

Curso 2014-2015



Universidad de Valladolid

## Trabajo Fin de Master

Master de Profesor en Educación Secundaria  
y Bachillerato, Formación Profesional y  
Enseñanza de Idiomas

# “LA FÍSICA EN LA REALIDAD DIARIA”

**Sofía Rodríguez Conde**

*Tutor: Enrique Barrado Esteban*

*JUNIO 2015*



# INDICE

1. Introducción.....	1
2. Entornos cambiantes que afectan al sistema educativo.....	4
2.1 Sociedad líquida.....	6
2.2 Cambio en la tecnología que nos rodea.....	6
2.3 Cambio en las leyes de educación.....	7
2.4 Cambio en los intereses de los adolescentes.....	8
3. Aspectos fisiológicos del aprendizaje.....	9
3.1 ¿Cómo funciona el cerebro cuando aprendemos?.....	10
3.2 ¿Cómo se estimulan las neuronas?.....	12
3.3 Memorizo y olvido, ¿qué me ocurre?.....	13
4. Obligaciones del docente.....	16
4.1 Trabajar la atención.....	17
4.2 Trabajar la motivación.....	17
5. Camino hacia la metodología basada en el realismo.....	20
5.1 Introducción	
5.2 Problemas emergentes de la metodología experimental en los centros educativos.....	21
5.2.1 Tipo de prácticas que se desarrollan.....	22
5.2.2 Temporización.....	23
5.2.3 Actitud de los alumnos frente a la experimentación.....	24
5.5 Medios relacionados con la experimentación en ciencia en los centros educativos.....	25
5.2.6 Temario muy amplio, no da tiempo y además: la PAU.....	26
6. Diferentes propuestas que tratan ciertos contenidos del currículo de 2º de Bachillerato.....	27
6.1 Arco iris.....	28
6.1.1 Introducción.....	29
6.1.2 Desarrollo de los contenidos.....	31
6.1.3 Material complementario.....	35
6.1.3.1 ¿Por qué la trayectoria de la luz se dobla?.....	35
6.1.3.2 Radiación invisible.....	36
6.1.3.4 Más allá del prisma de Newton.....	37
6.1.3.5 ¿Por qué el cielo es azul?.....	38

6.2 Radar de velocidad.....	40
6.2.1 Introducción.....	41
6.2.2 Desarrollo de los contenidos.....	42
6.2.3 Propuesta para una posible evaluación de los contenidos.....	50
6.3 Funcionamiento de una pantalla táctil.....	51
6.3.1 Introducción.....	52
6.3.2 Desarrollo de los contenidos.....	52
6.3.3 Material complementario.....	57
6.3.3.1 Pantallas resistivas.....	57
6.3.3.2 ¿Qué es lo que permite que exista la comunicación entre móviles?.....	59
Conclusiones.....	62
Referencias.....	65

# 1. Introducción

*“La causa principal de la crisis no está en la falta de dinero, ni en los padres o en los estudiantes, ni siquiera en los sindicatos. El gran error es que ha cambiado el mundo cuando la educación sigue siendo básicamente la misma”*

*Eduardo Punset, Global Education Forum*

Los resultados del informe PISA 2012<sup>1</sup> dejan el nivel de rendimiento educativo de los estudiantes españoles por debajo de la media de la OCDE en las tres disciplinas que se evalúan. Esto sucede desde el inicio de estos informes, como se puede ver en la figura 1, lo cual no parece tener una relación directa con los recortes que haya podido sufrir la educación exclusivamente, sino también con la calidad o el método de enseñanza que se sigue en España.

