asociadas a las frecuencias del espectro lumínico, es habitual aplicar correcciones a las muestras y de esta manera establecer varias escalas para actuar de manera fiable [45].

Como datos aproximados de un luxómetro profesional se añade un cuadro con las especificaciones medias:

Tabla 6.8.1 - DataSheet con datos promedio de luxómetros comerciales

Tipo de sensor	Fotodiodo de Silicio con filtro V
Rango	0.01 400000 lux
Resolución	0.1 – 100 lux
Precisión	+/- 4 % de rango máximo
Cond. Ambientales	0 – 50°C



Ilustración 6.8.2 - Luxómetro estándar



6.8.3 SensorUVA - type_light

El sensor de luminosidad de los Smartphone consiste en un fotodiodo que opera según el mismo principio que un diodo LED, pero a la inversa, en lugar de generar luz cuando se le aplica voltaje, este sensor, genera un voltaje al incidir luz sobre él.



Ilustración 6.8.3 - TOOLBOX SENSORES / LUMINOSIDAD

En la pantalla mostraremos el nivel lumínico o iluminancia ambiental directa sobre el sensor y como soporte gráfico una barra con máximo y mínimo valor registrable con el sensor de su Smartphone [11] [13].

Los datos de grabación guardados en formato CSV contienen la siguiente información:

Tabla 6.8.2 - Excel de ejemplo - Grabación sensor LUMINOSIDAD - LumC.MEM.0205_152205

Instante (ms)	Latitud	Longitud	Luminosidad (lux):
25	-	-	13



Los archivos grabados por el sensor Ambiente tendrán como parte principal de su nombre, la palabra Lum. en caso de capturas instantáneas y LumC. en caso de grabaciones.

6.8.4 Ejemplo de uso – Luminosidad LED verde - potencia variable

Toma de datos de la intensidad lumínica de un LED verde variando la potencia que se le suministra de forma manual con una fuente eléctrica variable.

Resultados EXCEL – LumC.Verde.3005_165300.csv:

Tabla 6.8.3 - Datos parciales de ejemplo de LUMINOSIDAD

Instante (ms)	Latitud	Longitud	Luminosidad (lux):
25	-	-	13
126	-	-	13
227	-	-	13
328	-	-	13
429	-	-	13
530	-	-	13
632	-	-	13
732	-	-	13

Resultados GRÁFICA:



Ilustración 6.8.4 - Gráfica ejemplo LUMINOSIDAD - Luminosidad aumentando potencia eléctrica



6.8.5 Ejemplo de propiedades



Ilustración 6.8.5 - Información sobre Luminosidad - Smartphone de muestra - Sony Xperia X





6.9 TOOLBOX SENSORES - PROXIMIDAD

6.9.1 Física relacionada

No existe física relacionada directamente con la proximidad, aunque en el siguiente apartado se definirán los principios físicos que utilizan los sensores de proximidad.

6.9.2 Medidores de PROXIMIDAD

Un sensor de proximidad es un dispositivo capaz de recibir energía de naturaleza eléctrica, mecánica o acústica y transformarla en una señal que detecta objetos que se encuentren cerca del elemento sensor. Dependiendo del principio físico que utilice, tendremos varios tipos:

Sensor de proximidad CAPACITIVO: Basado en la propiedad capacitancia (facilidad de un cuerpo para mantener una carga eléctrica), por lo que su función consiste en señalar un cambio de posición, basado en una variación de una corriente eléctrica.

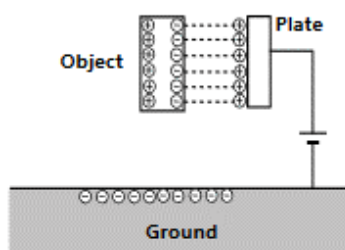


Ilustración 6.9.1 - Esquema de funcionamiento de sensor de proximidad capacitivo

Si aproximamos al condensador, cara activa del sensor, un objeto con una constante dieléctrica superior a la del aire ($\epsilon > 1$), se provoca una variación de su capacidad lo que ocasiona unas oscilaciones eléctricas en el circuito, avisando de la proximidad de un elemento metálico cerca.

Estos sensores son sensibles tanto por objetos conductores como por los no conductores.

Un objeto conductor forma un contra electrodo frente a la cara activa del detector, haciendo que la capacidad sea más grande que la de las placas libres del condensador. Se detectan a mayor distancia que los no conductores.

Un objeto no conductor, provoca un aumento de capacidad debido a la constante dieléctrica, por lo que los materiales con ϵ más elevada o en caso de las materias orgánicas por la cantidad de agua en su interior, se detectan desde mayor distancia.



Sensor de proximidad INDUCTIVO: Interruptores Electrónicos de característica estática, al igual que los sensores capacitivos, que actúan sin elementos electromecánicos. Mediante un circuito oscilante L.C. se genera un campo magnético variable por encima de la cara sensible. Si se introduce una pieza metálica en el rango del campo, se crean corrientes de Foucault que son registradas por el oscilador, haciendo que se produzca una disminución de la amplitud de las oscilaciones.

Forma de onda de la oscilación

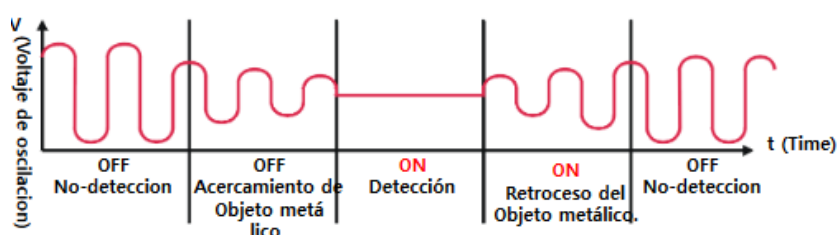


Ilustración 6.9.2 - Análisis del proceso de medida desde el punto de vista del oscilador

Se trata de dispositivos, como los sensores capacitivos, de una larga vida útil, gran precisión, sin desgastes con el tiempo debido a un funcionamiento nada mecánico y tamaño muy reducido.

Existen muchas variedades, siendo los más utilizados las versiones con alcance ampliado, resistentes a los campos magnéticos, para altas temperaturas, con temporización integrada etc.

Sensor de proximidad MAGNÉTICO: Se trata de un sistema de contactos o circuito simple cuyo accionamiento se ocasiona al aparecer un campo magnético dentro de su rango. Existen dos grandes modelos dependiendo de su modo de funcionamiento:

- Tipo Reed switch o interruptor de lengüeta: Conectores de materiales ferrosos dentro de un tubo de vidrio al vacío, en el que en presencia de un campo magnético se tocan o se separan.

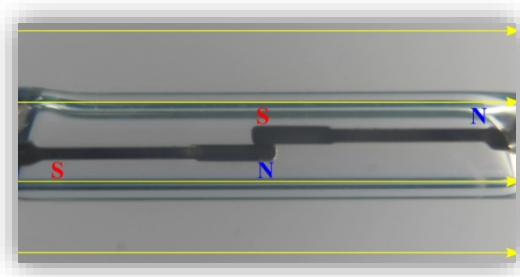


Ilustración 6.9.3 - Sensor de proximidad magnético tipo Reed Switch



- Magneto Inductivo: Formado por un detector magneto-inductivo con banda magnética, circuito oscilador y amplificador.

Estos sensores son capaces de detectar un objeto a través del vidrio o plástico y actuar en medios agresivos. Tienen un amplio campo de funcionamiento de entre 2 y 35 mT y una alta precisión.

Sensor de proximidad ULTRASÓNICO: Son otro tipo de interruptores electrónicos empleados para la detección de objetos sólidos o líquidos sin necesidad de mantener contacto físico entre ellos, siempre que los materiales sean capaces de reflejar ondas del sonido en su superficie.

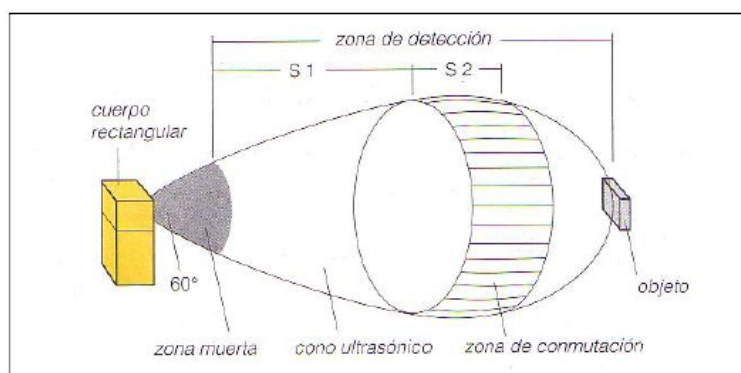


Ilustración 6.9.4 - Principio de funcionamiento del sensor de proximidad ultrasónico

Funcionan mediante el envío de impulsos ultrasónicos sobre un objeto reflectante. Dichas ondas sónicas, vuelven al detector después de un cierto tiempo, por lo que, si analizamos ese tiempo, conseguiremos una relación directa con la distancia.

En la ilustración se muestran los detectores de cuerpo rectangular, los cuales tienen la problemática de una zona muerta bastante grande, mientras que los de cuerpo cilíndrico tendrán una zona muerta y a su vez de detección más pequeña.

Se ven influenciados por la temperatura, la presión atmosférica y otros sensores ultrasónicos cercanos, pero aun así siguen siendo de los sensores con mayor alcance y teniendo una capacidad única de detección independientemente de los materiales o el color

Sensores de proximidad FOTOELÉCTRICOS (infrarrojos): Detectan objetos sin contacto físico de forma fiable y segura bloqueando o reflejando un haz luminoso, y a partir de una señal eléctrica muestran posibles cambios en el rango del sensor.



Se basan en la interacción FUENTE – RECEPTOR:

- *Fuente:* Emisor de luz del sensor. Históricamente empezaron siendo lámparas incandescentes, pero debido a su tendencia a fallar y la dificultad que suponía su sustitución, se optó por la tecnología LED (Diodo emisor de luz). Estos diodos son componentes electrónicos semiconductores que emiten luz al transmitirles una corriente eléctrica, esta luz puede ser visible o invisible según su longitud de onda. A su vez, la tecnología infrarroja también es de las más usadas en lugar del LED, debido a su rendimiento luminosos, larga vida útil e invariabilidad con la temperatura.
- *Receptor:* También llamado fotodetector o fototransmisor. Transforma la energía luminosa en una señal eléctrica utilizada para la alimentación de la carga.

De entre los modelos de este tipo de sensores, se destacan los siguientes:

1. *Sensores fotoeléctricos de barrera de luz:* Compuestos de un sensor dispuesto de manera en que la mayor parte del haz de luz enviado por el diodo incida sobre el receptor, es decir, se encuentran separados y enfrentados. La luz emitida por la fuente es del rango de longitud de onda rojo o infrarrojo. Cuando un objeto impide el paso del rayo, el sensor cambia de estado, notificándolo como una detección. El rango de este tipo, puede llegar desde los 5m hasta más de 200m, por lo que es el que más distancia puede abarcar además en atmósferas con suciedad y humedad. Por contrario son problemáticos a la hora de detectar materiales transparentes y en grandes distancias la alineación fuente/receptor puede ser imposible.
2. *Sensores retroreflectivos (normal o polarizado):* El emisor y el receptor se encuentran alojados en el mismo dispositivo, por lo que es necesario otro elemento para realizar la detección. Este elemento consiste en un espejo formado por muchos triángulos, de tal forma que cuando se incide un haz luminoso “independientemente” de su inclinación, este haz se refleja en muchas direcciones, posibilitando que el reflejo vuelva al dispositivo. Al igual de los de barrera de luz, una detección de proximidad será transmitida cuando el haz de luz lanzado no vuelva al receptor. Con este sensor se arreglan las problemáticas relacionadas con la alineación entre extremos de medida, por lo que puede usarse para entornos que reciban vibraciones o choques, en cambio, registra problemas para detectar objetos brillantes (para evitarlo, se puede colocar una lente polarizada como espejo reflector, aunque complique bastante el modo de operar con el sensor) y trabaja muy mal en entornos húmedos o contaminados, por eso, suele ser la alternativa al anterior modelo.



3. Sensor de reflexión directa: También llamado sensor de proximidad difuso, se trata del modo más complicado y el que con más probabilidades puede causar problemas inesperados. El emisor y el receptor se encuentran en el mismo dispositivo al igual que en los sensores retroreflectivos, pero a diferencia de estos, aquí no se utiliza ningún tipo de espejo reflector, sino que es la superficie de cualquier objeto que se encuentre en el rango. Por eso, para una buena detección con este tipo de sensores, es necesario ajustar muy bien la sensibilidad del mismo dependiendo de qué tipo de objetos queramos detectar y a qué distancia pensamos que van a estar. Su gran ventaja radica en que son capaces de detectar objetos hasta una distancia fijada, sea cual sea su color y además ignorando lo que exista en un plano posterior al estudiado. El problema clave es que es muy probable que ocurran fallos al exponer múltiples objetos con diferentes superficies de reflexión si no se calibra antes. Este tipo de sensores de proximidad son los que van montados en la mayoría de los Smartphone.

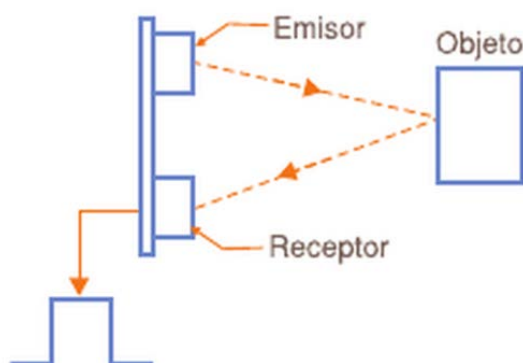


Ilustración 6.9.5 - Esquema de funcionamiento de un sensor de proximidad de reflexión directa

4. Sensores fotoeléctricos con fibra óptica: Este último tipo, recibe su nombre por utilizar un cable de fibra óptica tanto para llevar la luz emitida por la fuente como para devolver la luz llegada al receptor. Emisor y receptor también están contenidos en la misma carcasa y su funcionamiento es muy similar al sensor de reflexión directa, aunque normalmente se opta por este cuando se necesita detectar objetos en lugares de difícil acceso o para contabilizar pequeños objetos, por ejemplo, al paso por una cinta transportadora. La capacidad de estos sensores depende de la fibra elegida, su diseño geométrico y las propiedades de sus materiales [46].



6.9.3 SensorUVA - type_proximity

El sensor type_proximity tiene una función muy clara en los Smartphone, detectar la posición del teléfono respecto a la cabeza (oreja) del usuario al contestar una llamada, o al escuchar una nota de audio, para cambiar de modo de escucha y de altavoz.

Se trata de un sensor de proximidad de reflexión directa con respuesta binaria, es decir, solo detecta si hay objetos en el rango del sensor, pero no a qué distancia se encuentran, normalmente con rangos comprendidos entre 1 y 5 cm, aunque en la actualidad algunos dispositivos vienen superando esta marca.



Ilustración 6.9.6 - TOOLBOX SENSORES / PROXIMIDAD, pantalla principal, sensor apagado

La interfaz elegida, consiste en un cuadro que cambia de color según el estado en el que se encuentre el sensor

- Sensor apagado: GRIS
- Sensor encendido y sin detectar objeto: ROJO
- Sensor encendido y objeto detectado: VERDE

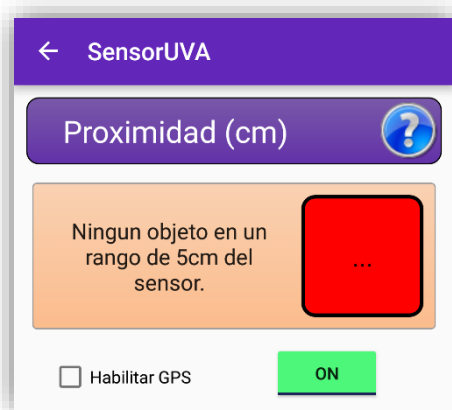


Ilustración 6.9.7 - TOOLBOX SENSORES / PROXIMIDAD, pantalla principal con el sensor encendido (sin detectar objeto)

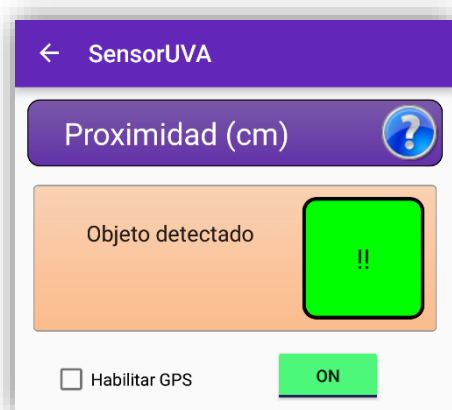


Ilustración 6.9.8 - TOOLBOX SENSORES / PROXIMIDAD, pantalla principal con el sensor encendido (detectando objeto)

Además, al encender el sensor el cuadro se acompaña de un texto en el que nos informa de cuál es el rango de su Smartphone.

El sensor suele ser visible en la parte superior de la pantalla del dispositivo cuando se expone a luz solar intensa. Visualmente es similar a un agujero debajo de un vidrio ennegrecido. Además, existe otra manera de encontrarlo, y es que, si con otro Smartphone miramos la parte donde se cree que está el sensor a través de la cámara, podemos ver la luz infrarroja que despide y el ojo humano no es capaz de ver de manera normal.

Consiste en un LED infrarrojo débil junto a un fotodetector. Este LED no se mantiene brillando continuamente, sino que se enciende y se apaga, y cuando se producen estos momentos de LED apagado el fotodetector se bloquea para la frecuencia dada por el emisor para que el sensor sea insensible a cualquier luz con frecuencias distintas.

Los LED típicos de sensores de proximidad operan a una longitud de onda de 900 nanómetros, más larga de lo que los humanos pueden ver (típicamente 750 nm), pero más corta que por ejemplo la utilizada en muchos mandos a distancia (alrededor de 1000 nm), y puede viajar a través del color negro sobre el cristal.

En algunos dispositivos es posible engañar al sensor sometiéndolos a una luz muy brillante, que sature el detector y así dar una lectura falsa [11] [13].

Los datos de grabaciones guardados en formato CSV contienen la siguiente información:



Tabla 6.9.1 - Excel de ejemplo - Grabación sensor PROXIMIDAD - ProC.MEM.0205_145249

Leyenda: Si dato = 0.0, es que el sensor ha detectado un objeto, en caso contrario el número que aparece corresponde con el rango del sensor y significara que no hay ningún objeto a dicha distancia (cm)

Instante (ms)	Latitud	Longitud	Detección
34	-	-	5
44	-	-	0

Los archivos grabados por el sensor Proximidad tendrán como parte principal de su nombre, la palabra Pro. en caso de capturas instantáneas y ProC. en caso de grabaciones.

6.9.4 Ejemplo de uso – Detector

Smartphone colocado en el suelo con el sensor apuntando hacia la hoja de una puerta cerrada. El objetivo será de detectar la apertura de la puerta gracias a la interferencia que hace sobre el sensor al moverse por delante de él:

Resultados EXCEL – ProC.Cuenta.2505_1703220.csv:

Tabla 6.9.2 - Datos parciales de ejemplo de PROXIMIDAD

Instante (ms)	Latitud	Longitud	Deteccion
29	-	-	5,00030518
129	-	-	5,00030518
230	-	-	5,00030518
331	-	-	0
431	-	-	0
531	-	-	5,00030518

Resultados:

Analizando los datos, podemos ver el tiempo que tarda la puerta en pasar por delante del sensor, el tiempo que está abierta y el instante en el que se cierra.

Para realizar medidas precisas con este sensor, es necesario seleccionar un intervalo de muestreo muy pequeño, debido a que el parpadeo del sensor hace muy complicado la detección de objetos que pasen a gran velocidad y con esto, conseguimos equilibrar sensiblemente la medida.



6.9.5 Ejemplo de propiedades



Ilustración 6.9.9 - Información sobre Proximidad - Smartphone de muestra - Sony Xperia X





7 PRÁCTICAS DE FÍSICA

Como se mencionó en el apartado 5.4 acerca de la estructura de la aplicación, se han añadido al trabajo tres guiones de prácticas adaptadas para su resolución mediante las herramientas dispuestas en la app SensorUVA. Su objetivo aparte de ilustrar conceptos de física consiste en enseñar a utilizar la aplicación, aportando ideas al usuario para realizar sus propias experiencias.

- Seguimiento de un ascensor

Práctica en ambiente informal.

Toma de datos de aceleración lineal y presión durante la subida de un número determinado de pisos en un ascensor. Resolución de la velocidad y distancia recorrida por el ascensor mediante varios procedimientos distintos de análisis de datos.

- Eficiencia de distintas fuentes ópticas

Práctica de laboratorio.

A partir de un montaje eléctrico simple, realización de una serie de medidas del nivel lumínico registrado por varias fuentes ópticas en función de un cambio de potencia eléctrica suministrada o de un cambio en la distancia entre la fuente y el sensor.

- Mapas de sonido

Prácticas en ambiente informal.

Toma de datos del nivel de presión sonora y tracking GPS durante un trayecto a pie para su posterior uso en la creación de un mapa de sonido real.





7.1 Práctica 1: SEGUIMIENTO DE UN ASCENSOR



Objetivo:

- Ilustrar conceptos sobre cinemática del movimiento rectilíneo. Posición, velocidad y aceleración reales.
- Ilustrar conceptos sobre presión ambiental y temperatura.
- Mostrar varias formas de resolver la misma problemática, en este caso, calcular la distancia entre distintos pisos que recorre un ascensor.

Fundamento teórico:

Cinemática del movimiento en una dimensión

1. Posición y desplazamiento:

Para describir cualquier movimiento, tenemos que tener claros los conceptos de posición y desplazamiento.

La posición de una partícula muestra su localización en el espacio, definida por coordenadas, en el caso que nos ocupa XYZ.

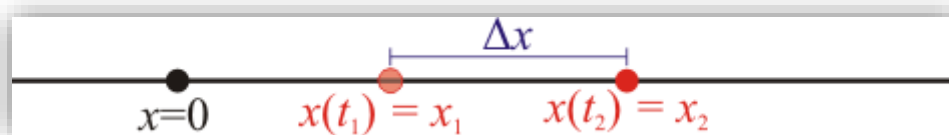


Ilustración 7.1.1 - Posición y desplazamiento de una partícula sobre el eje X

“La descripción del movimiento consiste en saber la posición de una partícula y cómo dicha posición cambia con el movimiento de dicha partícula” ¹. A esa variación de la posición se le denomina DESPLAZAMIENTO.

Es importante distinguir muy bien entre distancia recorrida y desplazamiento, siendo distancia la longitud del camino que una partícula sigue desde su posición inicial hasta su posición final, por tanto, es una magnitud que siempre es positiva.

¹ Física para la ciencia y la tecnología, Vol. 1: Mecánica, oscilaciones y ondas, termodinámica.



La unidad de desplazamiento en el SI es el m .

2. Velocidad:

Módulo de la velocidad media: Cociente entre la distancia total recorrida y tiempo total entre principio y final.

$$\text{módulo de la velocidad media} = \frac{\text{distancia total}}{\text{tiempo total}} = \frac{s}{\Delta t} \quad (1)$$

Velocidad media: tomando el desplazamiento en la dirección del eje X, la velocidad media se define como la razón entre el desplazamiento sobre el eje x y el intervalo de tiempo Δt .

Al igual que el desplazamiento, esta magnitud puede ser positiva o negativa.

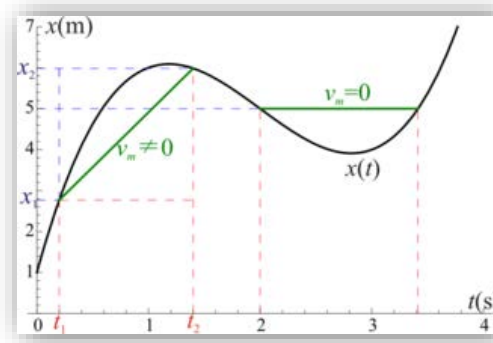


Ilustración 7.1.2 - Concepto de velocidad media

$$v_{m x} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i} \text{ por lo que } \Delta x = v_{m x} \times \Delta t \quad (2)$$

Velocidad instantánea: límite de la relación entre el incremento de posición y el incremento de tiempo cuando el incremento de tiempo tiende a cero.

$$v_x(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \text{pendiente de la línea tangente a la curva } x \text{ función de } t \quad (3)$$



Este límite se denomina derivada de posición respecto del tiempo, por lo que, utilizando la notación correspondiente, la ecuación nos quedará de la siguiente manera:

$$v_x(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt} \quad (4)$$

- o La velocidad tiene signo positivo si el valor de x está aumentando y negativo si está disminuyendo.
- o La velocidad puede ser nula (partícula en reposo).
- o En la gráfica de la posición frente al tiempo, la velocidad representa la pendiente de la recta tangente a la curva $x(t)$ en el punto $(t, x(t))$.
- o Si el estado es de reposo instantáneo esta tangente es horizontal. En ese momento usualmente la posición alcanza un máximo o un mínimo.

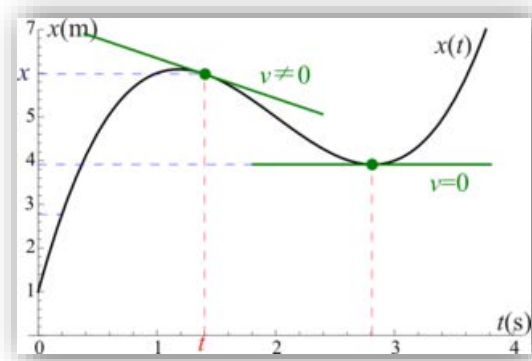


Ilustración 7.1.3 - Cálculo de la posición mediante la pendiente de la curva de velocidad

Conocida la velocidad en cada instante y la posición inicial, puede hallarse la posición instantánea, sumando los desplazamientos infinitesimales, esto es, integrando:

$$x = x_0 + \int_{x_0}^x dx = x_0 + \int_0^t v \times dt \quad (5)$$

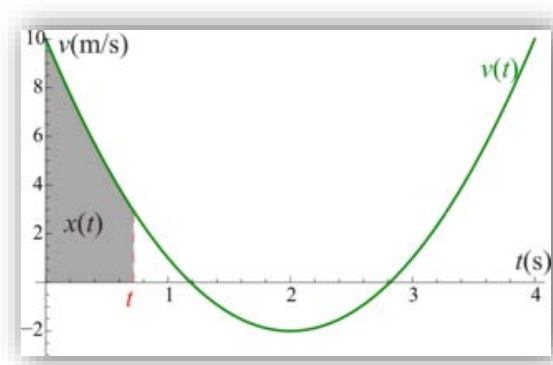


Ilustración 7.1.4 - posición a partir de la integral de la velocidad



La unidad de velocidad en el SI es el m/s , aunque también pueden usarse otras dependiendo del contexto del problema, como podría ser km/h , *nudos*...

3. Aceleración:

Definimos la aceleración como la tasa de cambio de la velocidad instantánea.

Aceleración media:

$$a_{m x} = \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = \frac{v_{f x} - v_{i x}}{t_f - t_i} \quad (\text{por tanto, } \Delta v_x = a_{m x} \times \Delta t) \quad (6)$$

Aceleración instantánea: Pendiente de la recta tangente a la curva $v(t)$ en el punto $(t, v(t))$. En un movimiento unidimensional, usamos los signos + y - para indicar el sentido.

$$a_x = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v_x}{\Delta t} \quad (7)$$

Por lo tanto, la aceleración es la derivada de la velocidad v_x respecto al tiempo:

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d(dx/dt)}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} \quad (8)$$

Si tenemos un movimiento con aceleración constante, su aceleración instantánea y su aceleración media coinciden.

Conocida la aceleración en cada instante y la velocidad inicial, se puede hallar la velocidad en cada instante por integración de la aceleración:

$$v_x = v_{0x} + \int_0^t a(t)_x dt \quad (9)$$



y la posición mediante la segunda integración:

$$x = x_0 + v_0 \times t + \int_0^t \left(\int_0^t a(t)_x dt \right) dt \quad (10)$$

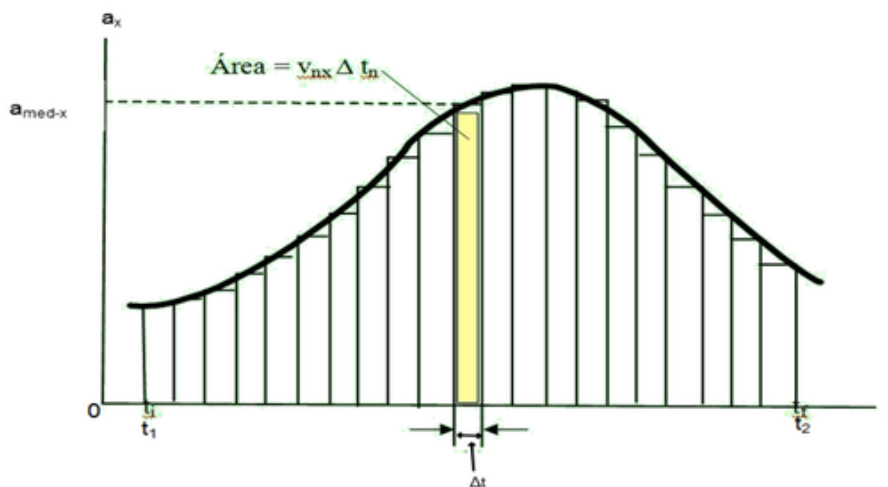


Ilustración 7.1.5 - Cálculo de la posición mediante integración de la curva de velocidad

Hablando de aceleración es importante tener claro que el signo de la aceleración de un objeto no indica si está aumentando o disminuyendo su velocidad. Para saberlo, tenemos que comparar los signos de la velocidad y la aceleración para el mismo instante de tiempo. Si ambas tienen el mismo signo, el módulo de la velocidad aumenta (acelera) mientras que si tienen distinto signo el módulo de la velocidad disminuye (frena).