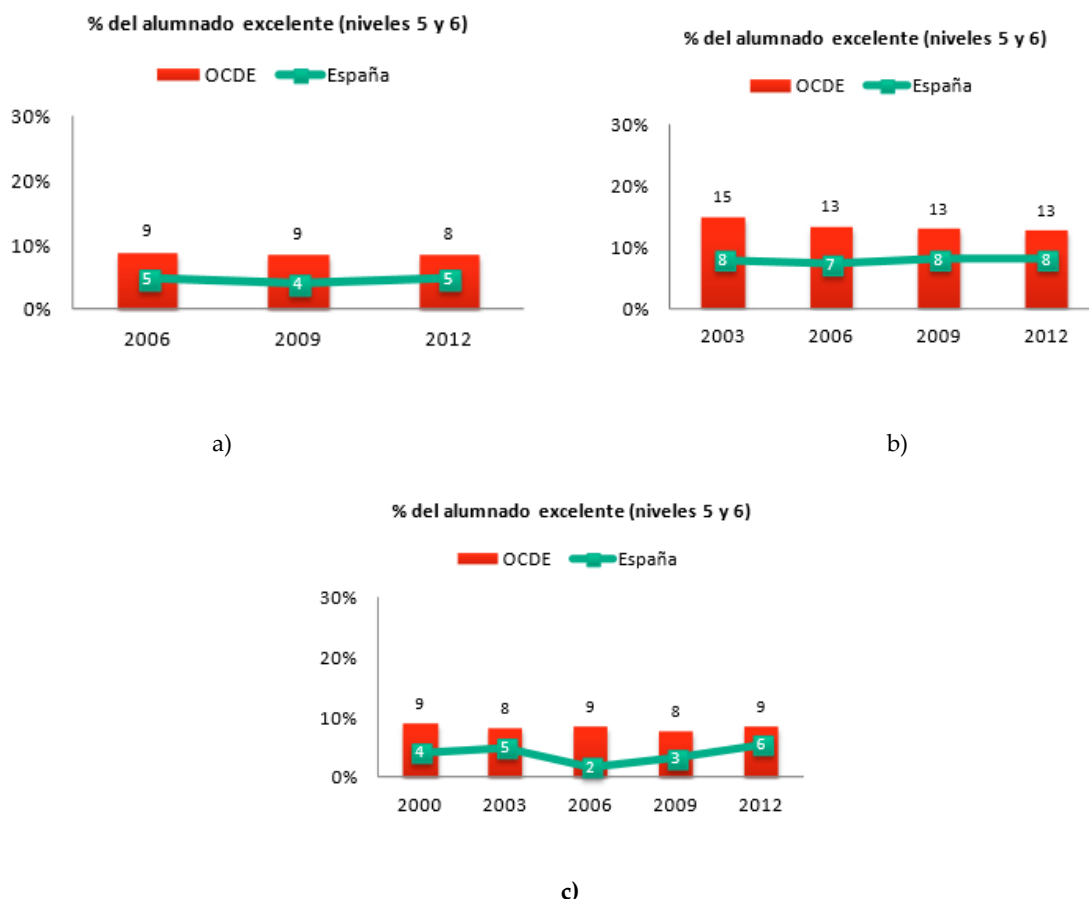


Figura 1. Resultados de informe PISA 2012 en alumnos españoles en a) matemáticas, b) lectura y c) ciencias.

El sistema educativo español se encuentra sumergido en una sociedad de cambio continuo y eso se traduce a una necesidad inmediata de adaptar el sistema a esa variabilidad. Hoy en día nadie se plantea la comunicación mediante una carta ordinaria si el mensaje a emitir es urgente; los individuos se adaptan a esos cambios y

<sup>1</sup> El Informe del Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes o informe PISA se elabora cada tres años (último informe en 2012) por la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos). Se basa en el análisis del rendimiento de estudiantes a partir de unos exámenes concretos que evalúan tres áreas: matemáticas, lectura y ciencias en alumnos de 15 años de edad.

además, esta adaptación ocurre ya en casi todos los campos de nuestro entorno, salvo en algunos que permanecen estáticos, como el método de enseñanza en ciertas áreas de educación.

Ha llamado mi atención, precisamente durante el periodo de prácticas correspondiente al presente Master, que la manera de impartir la materia en el aula es prácticamente idéntica a la que se seguía en mi generación, habiendo pasado una década aproximadamente desde entonces. Este hecho ha provocado la motivación del estudio de nuevas estrategias sobre algunos contenidos de secundaria para permitir la renovación de la actuación del docente ante el alumnado con el propósito último de conseguir una plena adaptación del sistema al entorno, dirigiendo así el método educativo a esa necesidad inminente de actualización.

## **2. Entornos cambiantes que afectan al sistema educativo**



Durante el segundo tercio del siglo XIX y comienzos del XX, surge en España un impulso de renovación educativa alimentado por la aparición de nuevas formas de pobreza a gran escala provocadas por los procesos de la revolución industrial. Era necesario cubrir el vacío escolar que el sistema público no era capaz de llenar, y atender a sectores marginados en el mundo urbano. La educación juvenil tenía como base el objetivo moral y religioso, ambos prioritarios, y después, el desarrollo de asignaturas básicas como lectura, escritura, dibujo, comercio, contabilidad, según casos y niveles.