- La aceleración tiene dimensiones de longitud dividida por tiempo al cuadrado, siendo su unidad en el SI el m/s^2 .
- En la gráfica $x(t)$, la aceleración está asociada a la concavidad de la curva. Donde la aceleración es positiva la gráfica es cóncava hacia arriba, y donde es negativa es cóncava hacia abajo.
- Una magnitud con dimensiones de aceleración que es especialmente importante es la aceleración de la gravedad en la superficie terrestre, cuyo valor estándar es, por definición:



$$g = 9.80665 \text{ m/s}^2 \quad (11)$$

Muchas aceleraciones se expresan como múltiplos de esta unidad, aunque dichas aceleraciones no estén relacionadas ella. Así, por ejemplo, para medir las aceleraciones laterales de un piloto de Fórmula 1 en una curva se dice, por ejemplo, “está sometido a una aceleración de 3g”.

4. Ejemplos de movimiento rectilíneo:

Dentro de los movimientos rectilíneos existen infinitos casos posibles, ya que cualquier función continua puede representar el movimiento de una partícula. Existen, no obstante, algunos casos particulares de interés:

UNIFORME

Un movimiento rectilíneo y uniforme (M.R.U.) es aquel que posee aceleración nula en todo instante. Integrando una vez obtenemos que la velocidad es constante y que la posición varía linealmente con el tiempo

$$v = v_0 \quad x = x_0 + v_0 \times t \quad (12)$$

La gráfica de la posición frente al tiempo es una recta cuya pendiente es igual a la velocidad. La gráfica de la velocidad frente al tiempo es una recta horizontal.

UNIFORMEMENTE ACELERADO

Un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (M.R.U.A.) es aquel que posee una aceleración constante, a_0 . La integración produce una velocidad que varía linealmente y una posición que lo hace cuadráticamente:

$$v = v_0 + a_0 \times t \quad x = x_0 + v_0 \times t + \frac{1}{2} \times a_0 \times t^2 \quad (13)$$



Gráficamente $x(t)$ posee forma parabólica, mientras que $v(t)$ es una recta de pendiente a_0 .

Hay que recalcar, porque es causa frecuente de errores, que esta fórmula solo se aplica al caso de que la aceleración sea constante. Si $a = a(t)$ habrá que hacer la integral y el resultado no será de esta forma.

Asimismo, si lo único que se conoce es la aceleración en un momento dado, tampoco se podrán aplicar estas fórmulas, ya que para poder integrar necesitamos conocer la aceleración durante todo un intervalo, no en un solo instante.

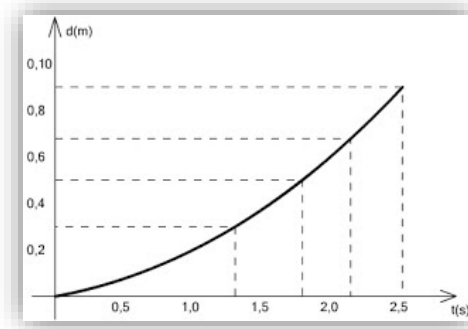


Ilustración 7.1.6 - Movimiento uniformemente acelerado en el eje X

Presión atmosférica

En física definimos la presión como el cociente entre la acción de una fuerza sobre la unidad de superficie:

$$Presión = \frac{Fuerza}{Superficie} \quad (14)$$

Extrapolando esto al concepto de presión atmosférica, tendremos que la presión es igual al peso de la columna de aire que tiene como base la unidad de superficie y como altura la de la atmósfera.

- **Presión atmosférica:** presión que ejerce la atmósfera que rodea la tierra sobre todos los objetos que se hallan en contacto con ella. La presión atmosférica cambia con la altitud, a mayor altitud menor presión atmosférica, un aumento en altitud de 1000 m representa una disminución de presión atmosférica de aproximadamente 100 hPa.

En lo referente a unidades, la primera unidad que se utilizó, históricamente, fue el “milímetro de mercurio” (mm Hg), debido al conocimiento de la presión de una columna de unos 760 mm, refiriendo las medidas a la misma. Fue usada en la construcción de los primeros barómetros.

Otra forma de cuantificar la presión atmosférica es por supuesto, la “atmósfera técnica” at, siendo la presión debida a la acción de un kilogramo fuerza sobre una superficie de un centímetro cuadrado.



No debe confundirse con la "atmósfera normal" o "atmósfera física" (atm), definida como la presión debida a una columna de mercurio de (exactamente) 760 mm, bajo condiciones predeterminadas. La equivalencia es 1 atm. = 1,033at.

Finalmente, la "baria", correspondiente a una fuerza de una dina actuando sobre una superficie de un centímetro cuadrado. Sin embargo, la baria resultaba demasiado pequeña para los fines prácticos, por lo que se decidió adoptar una unidad un millón de veces mayor: el "bar" (1 bar = 1.000.000 barias). En el campo específico de la meteorología, se hizo común el uso de la milésima de bar, el "milibar" (mb).

- **Presión atmosférica normalizada:** Presión ejercida por la atmósfera bajo condiciones normalizadas, igual a 1 013,25 hPa (760 mmHg). La cual idealmente se presenta a una altitud de 0 m sobre el nivel medio del mar, temperatura ambiente de 20 °C, humedad de 65 %HR y densidad del aire de 1,2 kg/m³.
- **Presión barométrica:** Presión atmosférica local más una corrección por la altitud geopotencial local. La presión barométrica oscila alrededor de la presión atmosférica normalizada (1 013,25 hPa).
- **Altitud:** Es la distancia vertical entre un punto situado sobre la superficie terrestre o la atmósfera y el nivel medio del mar.

Relación:

Altitud/presión/temperatura

A medida que uno asciende la presión atmosférica decrece. En capas bajas cerca de la superficie terrestre, la disminución de la presión con la altura es de aproximadamente 1hPa cada 8m. Esta relación va disminuyendo a medida que la altura aumenta.

H[m]	P[mm]	T[°C]	HUMEDAD RELATIVA	
20000	41.4			ESTRATOSFERA
18000	56.6	-55.0		
16000	77.5	-55.0		
14000	106.0	-55.0		
12000	145.0	-55.0		
10000	198.2	-50.0		
8000	266.9	-37.0		
6000	353.8	-24.0	5%	TROPOSFERA
5000	405.1	-17.5	10%	
4000	462.3	-11.0	20%	
3000	525.8	-4.5	30%	
2000	596.2	2.0	40%	
1500	634.2	5.2		
1000	674.1	8.5	60%	
500	716.0	11.8		
0	760.0	15.0	80%	

Ilustración 7.1.7 - Cuadro comparativo de altitud/presión/temperatura

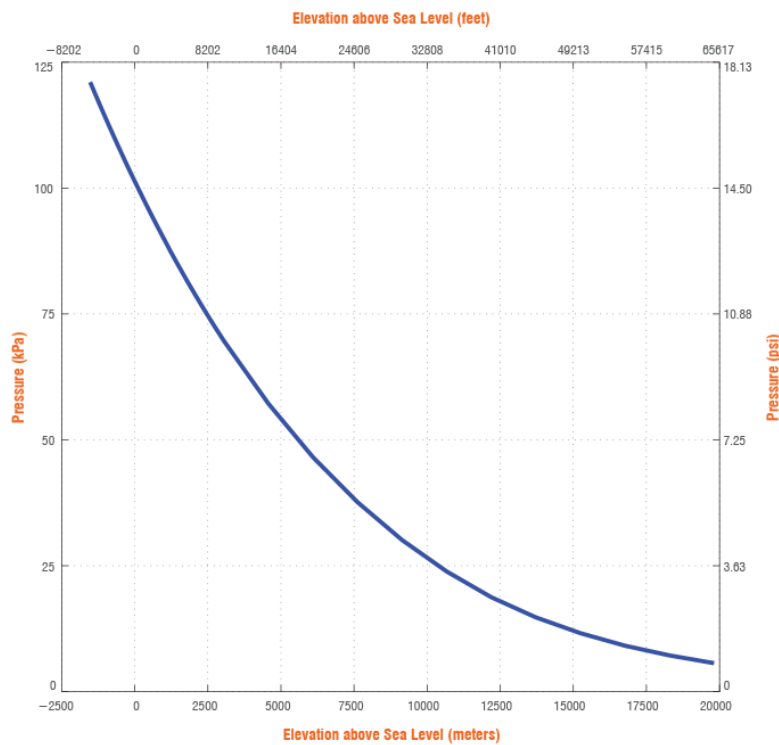


Ilustración 7.1.8 - Relación altura sobre el nivel del mar - Presión atmosférica

Debido al hecho de que las condiciones climáticas afectan los cálculos de presión y altitud, la presión y la temperatura en el nivel del mar deben ser conocidos. La altitud a una presión de aire dada se puede calcular usando la ecuación 14 para una altitud de hasta 11 km (36.090 pies).

$$h = \frac{T_b}{L_b} \times \left(\left(\frac{P}{P_b} \right)^{\frac{-R \times L_b}{g_0 \times M}} - 1 \right) \quad (15)$$

Siendo:

- h : Altura sobre el nivel del mar en metros.
- T_b : Temperatura en kelvin en el momento de la muestra.
- L_b : Relación entre temperatura (kelvin) y altitud (metros) = -0.0065 K/m
- P : Presión atmosférica en el momento de la muestra en pascales.



- P_b : Presión atmosférica al nivel del mar en pascales = 101325 Pa
- R : Constante universal de los gases = $8.31432 \left(\frac{N \times m}{mol \times K} \right)$
- g_0 : Aceleración de la gravedad = -9.83142 m/s^2
- M : Masa molar del aire = 0.0289644 kg/mol



Diseño y procedimiento experimental:

Para la realización de la práctica sólo necesitaremos la app SensorUVA disponible en Google-Play para la plataforma Android. Esta app nos permite recopilar datos de los distintos sensores que dispone nuestro Smartphone y guardarlos en formato Excel para su posterior análisis.

Descarga la app y acepta los permisos necesarios, Almacenamiento, Ubicación y Grabación de Sonido. Aunque para esta práctica en especial no sean necesarios todos ellos, solo es posible continuar si se aceptan, garantizando así el funcionamiento óptimo de la app.

Primero conozcamos las herramientas que vamos a utilizar, es decir, el sensor aceleración lineal, el de presión y la herramienta que nos permite grabar varios datos a la vez.

Dirígete a TOOLBOX SENSORES / ACELERACIÓN, aparecerá la siguiente pantalla.

Primero debemos encender el sensor pulsando el botón OFF, lo cual hará que cambie a la posición ON. Veremos que dicho botón pasa a ser de color verde y que los datos del cuadro naranja cambian de valor en tiempo real, esos valores que estamos viendo serán la aceleración lineal en los ejes XYZ de nuestro Smartphone medidos en m/s^2 , según el criterio mostrado en la siguiente imagen (criterio global).

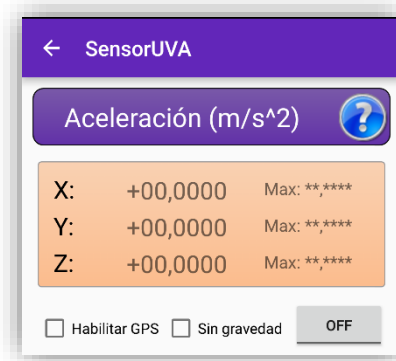


Ilustración 7.1.9 - TOOLBOX SENSORES / ACELERACIÓN – Vista parcial

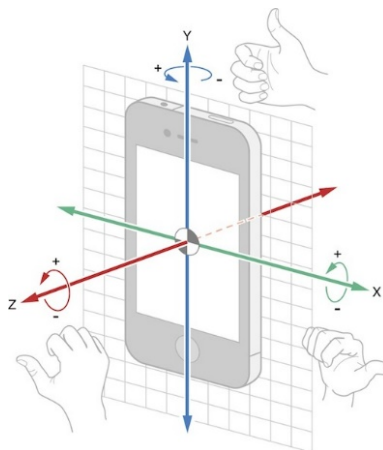


Ilustración 7.1.10 - Dirección y sentido de ejes SMARTPHONE



Ahora dirígete a TOOLBOX SENSORES / AMBIENTE, aparecerá la siguiente pantalla.

Procedemos de manera similar que en la pantalla de ACELERACIÓN. Esta vez nos mostrarán los valores de temperatura (°C), humedad relativa (%) y por último presión atmosférica (mbar), que será la que utilicemos para esta experiencia.

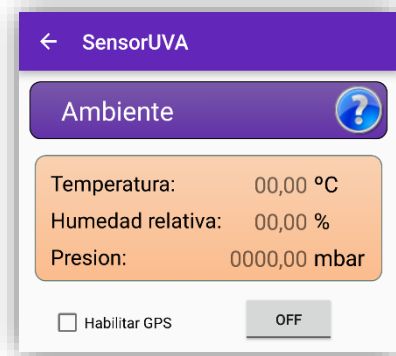


Ilustración 7.1.11 - TOOLBOX SENSORES / AMBIENTE - Vista parcial

Adquisición de datos:

Para empezar la experiencia, aunque vayamos a tomar medidas de aceleración y presión, no utilizaremos ninguna de estas dos herramientas de la app que se han mostrado anteriormente, ya que, si queremos hacer una sola medida con los datos de ambos simultáneamente, necesitamos usar una tercera herramienta integrada dentro de la aplicación, la herramienta de sensores simultáneos.

Dirígete a TOOLBOX SENSORES / MULTISENSOR, aparecerá la siguiente pantalla:

1. Selecciona los sensores “Aceleración” y “Ambiente”
2. Pulsa el botón OFF para activar los sensores.
3. Escribe un nombre para tu archivo, por ejemplo, “AscensorSubida”. El archivo generado será del siguiente tipo:

“MulC.AscensorSubida.1905_091533.csv”

Coincidiendo los números con la fecha y la hora del instante en que se tomó la muestra. En nuestro ejemplo sería el día 19 de mayo, a las 9 horas 15 minutos y 33 segundos. Esto servirá para que se pueda usar el mismo nombre para varias medidas distintas.



Ilustración 7.1.12 - TOOLBOX SENSORES - MULTISENSOR



4. Elige una duración en segundos para la grabación. No es preciso ajustar el tiempo, la app nos da la opción de finalizar la grabación cuando queramos.
5. Selecciona el intervalo de muestreo, para este caso, de 10ms entre muestras.
6. Sitúa el Smartphone en el suelo del ascensor, con la pantalla mirando hacia arriba, de esta manera, los datos de aceleración y deceleración serán recogidos por el eje Z.
7. Pulsa GRABAR. La toma de datos comenzará a los 3 segundos, en ese tiempo colócate en una posición fija y pon en marcha el ascensor hasta el piso que hayas decidido.
8. Para terminar, cuando hayas llegado al piso de destino y las puertas del ascensor se hayan abierto, pulsa el botón finalizar grabación, así se generará el archivo que más tarde usaremos para la experiencia.

Se tomarán varias medidas, subiendo y bajando, desde diferentes pisos, ya que a veces las muestras pueden estar perturbadas por algún movimiento inesperado del ascensor.

Para tomar otra medida, solo sería necesario pulsar otra vez el botón grabación.



Tratamiento de datos:

Una vez terminado el proceso de grabación necesitaremos disponer de los archivos en un ordenador. Para ello podemos:

- Conectar el Smartphone al ordenador mediante cable USB y acceder a la ruta de la tarjeta SD que se mostraba en la parte inferior de la pantalla MULTISENSOR escrita en rojo.
- Enviarlos por correo electrónico mediante SensorUVA. Situándonos en la pantalla principal, accede a BASE DE DATOS. Selecciona la opción naranja Sensores y pulsa el botón ENVIAR. Podemos buscar nuestros archivos directamente, pero en el caso de tener muchos, selecciona las opciones "Multisensor" y "Grabación" en los desplegables y así se filtrarán los archivos que estábamos buscando. Para enviar, pulsa sobre uno de ellos y su nombre aparecerá en el cuadro verde. Pulsa el botón enviar y el Smartphone te dará diferentes opciones para mandarlo por correo, SMS, WhatsApp, etc.

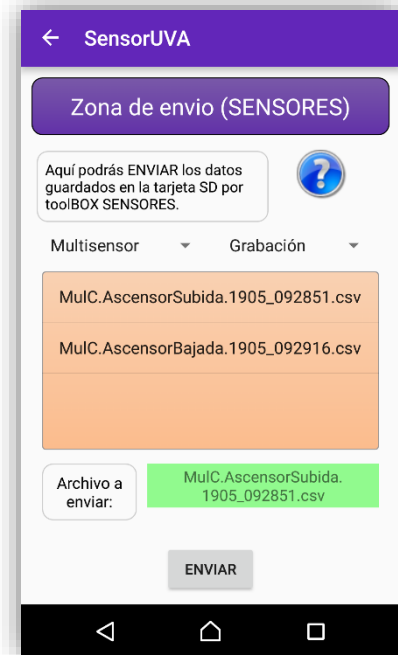


Ilustración 7.1.13 - BASE DE DATOS (Sensor) / ENVIAR

Instante (ms)	AceIX (m/s ²)	AceIY (m/s ²)	AceIZ (m/s ²)	Presion (mbar)
112	-0,3346	0,085	9,8743	927,64
155	-0,3322	0,1113	9,8743	927,64
230	-0,337	0,1065	9,8719	927,64
247	-0,337	0,1065	9,8719	927,64
263	-0,3274	0,0994	9,8623	927,64
283	-0,3274	0,0994	9,8623	927,64
296	-0,3274	0,0994	9,8623	927,64
316	-0,349	0,0802	9,8887	927,64
332	-0,349	0,0802	9,8887	927,64
349	-0,3154	0,1233	9,8599	927,64
366	-0,3154	0,1233	9,8599	927,64
385	-0,3513	0,0778	9,8791	927,64
400	-0,3513	0,0778	9,8791	927,64
418	-0,3513	0,0778	9,8791	927,64
435	-0,3083	0,0898	9,8647	927,64
451	-0,3083	0,0898	9,8647	927,64
471	-0,3442	0,0946	9,8647	927,64
488	-0,3442	0,0946	9,8647	927,64
499	-0,3442	0,0946	9,8647	927,64
522	-0,3298	0,085	9,9126	927,64
536	-0,3298	0,085	9,9126	927,64
554	0,3418	0,1137	9,8339	927,64

Ilustración 7.1.14 - Apariencia del archivo Excel generado.

Los archivos enviados por correo, son del tipo CSV, es decir, hojas de cálculo que pueden abrirse con el Excel. Pero existe un problema a la hora de trabajar con gráficas dentro de estos archivos, por lo que es recomendable copiar todo el contenido de este archivo a una hoja de Excel distinta o guardar el archivo mediante *Guardar como* a otra extensión tipo Excel más corriente.

Con el archivo en el formato adecuado, habríamos conseguido algo similar a lo mostrado en la ilustración 7.1.14.



Cálculo de la altura recorrida mediante ACELERACION:

Para lograr calcular una distancia a partir de la aceleración utilizaremos la columna de aceleración en el eje Z y el instante de tiempo del Excel generado por la app:

1. Haz un gráfico de aceleración Z en función del tiempo.

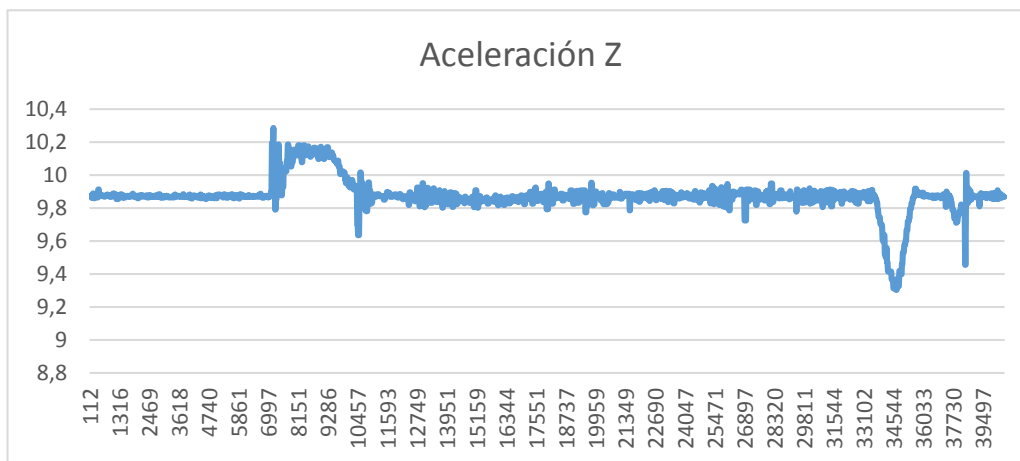


Ilustración 7.1.15 - Ejemplo de gráfica de aceleración lineal de un ascensor durante una subida

2. Calcula el valor medio de aceleración. Para ello aplica la función promedio a los valores comprendidos entre la parte de aceleración y deceleración de la muestra, en nuestro ejemplo, los datos situados entre los segundos 12 y 32.
3. Crea una nueva columna con los datos de aceleración restando el promedio resultante del apartado 2 a todos los valores.
4. Selecciona los datos correspondientes a la aceleración y deceleración del ascensor de la columna creada en el apartado 3. Estos corresponden a los puntos de “elevación” y “depresión” respecto del valor promedio, como se puede observar en la ilustración 7.1.15.
5. Una vez separados los datos, tendríamos las curvas de aceleración y deceleración, por lo que, tal y como se explicó al principio de la práctica, somos capaces de calcular la velocidad a la que sube o baja el ascensor, para así calcular la distancia que recorre.

Para calcular esto, podemos proceder de varias formas:



a) Integración directa:

Grificamos las partes de aceleración y frenada, utilizando las columnas de aceleración en el eje Z a las que habíamos restado el valor promedio.

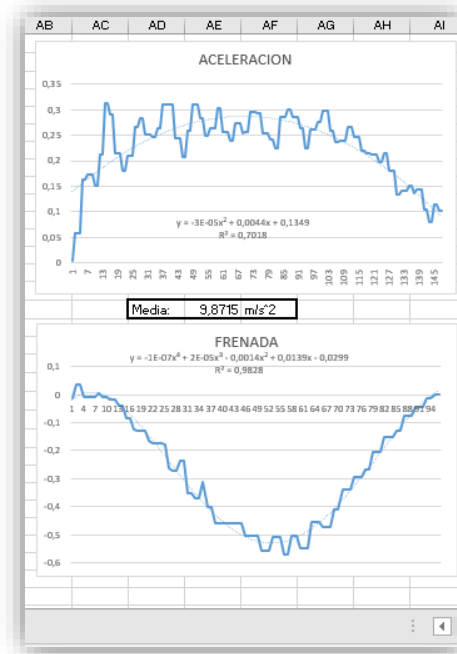


Ilustración 7.1.16 - Ejemplo de gráficas de aceleración y deceleración

Sacamos la línea de tendencia de ambas gráficas. Elige el tipo que mejor se adecue a la curva, en el caso ejemplo, ambas líneas de tendencia polinómicas de orden 2 y 4 respectivamente. De esta manera tendremos las ecuaciones que rigen ambas curvas.

Calculando las integrales de las curvas definidas entre el tiempo de comienzo y de fin de cada una conseguiremos la velocidad media de subida.

b) Suma de áreas bajo las curvas:

Dependiendo del ruido de la muestra, es decir, si el dibujo de las gráficas tiene picos o depresiones indeseadas, puede darse el caso de que la ecuación de la línea de tendencia no sea todo lo fiel que nos gustaría, por eso, podemos utilizar la siguiente aproximación.

Consiste en calcular el valor de la integral bajo la curva de las campanas a partir de la suma de pequeñas áreas de rectángulos que tienen como lado 1, el valor de la aceleración en el eje Z con el promedio restado, y como lado 2, el intervalo de tiempo entre una medida y la siguiente.



Para el caso aceleración y para facilitar el cálculo, estableceremos un intervalo constante dividiendo el tiempo empleado en dicha aceleración (diferencia entre comienzo y final) y el número de muestras que se han tomado en el proceso.

Después calculamos el sumatorio de la columna creada en el paso 4 que contenía los datos de aceleración en el eje Z de la parte de aceleración de subida con el promedio ya restado.

Por último, multiplicando el valor del intervalo aproximado con el del sumatorio, obtenemos el área bajo la curva, es decir el incremento de velocidad o el valor de la velocidad de subida “constante”.

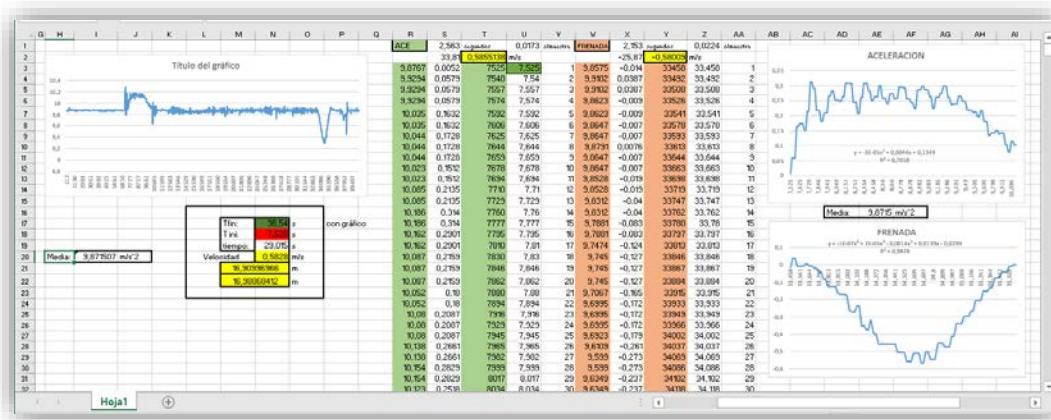


Ilustración 7.1.17 - Caso ejemplo del cálculo de la velocidad media y la distancia

Explicado para nuestro ejemplo, el ascensor está parado hasta el segundo 7.525 y la campana de aceleración dura hasta el segundo 10.088, por lo que la etapa de aceleración ha durado 2.563 segundos. Si calculamos la integral definida entre 0 y 2.563 segundos de la ecuación de la línea de tendencia o el sumatorio de la columna con la que hicimos el gráfico, el resultado es 0,585513842 m/s. Corresponderá con la variación de velocidad entre el instante 7.525 segundo y el 10.088 segundo. Sabiendo que el ascensor partía del reposo, esa sería la velocidad de subida del ascensor.

Si realizamos la misma operación con la curva de deceleración, nos debería salir el mismo valor (o uno muy similar, por posibles rebotes del ascensor) de velocidad, pero con signo contrario. Esto significa que el ascensor habría frenado por completo.



Para terminar el apartado, solo nos quedaría calcular la distancia, para ello solo hay que multiplicar el valor de la velocidad media por el tiempo transcurrido entre la campana de aceleración y deceleración.

Tfin:	36,54	s
T ini:	7,525	s
tiempo:	29,015	s
Velocidad	0,5828	m/s
	16,90996966	m
	16,98868412	m

Ilustración 7.1.18 - Cálculo de la distancia recorrida utilizando la aceleración.

Cálculo de la altura recorrida mediante PRESIÓN:

En esta parte de la práctica usaremos la columna de presión y la de temperatura de nuestro archivo generado por SensorUVA.

Realiza un gráfico lineal con los datos de dicha columna. En el caso de hacerlo con una subida entre varios pisos, el gráfico debe quedar como el siguiente, donde el eje X representa el tiempo en ms y el eje Y la presión atmosférica en mbar.

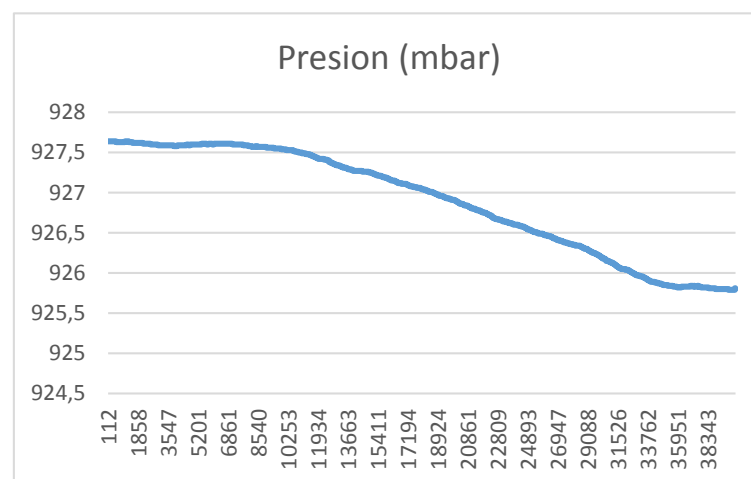


Ilustración 7.1.19 - Gráfico ejemplo - Ascensor subida planta baja a 6º piso



Podemos observar una caída de presión, lo cual implica que hemos ganado altura.

Como ya se explicó en la parte de fundamentos teóricos sobre la presión ambiental, usaremos la fórmula para calcular la altitud sobre el nivel del mar de la primera y la última muestra de presiones, usando como temperatura la media de todos los datos durante el trayecto.

Restando estas 2 alturas, obtendremos la distancia recorrida.

Cálculo de la altura recorrida mediante presión:			
Cálculo	Presión (mbar)	Pascales	Altura (m)
Inicio	927,64	92764	763,96
Fin	925,81	92581	780,9
Diferencia	1,83	183	16,94
1 bar = 100,000 Pa		1 mbar = 100 Pa	

Ilustración 7.1.20 - Cálculo de la altura recorrida utilizando la presión

Cálculo de la altura recorrida mediante DISTANCIAS:

Si el ascensor está situado en un edificio que disponga de escalera para subir a los diferentes pisos solo necesitaras medir la altura de un escalón y multiplicarla por el número de escalones que haya entre los pisos que hayas tomado la medida.

Para que esto sea preciso en distancias muy grandes, la medida del escalón debe ser exacta.