Este movimiento católico fue evolucionando transformándose poco a poco en un modelo educativo diferente con connotaciones propagandísticas y militantes, como consecuencia de la actividad de movimientos enemigos, como eran los laicos y socialistas. Surge así el “Círculo de Estudios”, basado en *la piedad, el estudio y la acción*. Aquí aparece una variante en la metodología en el *estudio* ya que no seguían un modelo tradicional de las clases y conferencias (orador se dirige a estudiantes para transmitir conocimiento) sino que se basa en el carácter participativo. Los conferenciantes ahora eran los propios circunistas y debían ser capaces de exponer y defender sus ideas. Como complemento de este método, surge la “Encuesta o la Revisión de Vida”, que suponía un cambio significativo en el proceso de formación: no se partía de la exposición doctrinal sino de hechos de la vida, de la realidad directamente vivida por los jóvenes. Los valores cristianos se descubrían de manera inductiva analizando la realidad y los jóvenes aprendían a comprometerse de acuerdo con esos valores y principios descubiertos. Estos modelos educativos, más o menos acertados, configuran dos ejemplos de manipulación del método para ponerlo al servicio de las necesidades sociales.

Hoy en día, en el siglo XXI, el contexto social es muy diferente al de siglos pasados y por ello la educación debe sufrir una transformación moldeándose a la nueva sociedad. A continuación se van a analizar algunos agentes que rodean el entorno educativo y que están particularmente sujetos a múltiples cambios con el paso del tiempo.

## 2.1 Sociedad líquida

Los grupos sociales que más influyen en el comportamiento y actitudes de los estudiantes son la familia y los amigos (grupos de iguales). Centrémonos en la familia. Conocer la familia significa desvelar en gran medida las características del entorno próximo de los alumnos. Es necesario que la familia y que algunas de sus características estén presentes también en nuestras acciones como docentes. El concepto de familia ha sufrido muchas variaciones a lo largo del tiempo, y en la actualidad está siendo impactado por la sociedad. De forma general se puede decir que cambia la sociedad, cambia la familia, y ambas cosas se retroalimentan.

En los últimos 30 años, en la sociedad española se ha pasado de una configuración única de la familia a otra pluralista en la que existen distintas modalidades, incluyendo cohabitación o matrimonio, hijos dentro o fuera del matrimonio, modelo homoparental o monoparental, etc.

La sociedad, y en consecuencia la familia tiende cada vez a ser más individualista y esto se proyecta en los estudiantes. Aquí radica uno de los motivos por los que el docente tiene la responsabilidad aún mayor si cabe de saber educar en la independencia, en el espíritu de indagación y superación, con el objetivo último de obtener estudiantes que sepan resolver situaciones por sí mismos, de forma autónoma.

## 2.2 Cambio en la tecnología que nos rodea

*“El problema de los jóvenes no es que esa multiplicidad de plataformas debilite su atención o su capacidad de concentración, lo que ocurre es que les interesan otras cosas diferentes de las que nos interesan a nosotros. Se considera urgente que aprendamos a gestionar la diversidad impresionante de este mundo globalizado y, al mismo tiempo, aprender a gestionar lo que tienen de común esos individuos tan dispersos y dispares, las emociones.*

Eduardo Punset

El término que acompaña y cataloga actualmente al concepto de sociedad es *conocimiento*. En la sociedad del conocimiento en la que vivimos, la ciencia y la tecnología van conquistando los distintos ámbitos que comprenden la vida. Existe un crecimiento exponencial hacia lo técnico y en consecuencia, aumentan cada vez más las ocupaciones en alta tecnología. Las competencias que cada día exige nuestra sociedad son más sofisticadas.

Los jóvenes están rodeados de múltiples dispositivos tecnológicos, los tienen a su alcance y se encuentran en continua renovación. Es interesante aprovechar esta fuente de recursos como algo positivo en el entorno educativo y no al contrario.

Precisamente, en el campo de la ciencia y más particularmente en áreas como son la Física o la Química, el vínculo entre la tecnología y los contenidos de estas materias resulta muy estrecho y sobre todo a niveles superiores, como en Bachillerato. De nuevo aparece una oportunidad de adaptación de la metodología docente a este dinamismo tecnológico.