Cálculo de la altura recorrida mediante distancia:			
			Altura (m)
6 pisos (m)	16,94	6piso(108)esc	17,28
1 piso (m)	2,823	1piso (18)esc	2,88
		1 escalon	0,18

Ilustración 7.1.21 - Cálculo de la distancia recorrida utilizando la medida de los escalones



Entrega de resultados:

Calcular la altura recorrida con los 3 métodos recomendados, adjuntando:

- Gráfica de presión – tiempo.
- Gráfica de aceleración Z – tiempo de toda la muestra.
- Dos gráficas de aceleración Z – tiempo, sesgada a la campana de aceleración y deceleración.
- Cálculo de la velocidad media de subida, mediante resolución de integrales o suma de áreas bajo las curvas.
- Justificar las causas de la posible existencia de diferencias entre valores de altitud calculados.

Bibliografía de ayuda:

Libro: Física para la ciencia y la tecnología, Vol. 1: Mecánica, oscilaciones y ondas, termodinámica, TIPLER MOSCA. Editorial: Reverte. 6ª edición.

Libro: Lecciones de Física, Mecánica 2. Autor: M.R. Ortega. Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Córdoba. 9ª Edición, enero 2006.

Web: MIDE, Engineering Smart Solutions – Air Pressure at Altitude Calculator.
<https://www.mide.com/pages/air-pressure-at-altitude-calculator>

Web: Apuntes sobre velocidad y aceleración. Gráficos.
[http://laplace.us.es/wiki/index.php/Cinem%C3%A1tica_del_movimiento_rectil%C3%ADneo_\(GIE\)](http://laplace.us.es/wiki/index.php/Cinem%C3%A1tica_del_movimiento_rectil%C3%ADneo_(GIE))

Apuntes: Interpretación del área bajo la curva (Unidad 9). Departamento de Matemáticas del I.E.S. Pedro de Ursúa.





7.2 Práctica 2: EFICIENCIA DE DISTINTAS FUENTES ÓPTICAS



Objetivo:

- Aprender a medir la eficacia luminosa y la eficiencia de varias fuentes luminosas (bombilla, halógeno y LED).
- Definir la relación entre potencia eléctrica consumida y luminosidad.
- Definir la relación entre distancia al detector y luminosidad respecto la longitud de onda de la muestra.
- Concienciar sobre términos de sostenibilidad y propagación lumínica.

Fundamento teórico:

La física define la *luz* como una forma de radiación electromagnética, llamada energía radiante, con capacidad de producir una sensación visual excitando la retina de los ojos.

Características de la luz:

- Amplitud o altura de la onda.
- Longitud de onda medida en nm.
- Velocidad: “C” distancia que recorre la onda electromagnética en un segundo, medida en km/h.
- Frecuencia o comportamiento temporal medida en hz, siendo el número de ondas que pasan por un punto fijo durante un segundo.

Iluminancia (E) o NIVEL LUMÍNICO: flujo luminoso recibido por una superficie determinada. Utilizado para medir la incidencia de la luz sobre dicha superficie.

$$E = \frac{\phi}{A} \quad (1)$$

La unidad de medida de la iluminancia es el Lux, equivalente a un lm/m^2 . En el caso de una fuente puntual, el flujo luminoso se propaga en todas las direcciones y se distribuye sobre una superficie esférica. La iluminancia medida



con un detector de puntos es aproximadamente igual a la densidad de flujo luminoso proyectada por la fuente óptica. Así, la iluminancia puede expresarse como:

$$E = \frac{\phi}{4 \pi D^2} \quad (2)$$

Emitancia luminosa (M): Usado para medir la luz emitida por una superficie radiante. Su unidad de medida también es el lux.

Flujo luminoso (ϕ): Parte de la potencia radiante total emitida por una fuente de luz que es capaz de afectar el sentido de la vista. Es distinta de la potencia total emitida debido a que está ajustada para reflejar la sensibilidad del ojo humano dependiendo de diferentes longitudes de onda. Se mide en lúmenes (lm).

El lumen se define por comparación con una fuente patrón reconocida internacionalmente, siendo el flujo luminoso (Potencia radiante visible) emitido desde una abertura de $1/60 \text{ cm}^2$ de una fuente patrón e incluido dentro de un ángulo sólido de 1 sr .

También se define mediante la unidad básica de medida de la luz, la candela (cd).

$$lm = cd \cdot sr \quad (2)$$

Intensidad luminosa (I): Flujo luminoso ϕ emitido por unidad de ángulo sólido Ω . La unidad de intensidad es el lumen por estereorradián (lm/sr), llamada candela.

$$I = \frac{\Omega}{\phi} \quad (3)$$

Eficacia luminosa (η): Determinada por una ecuación que expresa la relación entre el flujo luminoso (ϕ) y la potencia eléctrica (P), por lo que se mide en lúmenes por vatio (lm/W):



$$\eta = \frac{\phi}{P} \quad (4)$$

Eficiencia luminosa (%): Relación entre la eficacia luminosa y la máxima emisión de luz teórica, siendo esta 683 lm/W definida a $\lambda = 555 \text{ nm}$. Se escoge esta longitud de onda debido a que es aquella en la que el ojo humano es más sensible.

$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{\eta}{683} \quad (5)$$



Diseño y procedimiento experimental:

- Smartphone con la app SensorUVA.
- Varias fuentes luminosas distintas:
 - Bombilla.
 - Halógeno.
 - LED RGB.
- Fuente de alimentación variable o reóstato.
- Banco óptico, montaje móvil calibrado para medir distancia.
- Voltímetro.
- Amperímetro.

Opcional: Luxómetro calibrado para realizar comparativas.

Se propone el montaje simple mostrado en la ilustración 7.2.1, colocando la fuente óptica conectada a la fuente de alimentación variable o a una fuente de alimentación conectada a un reóstato para controlar la energía eléctrica que se le proporciona. Alineando el centro del sensor de luz ambiental del Smartphone frente a la fuente óptica para conseguir mejores resultados.

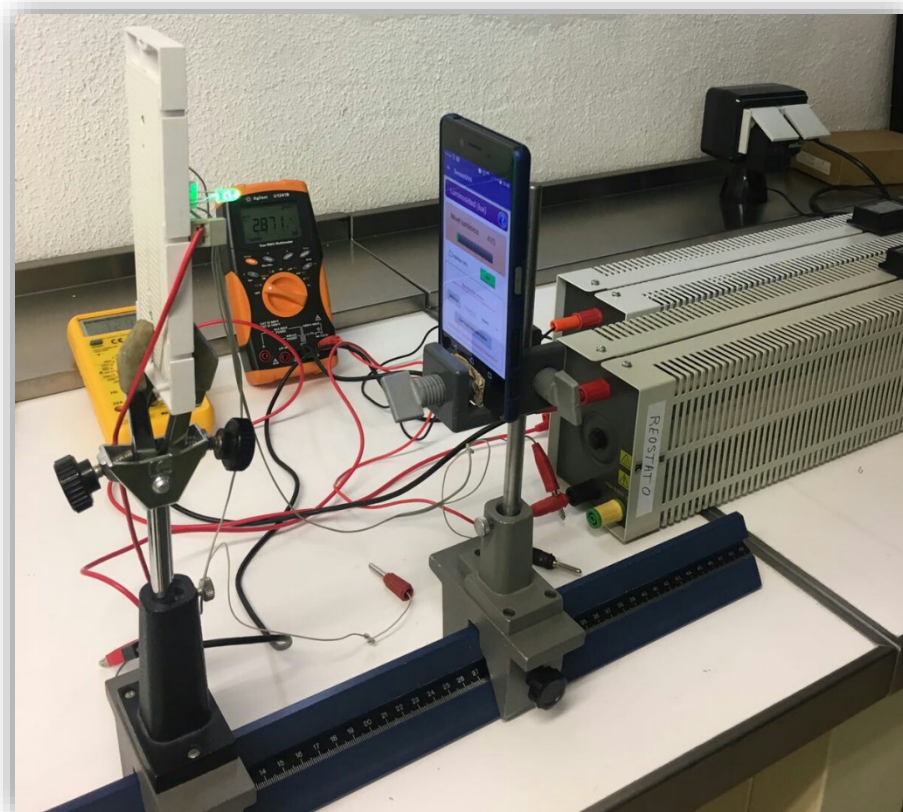


Ilustración 7.2.1 - Propuesta de montaje con dos reóstatos para regular la potencia eléctrica



Colocaremos también el voltímetro en paralelo a la fuente luminosa y el amperímetro en serie entre la resistencia y la entrada a fuente de alimentación, según el siguiente diagrama:

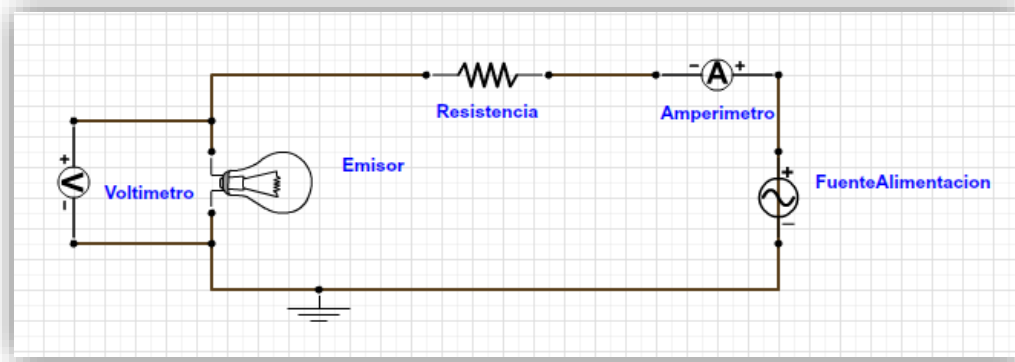


Ilustración 7.2.2 - Esquema del montaje

Para el montaje tipo LED se propone un sistema similar al de la ilustración 7.2.3, en el que se ha añadido una resistencia extra al montaje en que el LED emite luz roja para evitar posibles problemas a intensidades altas, debido a su sensibilidad.

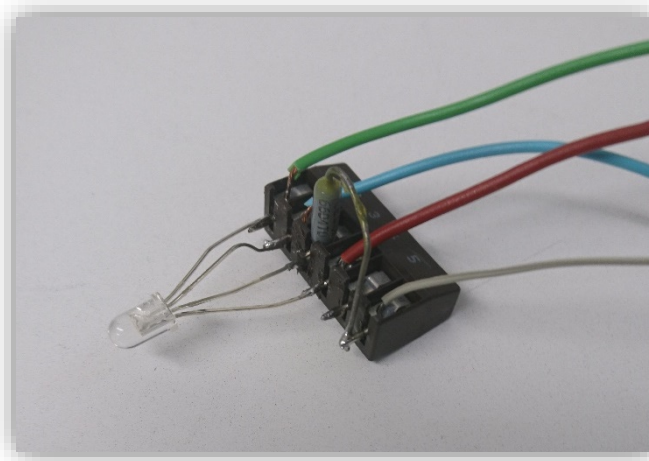


Ilustración 7.2.3 - Montaje LED RGB



App SensorUVA

Esta app nos permite recopilar datos de los distintos sensores que dispone nuestro Smartphone y guardarlos en formato Excel para su posterior análisis.

Descarga la app y acepta los permisos necesarios, Almacenamiento, Ubicación y Grabación de Sonido. Aunque para esta práctica en especial no sean necesarios todos ellos, solo es posible continuar si se aceptan, garantizando así el funcionamiento óptimo.

Para esta práctica utilizaremos las herramientas relacionadas con la luminosidad, así que dirígete a TOOLBOX SONIDO / LUMINOSIDAD y la siguiente pantalla.



Ilustración 7.2.4 - TOOLBOX SENSORES / LUMINOSIDAD

Al pulsar el botón OFF, el sensor se activará, cambiando dicho botón a ON y mostrándonos por pantalla la iluminancia o nivel lumínico registrado por el sensor de luz ambiental en tiempo real.

Podemos realizar capturas de datos de forma instantánea o grabar durante un tiempo determinado para muestras continuas en el tiempo.



Captura instantánea: Este modo nos permite grabar un dato del nivel lumínico tomado por el sensor en tiempo real, justo en el instante en el que se quiera.

Para ello, escribe un nombre para el archivo que se guardará y con el sensor en funcionamiento pulsa el botón CAPTURA INSTANTÁNEA.

El archivo del tipo TXT se guardará en la tarjeta SD del Smartphone con un nombre similar al siguiente: "Lum.NombreDelArchivo.1905_091533.txt".

Donde NombreDelArchivo será el que hayas introducido antes, seguido de la fecha en formato ddMM_hhmmss, siendo en nuestro ejemplo el día 19 de mayo a las 9 horas 15 minutos y 33 segundos. De este modo, puedes permitirte capturar varios datos con el mismo nombre introducido, porque la hora será diferente entre ellos.

Grabación: Esta opción nos será útil cuando necesitemos una serie de datos continuados en el tiempo. Escribe el nombre como en las capturas instantáneas y el tiempo que queramos que dure la toma de datos. En caso de no estar seguro durante cuánto tiempo necesitamos que grabe, introduce un tiempo con un buen margen superior ya que la aplicación nos dejará parar la grabación cuando queramos guardando los datos tomados hasta el momento.



Ilustración 7.2.5 - TOOLBOX SENSORES / LUMINOSIDAD - Grabación en proceso



Selecciona el intervalo de muestreo (ms/muestra) entre los preestablecidos, si la opción elegida es 10 o 25 ms/muestra, será recomendable activar el modo avión antes de empezar la grabación. Por último y con el sensor encendido, pulsa el botón GRABAR, esto activará una cuenta atrás de 3 segundos tras la cual empezará la grabación.

Antes de comenzar el experimento, necesitas localizar donde está situado el sensor en el Smartphone, normalmente se encontrará en la parte superior de la pantalla cerca de la cámara frontal. Para ello mueve la mano tapando zonas donde creas que puede estar hasta dar con él. Este paso es necesario porque para la toma de medidas fiables, la fuente emisora de luz debe estar alineada con dicho sensor y no con la pantalla del dispositivo.

Adquisición de datos:

Empezaremos conectando la fuente luminosa elegida a nuestra fuente de alimentación. Para conseguir mejores resultados es preferible situar el experimento en un entorno oscuro o con luminosidad constante, de esta forma la luz ambiente no interferirá en la medida.

1. Modificando la potencia eléctrica suministrada a la fuente luminosa:

Para esta parte, la distancia entre la fuente y el sensor debe ser la misma, por ello, el valor D será constante.

Ahora, tomaremos medidas modificando la potencia de la fuente de alimentación variable de los datos del voltímetro, amperímetro y Smartphone:

Tabla 7.2.1 - Toma de datos de Potencia e iluminancia variables, distancia fija.

Muestra	Voltaje (V)	Intensidad (A)	Iluminancia (lux)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
$R \text{ o } \alpha =$			



Para terminar, realiza una grabación de los datos de iluminancia variando la fuente de alimentación desde el valor de la primera muestra hasta la última, incrementado la potencia de modo constante. El intervalo de muestreo recomendado será de 10 ms/muestra y el tiempo el necesario para reunir todos los datos.

Se recomienda variar la potencia de manera constante para que la medida sea uniforme.

2. Modificando la distancia entre la fuente luminosa y el sensor:

Ahora, mantendremos el voltaje y la intensidad suministradas y variaremos la distancia entre el sensor y la fuente luminosa. Ajustamos la potencia eléctrica a un valor deseado y tomamos muestras en la siguiente tabla:

Tabla 7.2.2 - Toma de datos de Distancia e iluminancia variables, potencia fija.

Muestra	Distancia (m)	Iluminancia (lux)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

V =
I =

Para terminar, realiza una grabación de los datos de iluminancia variando la distancia desde el valor de la primera muestra hasta la última, incrementado dicha distancia de modo constante. El intervalo de muestreo recomendado será de 10 ms/muestra y el tiempo el necesario para reunir todos los datos.

Repite estos pasos para todas las fuentes luminosas, bombilla, halógeno y distintos LED.

**En caso de disponer de un luxómetro calibrado, añadir una columna a las tablas 7.2.1 y 7.2.2 con los datos de iluminancia reales.



Entrega de resultados:

Para cada fuente luminosa y modo de toma de muestras (distancia variable – potencia variable) se pide:

- Tablas con datos:
 - Área (m²).
 - Potencia eléctrica (W).
 - Flujo luminoso (lm).
 - Eficacia (lm/W).
 - Eficiencia (%).

Tabla 7.2.3 - Medidas LED RGB polarizado en verde - Experiencia 1 - Potencia variable

LED		VARIABLE				0,15	m, entre la fuente y el dispositivo.			
VERDE		V	A	W	LUX	FIJO	M ²	LM	LM/W	%
Ángulo	Muestra	Voltaje	Intensidad	POTENCIA	Iluminancia	Distancia	AREA	FLUJO	EFICACIA	EFICIENCIA
50	1	2,62	0,0007	0,001834	58	0,15	0,03843904	2,22946452	1215,62951	1,77983823
50	2	2,72	0,002	0,00544	137	0,15	0,03843904	5,26614895	968,042086	1,41733834
50	3	2,77	0,00305	0,0084485	198	0,15	0,03843904	7,6109306	900,861762	1,31897769
50	4	2,8	0,00408	0,011424	261	0,15	0,03843904	10,0325903	878,202936	1,28580225
50	5	2,84	0,00597	0,0169548	372	0,15	0,03843904	14,2993242	843,379111	1,23481568
50	6	2,87	0,00729	0,0209223	446	0,15	0,03843904	17,1438134	819,40386	1,19971283
50	7	2,9	0,00946	0,027434	560	0,15	0,03843904	21,5258643	784,641843	1,14881675
50	8	2,95	0,0122	0,03599	697	0,15	0,03843904	26,7920133	744,429377	1,08994052
50	9	2,97	0,0137	0,040689	771	0,15	0,03843904	29,6365025	728,36645	1,06642233
50	10	3,01	0,01617	0,0486717	921	0,15	0,03843904	35,402359	727,370505	1,06496414
50	11	3,06	0,0214	0,065484	1101	0,15	0,03843904	42,3213868	646,285914	0,94624585
50	12	3,07	0,0226	0,069382	1157	0,15	0,03843904	44,4739733	641,001603	0,93850894
50	13	3,11	0,0262	0,081482	1283	0,15	0,03843904	49,3172927	605,253832	0,88616959
50	14	3,14	0,0299	0,093886	1421	0,15	0,03843904	54,6218807	581,789412	0,85181466
50	15	3,17	0,0339	0,107463	1569	0,15	0,03843904	60,3108591	561,224413	0,82170485

- Gráfica de la relación Potencia eléctrica suministrada e Iluminancia con los datos de todas las fuentes luminosas estudiadas en el apartado 1.
- Gráfica de la relación Distancia entre sensor y fuente e Iluminancia con los datos de todas las fuentes luminosas estudiadas en el apartado 2.



Como comparativa entre fuentes luminosas, entregar también, de todos los datos:

- Gráfica de la relación Potencia eléctrica suministrada – Eficiencia luminosa.
- Gráfica de la relación Distancia sensor a fuente luminosa – Eficiencia luminosa.

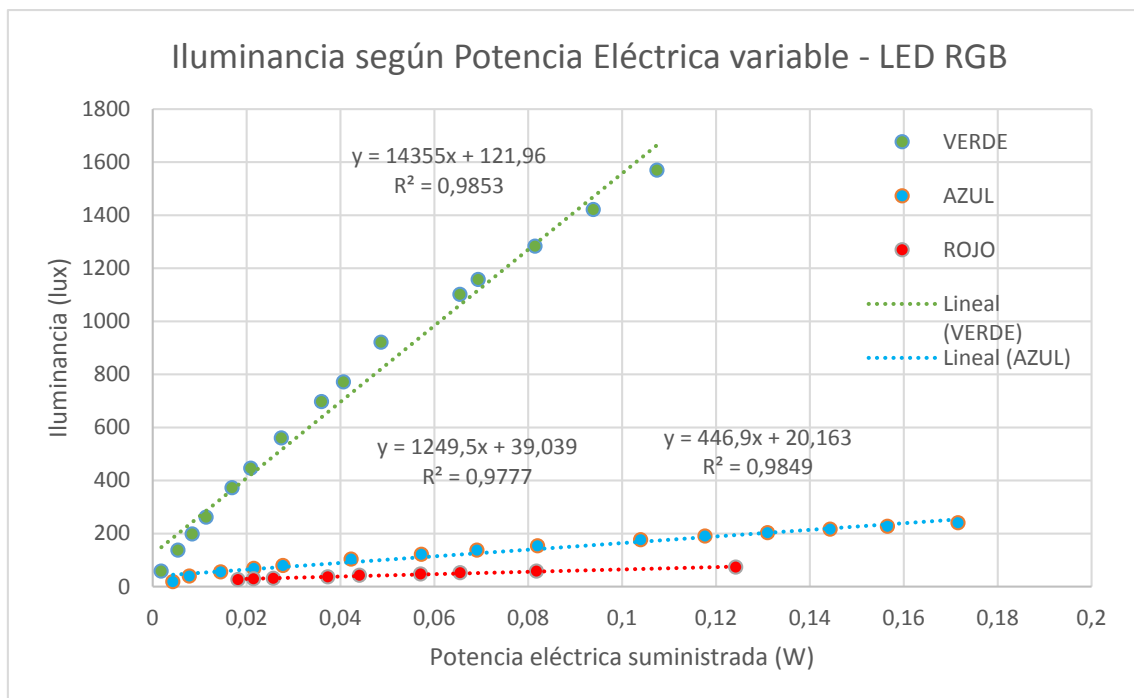


Ilustración 7.2.6 - Iluminancia según potencia eléctrica variable - LED RGB

- Si se dispone de un luxómetro calibrado, realizar una gráfica comparativa de los datos de luminosidad de ambos medidores para distintos tipos de fuentes luminosas.

NOTA:

En la fórmula 2, dependiendo del tipo de fuente luminosa que hayamos utilizado en las medidas, tomaremos el área como:

$$A = 4 * \pi * D^2 \quad \text{en el caso de bombillas o halógenos}$$

$$A = 2 * \pi * D^2 * \tan \alpha \quad \text{en el caso de los LED}$$



Siendo D la distancia entre sensor y fuente luminosa en metros y α el ángulo de exposición del LED, dicho dato lo podremos encontrar en las especificaciones del mismo.

Esta distinción en la fórmula se debe a la aproximación de las fuentes luminosas como puntuales, en las cuales las ondas se propagan según la fórmula de la superficie de una esfera.

EXTRA:

Tabla 7.2.4 - Data Sheet del LED utilizado para la experiencia de prueba

Tipo de Paquete	5 mm (T-1 3/4)
Tipo de Montaje	Montaje en orificio pasante
Número de LEDs	3
Tensión Directa	2,5 V a 4 V
Intensidad Luminosa	900 mcd, 1300 mcd, 3600 mcd
Número de Pines	4
Ángulo de Exposición	50 °
Forma de la Lente	Redonda
Longitud de Onda Predominante	465 / 525 / 630 nm
Dimensiones	5 (Dia.) x 8.6mm
Material del LED	AlGaInP, InGaN
Color de la Lente	Transparente

Basado en:

Artículo científico: *Determining the efficiency of optical sources using a smartphone's ambient light sensor* - J A Sans1 J Gea-Pinal, M H Gimenez, A R Esteve, J Solbes and J A Monsoriu, Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño, Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Universitat de València.

Bibliografía de ayuda:

Publicación: Diseño de iluminación (Física de la luz). Autor: Eli Sirlin. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires. Texto extraído y corregido del libro: La luz en el teatro – Manual de iluminación de Eli Sirlin.

Libro: Óptica Instrumental. Autores: Joan Antó, Nuria Tómas. Editorial: UCP. Primera edición año 1998.





7.3 Práctica 3: MAPAS DE SONIDO

Objetivos:

- Creación de mapas calibrados a escala de experiencias reales tomando datos in situ para su posterior análisis e interpretación.
- Aprendizaje a través de la toma de muestras en ambientes informales.
- Concienciación sobre contaminación acústica.

Fundamento teórico:

Se define decibelio como la unidad relativa que expresa la relación entre dos magnitudes acústicas, la magnitud de estudio y la referencia, es decir, expresan una razón entre cantidades, no una cantidad.

No se trata de una expresión de tipo lineal, ya que el oído humano posee una sensibilidad a las variaciones de intensidad que se aproxima a una escala logarítmica, por eso el decibelio es la magnitud perfecta para cuantificar la intensidad del sonido. El dB (decibelio) es apto para tasar el sonido que advierten los seres humanos.

El umbral de audición humana está estipulado en 0 dB (presión de 20 micro pascales) ya que el decibelio es una unidad relativa, aunque está demostrado que varía según cada sujeto. Por el contrario, el denominado “umbral de dolor” está considerado a partir de los 140 dB.

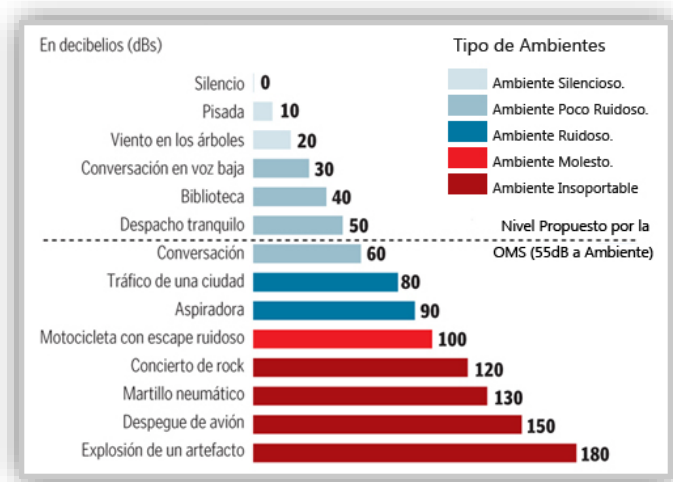


Ilustración 7.3.1 - Gráfico orientativo sobre nivel de decibelios

El nivel de intensidad de sonido β , se mide según la siguiente ecuación, siendo $I_0=10-12 W/m^2$ aproximadamente el umbral de la audición humana a 1000 Hz, y presión acústica $P_0=20 \mu P$:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} = 20 \log \frac{P}{P_0} \quad (1)$$

Una intensidad de $1 W/m^2$ corresponde a 120 dB.



Debido a que el oído humano no es capaz de registrar todas las frecuencias de sonido, existen distintos tipos de medidores de nivel de sonido que ponderan la señal modificándola según sus frecuencias.

- **Decibelio A (dBA):** Filtra las bajas y altas frecuencias, inaudibles para los seres humanos, dejando así en la muestra las más dañinas para nuestros oídos, por lo que es una excelente medida del indicador del riesgo auditivo.
- **Decibelio C (dBC):** Similar a dBA, pero permitiendo tomar medidas a altas frecuencias. La ponderación C se utiliza mediante la comparación de mediciones con la ponderación A. Por ejemplo, la ponderación C ayuda al hacer cálculos sobre los protectores auditivos y sobre la reducción de la calificación de ruido.

Sobre las unidades, el decibelio es adimensional y relativo, por lo que necesitamos especificar a qué magnitud se refiere la medida antes de intentar cuantificar valores absolutos:

- **dB SPL:** Hace referencia al nivel de presión sonora, donde P es la presión a calcular y P_r la referencia ($20\mu\text{Pa}=0,00002\text{ Pa}$). Cuando doblamos la distancia a la fuente se reducen 6 dB SPL. Cuando nos acercamos a la mitad sumamos 6 dB SPL.

$$20 \log \frac{P}{P_0} \quad (2)$$

- **dBFS:** Decibelios a escala completa (Decibels Full Scale). Uso recomendado como escala en sistemas digitales que presentan un nivel máximo de amplitud disponible. Cuando se alcanza ese máximo de referencia, todos los valores pasan a ser negativos.

$$20 \log \frac{\text{media}}{\text{referencia}} \quad (3)$$

Para medir el nivel sonoro disponemos de los sonómetros. Estos aparatos nos permiten conocer el nivel de presión sonora o SPL.



Ilustración 7.3.2 - Sonómetro

Localización GPS

Definiremos como coordenadas geográficas el par de puntos necesarios para la localización de un lugar sobre la superficie terrestre, formado por la intersección de un paralelo (que nos señala la Latitud desde 0° hasta 90° hacia el norte o el sur) y un meridiano (que nos señala la longitud desde 0° hasta 180° hacia el este o el oeste).

La red GPS emplea una red de 24 satélites, 32 en total, contando con los satélites adicionales que mejoran la precisión en órbita. Cubren toda la superficie de nuestro planeta, de tal forma que, desde cualquier punto en el que nos encontremos, podamos tener línea de visión directa con un mínimo de 4 satélites.

A partir de esa base, cuando nuestro Smartphone quiera localizarnos, se conectará a esta red con la mayor cantidad de satélites posibles, obteniendo una serie de datos y utilizando la triangulación inversa, averigua la distancia de cada satélite respecto a nuestra posición para situarnos en el mapa.