### **2.3 Cambio en las leyes de educación**

Otro intento de adaptación al cambio, y por cierto, fallido en cada intento de inmersión, es la modificación de las diferentes leyes de educación que ha soportado el sistema español a lo largo de la democracia. En particular han existido siete leyes de educación (LGE, LOECE, LOGSE, LOPEG, LOCE, LOE y LOMCE), de las cuales sólo cuatro han sido implantadas en el sistema: LGE en 1970 (Franco y UCD), LOGSE en 1990 (PSOE), LOE en 2006 (PSOE) y LOMCE en 2013 (PP).

Los cambios en la política educativa han sido poco efectivos ya que existe una carencia evidente en la calidad del sistema educativo que ninguna de estas leyes ha sabido subsanar. Todas las leyes han supuesto un enfrentamiento continuo entre las diferentes ideologías que soportan los distintos partidos políticos. En mi opinión, si precisamente hay algo que debe permanecer como objetivo común, único y no estar sujeto a

ideologías políticas es la educación. Sin embargo, los docentes deben ejecutar su cometido encapsulados en el marco legal latente siguiendo pautas, ofreciendo informes y cumpliendo exigencias que la ley impone. En muchas ocasiones, esto trunca la libertad de actuación del docente, preocupándose más por seguir la línea que marca el sistema que la que marcan los propios alumnos.

#### **2.4 Cambio en los intereses de los adolescentes**

La juventud de hoy en día encuentra sus motivaciones principalmente en el desarrollo de las relaciones sociales y en la toma de contacto con nuevas tecnologías. En líneas generales, se trata de una juventud despreocupada por las obligaciones y por el gasto económico.

Años atrás, cuando la mayoría de españoles estaban sumergidos en el analfabetismo, la educación se veía como una salvación de la pobreza, un abismo de esperanza para una calidad de vida mínima para nosotros y máxima para aquel entonces. El principal objetivo de muchos era simplemente aprender a leer y escribir.

Ahora, la educación puede llegar a verse como una imposición, y como imposición que es resulta una tarea aburrida. Hay que tratar de evitar que los jóvenes visualicen el periodo escolar como una simple rutina que da acceso a la universidad o a la vida profesional; lo ideal sería que fueran capaces de sentir que es una herramienta que está a su disposición para que aprendan a entender el medio que les rodea, a conocer lo que hubo antes de ellos para apoyarse en la construcción de un futuro competente elaborado por ellos en el que puedan realizarse con autonomía. La obligación docente debe centrarse por lo tanto en estudiar sus inquietudes, transformar nuestras metodologías e insertar los contenidos en un molde atractivo y útil para ellos, los jóvenes, el fin último.

### **3. Aspectos fisiológicos del aprendizaje**

Con el fin de intentar ofrecer una variante en el método de enseñanza dentro del área elegido, Física y Química, resulta interesante comenzar conociendo cuál es el mecanismo que sigue el cerebro cuando aprende, cómo se estimula o cuál es el motivo por el que se olvidan algunos contenidos.

Lo más valioso de muchos métodos de enseñanza que se imparten no radica en los contenidos explícitos, conscientes, que pueden olvidarse, sino en la inducción y potenciación de procesos mentales que crean inercias y contenidos implícitos, que son los realmente duraderos y que solo se ponen de manifiesto cuando surgen nuevas situaciones de aprendizaje. Con el paso del tiempo se olvidan los contenidos concretos que se han aprendido, pero sin embargo, la inteligencia y la capacidad de razonar siguen vivas e incluso han podido crecer si se ha ejercitado la mente adecuadamente.

*“La educación es lo que queda cuando a uno se le olvida todo lo que ha aprendido”*

*Albert Einstein*

La disciplina que estudia cómo la educación cambia el cerebro a nivel fisiológico y cómo esos cambios modifican el comportamiento de las personas es la *psicobiología*. Los cambios más importantes son los que hacen posible el **aprendizaje** y la **memoria**, presentes en todos los procesos de la enseñanza y a todos los niveles.