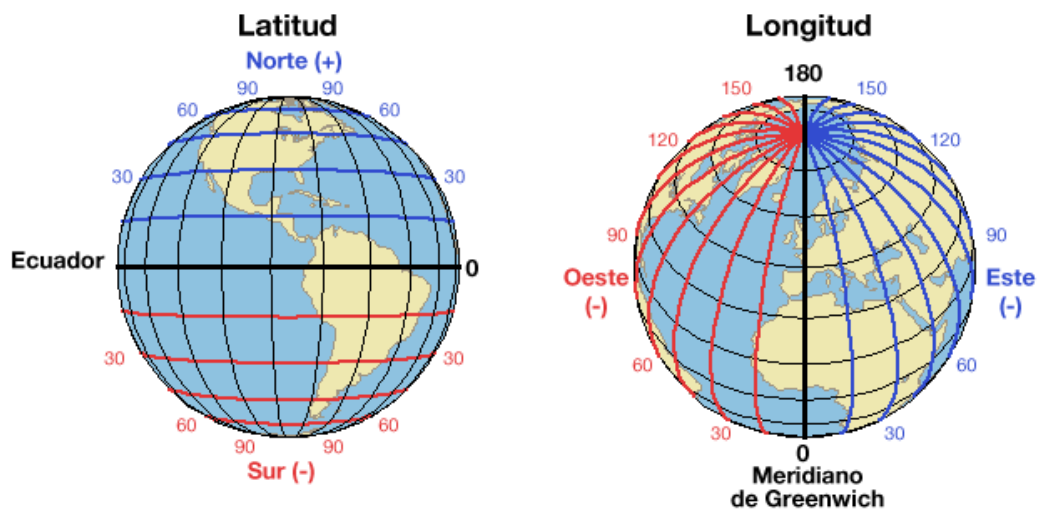


Ilustración 7.3.3 - Latitud y longitud

- **Latitud:** Distancia angular que hay desde un punto de la superficie de la Tierra hasta el paralelo del ecuador; se mide en grados, minutos y segundos sobre los meridianos.
- **Longitud:** Distancia angular entre un punto dado de la superficie terrestre y el meridiano que se toma como 0° (es decir, el meridiano de base) medida a lo largo del paralelo en el que se encuentra dicho punto, una circunferencia cuyo centro es la intersección del eje de la Tierra con el plano del citado paralelo.



Diseño y procedimiento experimental:

Necesitaremos la app SensorUVA, disponible en GooglePlay para plataforma Android. Esta app nos permite recopilar datos de los distintos sensores que dispone nuestro Smartphone y guardarlos en formato Excel para su posterior análisis.

Descarga la app y acepta los permisos necesarios, Almacenamiento, Ubicación y Grabación de Sonido.

Dirígete a TOOLBOX SONIDO / SONÓMETRO (GPS) y aparecerá la siguiente pantalla.

Con el sonómetro es posible ver en tiempo real el nivel de presión sonora o SPL, además de hallar el valor RMS de la presión, también muestra los picos máximos y niveles mínimos de la medida. Además, tendremos la posibilidad de filtrar las medidas en dB lineales, con la ponderación dBA, dBC...

Una vez en marcha, tendremos una medida en tiempo real de la magnitud elegida del nivel de Db del entorno donde estemos localizados, un dato sobre el pico o máximo valor dentro del intervalo de muestreo elegido y una gráfica para aportar un apoyo visual durante la ejecución.

En caso de tener algún problema con el funcionamiento de esta herramienta, existe en la parte superior derecha un botón de ayuda (?) donde se incluye información más detallada sobre lo que se muestra en pantalla.

Adquisición de datos:

Para comenzar la experiencia, configuramos el sonómetro para trabajar con la magnitud DBA, la cual nos dará la medida idónea para calcular un mapa indicador de riesgo auditivo, y un intervalo de muestreo de 1000ms, tomando datos cada segundo, velocidad suficiente para realizar un recorrido a pie sin perder datos de sonido y permitiendo al GPS tener localizadas todas las medidas sin repetir demasiados valores en la misma ubicación.

Una vez seleccionado, activamos la casilla GPS. Por pantalla se mostrará el aviso “Obteniendo ubicación GPS, muévete” y el fondo cambiará a grisáceo;

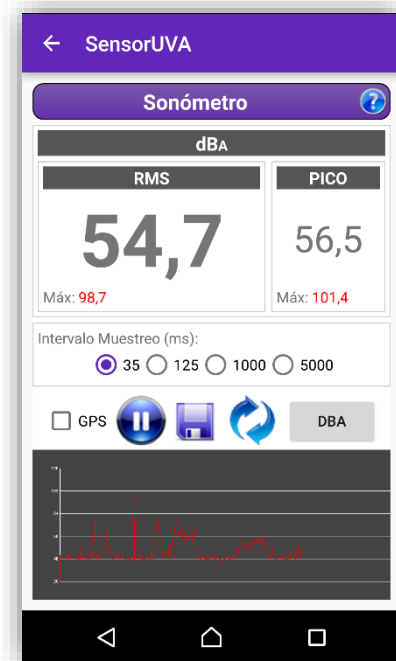


Ilustración 7.3.4 - TOOLBOX SENSORES / SONÓMETRO (GPS)



esto nos indica que se están obteniendo las coordenadas de Latitud y Longitud de nuestra posición. Esperamos hasta que la pantalla vuelva a la normalidad y aparezca el mensaje “¡Dispositivo ubicado!”, mostrando que ya estamos listos para empezar las medidas.

Arrancaremos el sensor pulsando el botón (▶), y podremos pausarlo con el botón (⏸). Con el sonómetro en marcha, veremos cómo comienzan a cambiar los valores mientras la gráfica se va creando.

Pulsa el botón GUARDAR (💾) para comenzar la grabación.

Para conseguir datos fiables es recomendable andar con el Smartphone de la mano sin interferir ni tocar el micrófono, haciendo el menor ruido posible, de esta manera todas las perturbaciones que se capten provendrán exclusivamente del ambiente.

Cuando hayas terminado el recorrido, pulsa de nuevo el botón GUARDAR (💾). Varios avisos aparecerán por pantalla, avisándonos primero de que se han guardados varios archivos de forma satisfactoria y después nos indicará la dirección de la carpeta donde se encuentran almacenados en tu Smartphone.

Además, se da la opción de enviar por correo los dos archivos Excel generados.

Archivo 1: AudiA

Tabla 7.3.1 - “audia.sonometro.AAAAMMDD_hhmmsss.csv”

#Sonometro												
Tiempo (seg)	dBA RMS	dB SPL RMS	dB C RMS	dB FSA RMS	dB FS RMS	dB FSC RMS	dBA Pico	dB SPL Pico	dB C Pico	dB FSA Pico	dB FS Pico	dB FSC Pico
0	57,8	67,3	65,6	-52,2	-42,7	-44,4	62,3	73	72,6	-47,7	-37	-37,4
1,012	58	68,3	67,1	-52	-41,7	-42,9	62,5	74,2	72,9	-47,5	-35,8	-37,1
2,019	58,3	70,1	68	-51,7	-39,9	-42	66	76,7	76,4	-44	-33,3	-33,6
3,036	56,9	69	66,4	-53,1	-41	-43,6	65	79,2	76,7	-45	-30,8	-33,3
4,044	57,5	68,3	66,7	-52,5	-41,7	-43,3	61	75	73,3	-49	-35	-36,7
5,04	58,5	68,3	66,7	-51,5	-41,7	-43,3	63,6	75,5	73,5	-46,4	-34,5	-36,5
6,061	58,4	67,4	65,5	-51,6	-42,6	-44,5	64,1	75,8	73,5	-45,9	-34,2	-36,5

Archivo es el generado por la parte AudiA de la aplicación y contendrá todos los datos relacionados con el sonido que la aplicación ha recopilado durante la grabación. En las columnas podemos observar todas las escalas de decibelios disponibles, así como los valores pico en cada instante.

Para esta práctica servirá de apoyo a la creación de los mapas, debido a que podremos analizar si con el uso de alguna de las escalas habríamos detectado distintos puntos críticos distintos a los de nuestro mapa de sonido.



Archivo 2: SensorUVA – Mapas de SONIDO

Tabla 7.3.2 - "audia.sonometro.MapaSonido.AAAAMMDD_hhmmss.csv"

Instante (ms)	Latitud	Longitud	dBFS	Pico
2	41,6594505	-4,71639326	59,2	65
1003	41,6594538	-4,71639308	57,8	62,3
2003	41,6594607	-4,71639585	58	62,5
3002	41,659467	-4,71639488	58,3	66
4003	41,6594719	-4,71639125	56,9	65
5004	41,6594719	-4,71639125	57,5	61
6005	41,6594593	-4,71640766	58,5	63,6
7005	41,6594609	-4,71642034	58,4	64,1

Se generará en aquellas grabaciones en las que tengamos seleccionada la opción GPS, por tanto, a diferencia del anterior archivo, es exclusivo de SensorUVA.

Este será el archivo que utilizemos para la realización de la práctica. Contiene el tiempo en milisegundos en el que se tomó cada muestra, los datos de nivel de presión sonora y pico en la escala de decibelios que hayamos elegido y dos columnas extra con los datos de ubicación, latitud y longitud.

NOTA:

En el caso en el que no hayamos enviado los datos por correo en el momento de terminar la medida, SensorUVA nos permite enviarlos más tarde mediante la herramienta BASE DE DATOS (Sonido) / ENVIAR.

Solo necesitaremos recordar la hora a la que se realizó la medida para buscar el archivo en la lista, pulsar sobre él y cuando el nombre esté escrito en el recuadro verde, pulsar ENVIAR.

Tratamiento de datos: *Microsoft Power Map*

Power Map nos permite explorar datos con cualquier tipo de mapa mediante la creación o importación de un mapa personalizado, en el caso que nos ocupa utilizaremos las cartas geográficas de Google Maps y nuestros datos de ubicación para colocar las medidas.

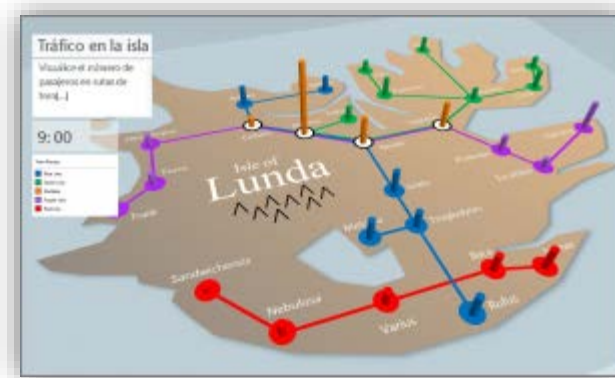


Ilustración 7.3.5 - Ejemplo de mapa personalizado

Para realizar esto, debe tener:

- Datos relacionados Latitud / Longitud en nuestro caso. Es posible crear el mapa de otras muchas maneras, pero esta es la más fiable.

En Excel, abra el archivo que contiene los datos de geolocalización, el archivo 2 de “MapaSonido”.

Haga clic en **Insertar** > **Mapa**. En caso de que la opción Mapa 3D de Excel esté desactivada, copia y pega todas las columnas de datos en un libro de Excel vacío, ya que a veces en algunos archivos que provienen de series de datos con extensión CSV no está habilitado.



Ilustración 7.3.6 - Localización de herramienta Mapas 3D en Excel

Según se abra Power Maps nos aparecerá la pantalla de la ilustración 7.3.6, en ella podremos ver recorrido seguido ya geo-localizado en el mapa. Esto ocurre porque Excel reconoce las columnas de latitud y longitud, asignándoles ya la función deseada.



Ampliaremos la zona del mapa donde hemos tomado las medidas.

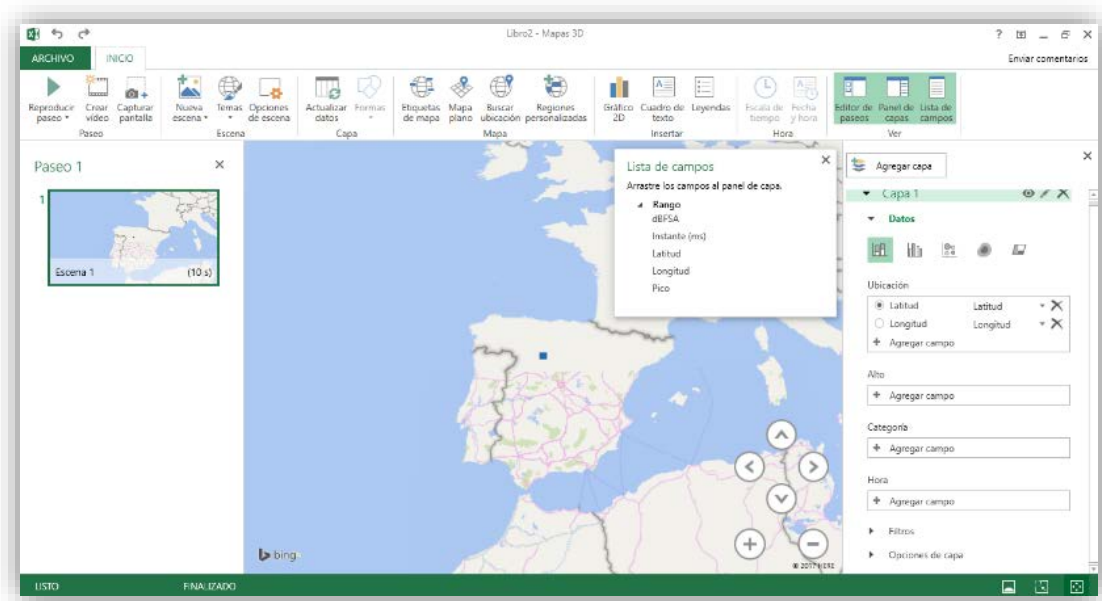


Ilustración 7.3.7 - Pantalla principal de Microsoft Power Maps

De momento solo nos mostrará la localización de nuestras muestras, es decir, el camino que hemos seguido durante la grabación, por lo que debemos agregar los datos de dB.

Seleccionamos **Alto**, **Agregar campo** y ahí haremos clic sobre la opción con los dB que queremos. Por defecto se seleccionará la opción (Suma) así que lo cambiamos a (Media). Esto hará que el programa calcule la media de los valores de intensidad sonora en los puntos en los que haya varios valores para una misma coordenada.

Puedes seleccionar varios valores a la vez, ajustando las opciones de capa para una mejor visualización y moviendo el mapa para seleccionar la vista adecuada.

A su vez hay varias formas de presentar los resultados, para la práctica actual se explicarán dos de ellos:

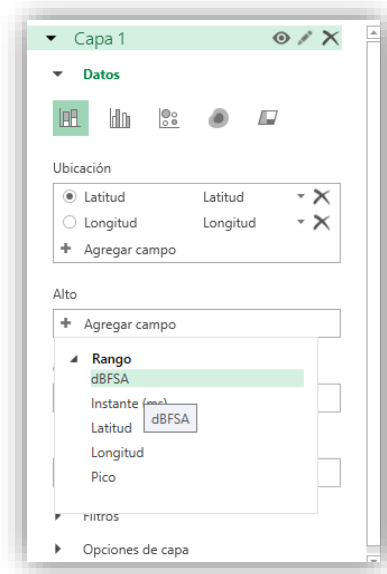


Ilustración 7.3.8 - Opciones de capa



Ilustración 7.3.9 - Tipos de gráficos disponibles



- **Columna apilada:** Datos en forma de columna puestas sobre el recorrido seguido. Para una mejor visualización elegir alto 10% y grosor 2%, aunque si el recorrido es muy amplio será adecuada otra configuración.
- **Diagrama de calor:** Escala de colores 100%, radio de influencia 2% y agregación visual Media. Es posible hacer más cambios de estilo, color y forma de representación de datos.

Entrega de resultados:

1. Realizar medidas de un mismo recorrido en días distintos y a la misma hora para analizar si existen cambios significativos y en caso afirmativo, analizar los motivos.
2. Archivos Excel con gráficas de la evolución del sonido en el tiempo y si el tipo de recorrido lo permite, con ubicación.