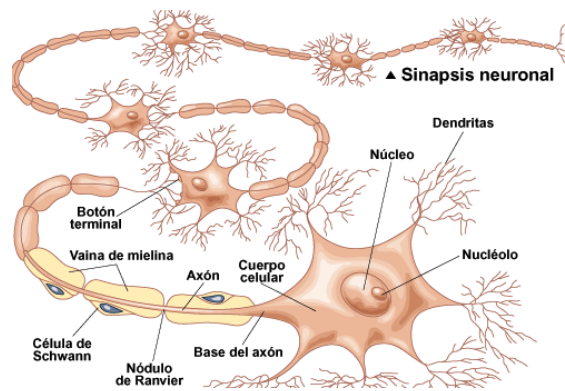
Uno de los objetivos de la psicobiología es estudiar qué le ocurre al cerebro cuando se aprende y qué procedimientos de enseñanza son mejores para procesar la información y generar memorias robustas y duraderas. Después, es cometido del docente establecer metodologías concretas que puedan ser más eficaces según el ámbito y circunstancias.

### **3.1 ¿Cómo funciona el cerebro cuando aprendemos?**

A todos nos suena que las neuronas son las “partículas” del cerebro que intervienen en el proceso de captación de información que proviene del exterior y la descodifican a un

idioma que el cerebro pueda entender. Aprender significa básicamente adquirir nuevas representaciones neuronales de información.

El cerebro humano contiene unos 80 000 millones de neuronas que a lo largo de sus prolongaciones conducen información codificada en forma de pequeñas descargas eléctricas llamadas *potenciales de acción*. Estos potenciales son como el lenguaje o las palabras que utiliza el cerebro para representar la información que les llega.



Entre una y otra neurona la comunicación se vuelve química y tiene lugar mediante conexiones funcionales llamadas **sinapsis**, de las que se calcula que hay unas  $10^{14}$  en todo el cerebro. En cada sinapsis hay dos neuronas implicadas: la que aporta información y la que la recibe.

Cuando los potenciales de acción que llevan la información alcanzan la terminación de la neurona emisora, esta libera una pequeña cantidad de sustancia química, el **neurotransmisor**, que se difunde por el espacio entre ambas neuronas hasta llegar a la neurona receptora para, uniéndose a ella, modificar su actividad.

Muchas **sinapsis son fijas y estables**, genéticamente determinadas, mientras que **otras son plásticas**, es decir, se forman, refuerzan, debilitan o incluso desaparecen continuamente como resultado del aprendizaje, la acción mental o el comportamiento de las personas.

Los nuevos circuitos y redes neuronales que de ese modo se establecen, en la medida en que albergan representaciones de información, constituyen el soporte o modo físico en que se almacenan las **memorias**.

Los circuitos o redes neuronales y las interacciones funcionales que origina el aprendizaje pueden abarcar áreas muy amplias y dispersas de la corteza cerebral y de los núcleos subcorticales.

Aunque no está clara la capacidad de almacenamiento de información del cerebro humano, no hay duda de que su enorme cantidad de conexiones sinápticas le confiere una enorme capacidad para combinar, asociar y almacenar información de diferente tipo y procedencia.

Está demostrado que cuando se obliga a una sinapsis a trabajar intensamente liberando su neurotransmisor, ocurren en ella cambios que potencian su capacidad para transmitir la información, pues las respuestas eléctricas de la neurona receptora crecen y son mayores a partir de entonces. Esa potenciación es tanto más duradera cuanto más se obliga a trabajar la sinapsis, es decir, cuanto más se estimula la neurona emisora, pudiendo durar minutos, horas e incluso días. Este descubrimiento se denomina **potenciación sináptica a largo plazo** y constituye un mecanismo por el cual las neuronas y sus sinapsis retienen o almacenan la información que el individuo adquiere. También existen otras estimulaciones que debilitan las sinapsis, dando lugar a la depresión sináptica a largo plazo.

Esto se traduce a que cuando aprendemos se potencian o deprimen unas determinadas sinapsis dando lugar a la formación de nuevos y complejos circuitos neuronales que constituyen el soporte de la memoria.

### **3.2 ¿Cómo se estimulan las neuronas?**

Es importante utilizar métodos que activen áreas del cerebro como la corteza prefrontal y el lóbulo temporal medial, que son necesarios para aprender y crear memorias. Entre estos procedimientos se encuentran, por ejemplo, el entrenamiento en memoria de trabajo y razonamiento, la guía del aprendizaje mediante preguntas relevantes, la



práctica sistemática del recuerdo y la reconstrucción de lo aprendido o leer y comentar textos de diferentes áreas de conocimiento entre otros.

No hay que olvidar que no sólo favorece el aprendizaje hacer trabajar al cerebro, sino también hacer que se “divierta” o que “descanse”. Esto hace imprescindible tener en cuenta dos medios muy poderosos y asequibles, como son el ejercicio físico y el sueño.

El ejercicio físico provoca la liberación de sustancias neurotróficas benefactoras de los procesos mentales. Por otro lado, el sueño potencia la memoria, integra la información aprendida con la que ya tenemos en el cerebro, extrae reglas y genera nuevo conocimiento.

### **3.3 Memorizo y olvido, ¿qué me ocurre?**

La tarea de la memorización no es muy atractiva para la mayoría de los estudiantes. Sin embargo, se trata de un buen mecanismo para obtener éxito en los exámenes: memorizar los contenidos y volcarlos en el papel el día que corresponda. Si nos preguntamos una o dos semanas después por esos contenidos que se dominaban perfectamente, probablemente nos encontremos con la fraudulenta situación de que no se recuerden ni la mitad de ellos. ¿Qué es lo que ocurre?

Por un lado, el olvido de una memoria consolidada puede significar una desaparición real de esa memoria por la pérdida física de los circuitos neuronales y/o de las sinapsis o las neuronas que las sustentan. La pérdida de esos circuitos puede deberse a la falta de uso de los mismos o a procesos de interferencia ocurridos muy pronto tras el aprendizaje inicial.

Las interferencias entre informaciones diferentes se consideran la causa principal de nuestros frecuentes olvidos cotidianos.

Tradicionalmente, la educación ha dado a los estudiantes paquetes de información que en gran medida no se relacionan con un contexto. Aun cuando se brinda ese contexto,

el modo en el que se presenta la información todavía alienta el procesamiento mecánico. Decir por ejemplo, *“hay dos tipos de lentes: convergentes y divergentes”* omite tanto el contexto como la perspectiva.

Casi todos nosotros consideramos que memorizar cuesta trabajo y sentimos que aprender demasiados hechos puede sobrecargar o llenar nuestra mente. Además teniendo en cuenta que no todos tenemos la misma capacidad de memorización.

Los paquetes cerrados de información se toman como hechos y estos como verdades absolutas que deben ser aprendidas memorizando, dejando pocas razones para pensar en ellas. Sin ninguna razón para abrir el paquete, hay pocas posibilidades de que la información conduzca a alguna comprensión conceptual o incluso sea repensada dentro de un nuevo contexto.

Memorizar datos, fechas, momentos, hechos, etc. se convierte en una tarea imprescindible si el cometido es ejercitar la mente, recalcar esas redes neuronales de nuestro cerebro. Sin embargo, en el caso en el que nos concierne, una clase de ciencias, no es tan interesante que un alumno recuerde la teoría de Kepler con pelos y señales si no sabe ponerla en práctica en un caso real o si no ha reflexionado sobre qué significan los principios que la configuran.

Los docentes deben dar herramientas al alumno para que sea capaz de aprender la información sin la necesidad de memorizar; solo hay que conseguir que la información se convierta en relevante. Cuando la información en el ambiente de una persona es significativa, es más probable que se la recuerde.

Una manera de hacer que los hechos e ideas parezcan importantes es formar o interpretar ideas de modo que su relación con la vida, intereses y curiosidades de la mayoría de los estudiantes sea fácilmente evidente. Otro camino consiste en cambiar la actitud de los estudiantes hacia el material en cuestión, es decir, enseñar a los estudiantes a que ellos mismos hagan el material significativo.

En general, cuando enseñamos información importante es necesario hacer un hueco a las excepciones, a la información que va más allá de estas instancias comunes que parecen ser todo lo que es significativo en el momento del aprendizaje inicial. Los estudiantes que aprenden dicha información deben estar abiertos a los factores que podrían operar en un nuevo contexto. Si simplemente nos quedamos con memorizar el pasado conocido, no nos estamos preparando para el futuro desconocido.

# **4. Obligaciones del docente**

En este apartado se van a describir dos elementos muy importantes, que funcionan como funciones previas en el alumno y que el docente debe tener en cuenta en ese intento de estimular al alumno: la atención y la motivación.