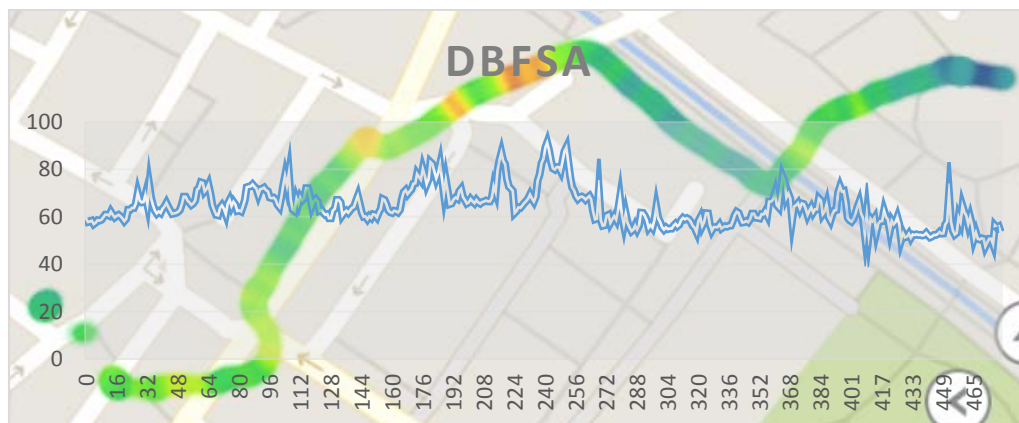


Ilustración 7.3.10 - Ejemplo de gráfico con imagen del mapa de sonido (diagrama de calor)

3. Mapas 3D con la opción mapa de calor señalando las zonas con niveles de dB perjudiciales para la salud y si es posible señalar a qué son debidos (Ejemplo: tráfico, obras, multitudes...)



8 CONCLUSIONES

Desde una perspectiva docente este Trabajo de Fin de Grado ha cumplido los objetivos fijados al comienzo del mismo, con la finalización de la app y las prácticas propuestas.

A partir de este momento, solo queda conseguir que la aplicación llegue a todos los usuarios posibles, consiguiendo así su objetivo didáctico final de introducir estos conocimientos sobre física y tecnología a partir de un Smartphone.

Desde mi punto de vista personal, ha supuesto un gran reto a nivel de programación y organización del mismo. El desconocimiento sobre programación java, aplicaciones Android y el entorno de trabajo han supuesto un gran esfuerzo adicional, conllevando un gran tiempo del dedicado al proyecto en su aprendizaje. Así como la magnitud, que sobrepasaba la de todos los trabajos realizados con anterioridad, por ello, hubo momentos muy difíciles y de incertidumbre durante el proceso de realización.

Aun con todo esto y teniendo en cuenta que la programación de la aplicación está enmarcada en un trabajo con fines didácticos, esta falta de experiencia en el ambiente fue asumible.

Ahora, visto una vez finalizado, este trabajo me ha resultado muy gratificante, habiéndome abierto un nuevo campo de conocimientos y competencias que espero me sean útiles en mi vida profesional.





9 LÍNEAS FUTURAS

Posibles mejoras en la app SensorUVA:

- Añadir sensores nuevos al menú TOOLBOX SENSORES.
- Posibilidad de activación de la toma de datos desde otro dispositivo mediante bluetooth para conseguir grabaciones en sitios poco accesibles.
- Optimizar la app para su uso en Tablet – apariencia más natural.
- Traducción a varios idiomas como inglés o francés para promocionar su uso fuera de España.
- Creación de mapas de datos en tiempo real a partir de los datos GPS ya suministrados actualmente.
- Nuevas opciones de calibración para todos los sensores, para poder utilizar medidas absolutas.

Nuevos guiones de prácticas:

- Tubo de Kundt.
- Mapas de calor, magnetismo, etc.
- Comparativa de opacidad de materiales - luminosidad.
- Análisis completo de fuerzas sufrida por un vehículo durante la conducción.
- Etc.





10 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Publicación: Informe mobile en España y en el mundo. Empresa Ditrendia (Digital Marketing Trends), Madrid, 28020 España.
- [2] Libro: Aprenda java como si estuviera en primero. Autores: Javier García de Jalón, José Ignacio Rodríguez. Campus tecnológico de la universidad de Navarra, San Sebastián. Editorial: Tecnun. Enero 2000.
- [3] Libro: El lenguaje de programación JAVA. 3ª Edición. Autores: Ken Arnold, James Gosling, David Holmes. Editorial: Addison Wesley. Serie Java.
- [4] Libro: El gran libro de Android. 4ª Edición. Autor: Jesús Tomás Gironés. Editorial: Marcombo.
- [5] Web: Información general sobre arquitectura ANDROID.
<http://androidos.readthedocs.io/en/latest/data/caracteristicas/>
- [6] Libro: Hello, Android. Introducing Google's Mobile Development Platform. 3ª Edición. Autor: Ed Burnette. Editorial: Pragmatic Bookshelf. 2009.
- [7] Web: Google Play Developer Console. Elección de API y resolución para app.
<https://developer.android.com/about/dashboards/index.html>
- [8] Publicación: Automatically Scaling Android Apps For Multiple Screens. Autor: Aaron Sher. Vanteon Corporation Electronic Design.
- [9] Trabajo Fin de Grado: AUDIA: estudio de ondas sonoras y audiometrías en entorno Android. Autor: Juan Carlos Cañedo Sota. Universidad de Valladolid. Año 2014.
- [10] Web: Google Play Developer. SensorManager y Types disponibles.
<https://developer.android.com/reference/android/hardware/SensorManager.html>
- [11] The Busy Coder's Guide to Android Development. Autor: Mark L. Murphy. Editorial: CommonsWare. Versión 7.5. Julio 2016.
- [12] Apuntes: Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática. Universidad de Valladolid. Texto sobre Sensores. <http://www.isa.eii.uva.es/>
- [13] Libro: Professional Android Sensor Programming. Autores: Greg Milette, Adam Stroud. Editorial: Wrox Programmer to Programmer. Safari Book's Online.
- [14] Publicación: Smart Sensors for Smartphones: How to Make it Smarter? Autor: Sergey Y. Yurish. Excelera. 2014.
- [15] Libro: Lecciones de Física, Mecánica 2. Autor: M.R. Ortega. Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Córdoba. 9ª Edición, enero 2006.



- [16] Web: 5hertz electrónica. Acelerómetros MENS.
<http://5hertz.com/tutoriales/?p=228>
- [17] Web: Átomo y Bits. <http://atomosybits.com/la-fisica-tras-el-acelerometro/>
- [18] Publicación: Sistema para la adquisición y monitorización de aceleraciones mediante microprocesador (Capítulo 4). Autor: Marta Arenas Mas. Extraído de la biblioteca de Ingeniería (<http://bibing.us.es/proyectos/>) de la Universidad de Sevilla.
- [19] Web: Información acerca de rumbo y azimut.
<https://doblevia.wordpress.com/2007/03/19/rumbo-y-azimut/>
- [20] Libro: Curso de cartografía y orientación (Temas 1, 3 y 11). Autor: Javier Urrutia Martínez. Revisión: 1.1. 2006. <http://www.medikat.net>
- [21] Web: Natureduca. Localización geográfica. Información sobre latitud y longitud. <https://natureduca.com/geografia-fisica-orientacion-y-localizacion-geografica-03.php>
- [22] Publicación: Técnicas de navegación terrestre y levantamiento cartográfico (Capítulos 5, 6 y 7). Autor: Benjamín Álvarez Garay. Programa de material didáctico escrito de la Universidad Estatal a distancia de Costa Rica. Editorial Promade. Cód. 863.
- [23] Publicación: Localización de astros mediante coordenadas (Altura y Acimut). Autores: Federico Fernández Porredón, Miguel Serra-Ricart. Instituto de Astrofísica de Canarias.
- [24] Trabajo Fin de Carrera: Sensores de velocidad. Autor: Marcos Ávila de la Torre. Mayo 2005. Colgado en la red tecnológica MID.
- [25] Web: Sensor de guiñada de un vehículo. Giroscopio.
http://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/electricidad_del_automotor19.php
- [26] Publicación: Realidad virtual y realidad aumentada. Interfaces avanzadas. Autores: Cristina Manresa Yee, Mará José Abásolo, Ramón Mas Sansó, Marcelo Vénere. XV Escuela internacional de informática. Universidad Nacional de la Plata. Editorial: Edulp. Argentina año 2011.
- [27] Libro: Gravitoelectromagnetismo y el principio de Mach (Capítulo 17 – El efecto Sagnac y el gravitomagnetismo). Autor: Wenceslao Segura González. Primera edición año 2013.
- [28] Web: Intensidad campo magnético / Propiedades magnéticas de sólidos.
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/magnetic/magfield.html>
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Solids/magpr.html#c1>



- [29] Apuntes: Diapositivas sobre la física del magnetismo. Autor: Joaquín J. Torres Agudo. Institute "Carlos I" for Theoretical and Computational Physics, Universidad de Granada, Facultad de Ciencias.
- [30] Publicación: Magnetismo en el Aula. Material didáctico para profesores de Educación Infantil y Primaria. Consejería de educación de la Comunidad de Madrid. Autores: Grupo de Extensión científica de CSIC, José María López Sancho, María José Gómez Díaz, María del Carmen Refolio Refolio.
- [31] Apuntes: Medición de campo magnético – Sensor de efecto Hall. Autor: M. Marziali Bermudez. Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires. Laboratorio 3. 2011. http://users.df.uba.ar/moreno/lab3_2011_c2/apuntes/sonda-hall.pdf
- [32] Apuntes: Temperatura y cuerpos termométricos. Autor: Roberto Román L. Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Chile. Agosto 2006. https://www.cec.uchile.cl/~roroman/pag_2/term/termomet.htm
- [33] Apuntes: Sensores biomédicos (Parte 1: Sensor Físicos, capítulo 5, Sensores de Temperatura). Autor: Lourdes Pelaz. Departamento de Electricidad y Electrónica de la Universidad de Valladolid. Curso 2011/2012.
- [34] Publicación: Termómetros de mercurio. Autor: Carlos Eduardo Núñez. Marzo de 2008. Página personal del autor: <http://cenunez.com.ar/>
- [35] Publicación: Tipos de Termopares. Autor: José Manuel Arroyo Rosa. Colegio y Escuela Profesional Sagrado Corazón. Mecatrónica Industrial.
- [36] Web: Tecno y Medida, S.L. Medidor de humedad relativa. http://www.tecnomedida.com/es/Productos/89/244/408/HT-3007SDTermometroHigrometroprofesionalcon_memoria_interna/
- [37] Publicación: Columna de líquido, Manómetro primario en laboratorios "Secundarios". Autores: G. Aranda, S. Medrano. Laboratorio de Metrología MetAs. Jalisco, México. www.metas.com.mx
- [38] Publicación: Conceptos sobre humedad relativa e higrómetros. REITEC, Servicios de ingeniería. Gran Canaria. <http://www.reitec.es/Pdf/agua02.pdf>
- [39] Proyecto: Sensores de Presión EL53A – Taller de Proyecto en Control I. Autor: Marcela Vizcay. 3 de octubre, 2005. Departamento de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.
- [40] Apuntes: Medición de presiones (Tema 2). Autor: Juan Pablo Torres-Papaqui. Departamento de Astronomía de la Universidad de Guanajuato, México.
- [41] Web: MIDE, Engineering Smart Solutions – Air Pressure at Altitude Calculator. <https://www.mide.com/pages/air-pressure-at-altitude-calculator>



- [42] Apuntes: Flujo luminoso (Unidad 1, Tema 2). Tecnológico nacional de México, Instituto Tecnológico de la Laguna.
http://www.itlalaguna.edu.mx/Academico/Carreras/electronica/optica/OPTO PDF1_archivos/UNIDAD1TEMA2.PDF
- [43] Apuntes: Apuntes de Fotometría. Autor: A. Martín Marcos. Madrid 1994, E.U.I.T.T.
- [44] Publicación: Diseño de iluminación (Física de la luz). Autor: Eli Sirlin. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires. Texto extraído y corregido del libro: La luz en el teatro – Manual de iluminación de Eli Sirlin.
- [45] Libro: Óptica Instrumental. Autores: Joan Antó, Nuria Tómas. Editorial: UCP. Primera edición año 1998.
- [46] Apuntes: Automatización, Clase 2. Sensores y detectores. Autores: F. Torres, C. Fernández. Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la señal. Grupo de Automática, Robótica y Visión artificial.
- [47] Proyecto Fin de Carrera: Sistema GNSS (Global Navigation Satellite System). Autor: David Abelardo García Álvarez. Departamento de Ingeniería Informática de la Universidad Autónoma de Madrid, Escuela Politécnica Superior. Enero 2008.
- [48] Libro: LibroSIG, aprendiendo a manejar los SIG en la gestión ambiental. Autores: Mancebo Quintana, S.; Ortega Pérez, E.; Valentín Criado, A. C.; Martín Ramos, B.; Martín Fernández, L. (2008). Parte utilizada (Publicación) Teoría GPS – Funcionamiento del GPS. Autor: Mancebo Quintana, S. (2006).
- [49] Publicación: Sensing Human Activity: GPS Tracking. Autores: Stefan van der Spek, Jeroen van Schaick, Peter de Bois, Remco de Haan. Department of Urbanism, Faculty of Architecture, Delft University of Technology, Julianalaan 132-134, 2628 BL, DELFT, the Netherlands y Chair MISSU, Multifunctional (sustainable) Spatial Use, University of Applied Sciences, PO Box 1025, 1000 BA, Amsterdam, the Netherlands. 24 de abril de 2009.
- [50] Apuntes: Aplicaciones topográficas del GPS (tema 12). Autor: M. Farjas.
- [51] Apuntes: Interpretación del área bajo la curva (Unidad 9). Departamento de Matemáticas del I.E.S. Pedro de Ursúa.
- [52] Web: Apuntes sobre velocidad y aceleración. Gráficos.
[http://laplace.us.es/wiki/index.php/Cinem%C3%A1tica_del_movimiento_recti%C3%ADneo_\(GIE\)](http://laplace.us.es/wiki/index.php/Cinem%C3%A1tica_del_movimiento_recti%C3%ADneo_(GIE))
- [53] Web: Diseño de circuito electrónico, editor en línea.
<https://www.circuitlab.com>



[54] Publicación: Determining the efficiency of optical sources using a smartphone's ambient light sensor. Autores: J A Sans¹ J Gea-Pinal, M H Gimenez, A R Esteve, J Solbes and J A Monsoriu. Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño, Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Universitat de València.

[55] Web: Introducción al programa PowerMaps para Excel.
<https://support.office.com/es-es/article/Introducci%C3%B3n-a-Power-Map-88a28df6-8258-40aa-b5cc-577873fb0f4a>

[56] Libro: Física para la ciencia y la tecnología, Vol. 1: Mecánica, oscilaciones y ondas, termodinámica, TIPLER MOSCA. Editorial: Reverte. 6ª edición.