#### **4.1. Trabajar la atención**

Frecuentemente, cuando se le pide a un alumno que preste atención a algo, en realidad lo que estamos queriendo decir es que mantenga el objetivo estático. Sea el caso en el que un observador mire un cuadro fijamente observando un punto del mismo durante mucho tiempo. Lo que consigue es que la imagen se termine desvaneciendo, no se puede atender en exceso sobre algo quieto. Lo mismo ocurre cuando se fija una idea rígidamente en la mente. La mente busca la variedad de manera innata.

La idea de prestar atención significa actuar como una cámara inmóvil y está tan arraigada en nosotros que, cuando prestamos atención con éxito, generalmente estamos, sin querer, cambiando el contexto o encontrando características novedosas en nuestro sujeto. Si ofrecemos a nuestros alumnos contenidos clásicos pero camuflados en la novedad y en la renovación, entonces estaremos variando su punto de enfoque y habremos creado una situación refrescante y motivante para ellos captando así su atención. Los cambios de perspectiva o de contexto son los que nos llevan a notar la novedad. Las variables novedad y variedad son las que atraen la atención y la dedicación.

#### **4.2. Trabajar la motivación**

La conducta de exploración comprende todas las actividades que incluyen respuestas destinadas a provocar cambios estimulares y la curiosidad se considera como el determinante motivacional que activa dicha conducta.

Si el alumno dirige su actividad hacia el conocimiento particular y preciso del estímulo, debido a la complejidad o la novedad excesivas que presenta, produce tal grado de

incertidumbre que eleva su activación hasta puntos excesivamente elevados. Esto es lo que se pretende con el cambio en el método que se propone a continuación.

# 5. Camino hacia la metodología basada en el realismo

*"Creemos que las condiciones están dadas como nunca para el cambio social y que la educación será su órgano maestro. Una educación desde la cuna hasta la tumba, inconforme y reflexiva, que nos inspire un nuevo modo de pensar, quiénes somos en una sociedad que se quiere a sí misma [...] Por el país prospero que soñamos al alcance de los niños".*

*Premio Nobel Gabriel García Márquez*

## 5.1 Introducción

De manera general, los enfoques respecto de la enseñanza de nuevos contenidos en asignaturas relacionadas con la ciencia en los centros de educación suelen ser de dos tipos:

1. De arriba hacia abajo y estrictamente teórico. Este se basa en dar discursos para instruir a los alumnos, a modo de conferencia, y completarlo con la resolución de problemas en clase.
2. De arriba hacia abajo con apoyo en el experimento. Este enfoque se basa en la experimentación directa de la teoría plasmada por el docente previamente.

Resulta interesante proponer un enfoque que rompa con los anteriores introduciendo el concepto de aprendizaje lateral. Este se basa en mantener un estado de conciencia plena, es decir, en encontrar un motivo de estudio, una aplicación directa y real, un punto de apoyo estimulante para el alumno. **Se trata de conseguir estimulación dando realismo a la teoría** y esto es lo que se va a proponer en este trabajo para ciertos contenidos de segundo de Bachillerato. Por todos es sabido que la ciencia trata de explicar los fenómenos que se dan en la naturaleza, y así surgieron las diferentes teorías que aparecen hoy en día en los libros de texto. Además, esas teorías se han empleado para dar fruto a infinidad de aplicaciones.

El temario de Física de segundo de Bachillerato es muy completo y abarca muchas áreas, lo que permite poder encontrar muchos ejemplos de fenómenos, efectos y aplicaciones que se correspondan con esa teoría.

Aprender una materia o una habilidad con una apertura a la novedad y darse cuenta activamente de las diferencias, los contextos y las perspectivas nos torna receptivos a los cambios en una situación en curso. En tal estado mental la información y las habilidades básicas guían nuestra conducta en el presente, en lugar de hacerla funcionar como un programa de computación. Cambiar el objetivo de nuestra atención, ya sea un objeto visual o una idea, aparentemente mejora nuestro recuerdo sobre él.



Existen diferentes formas de aumentar la variabilidad. Como educadores, podemos:

- Presentar estímulos novedosos a nuestros estudiantes. Podemos introducir material mediante juegos, analogías, etc.
- **Sin cambiar el estímulo, variar la perspectiva.** Por ejemplo, si el efecto Doppler es el estímulo, este se puede explicar desde la teoría general (*“Existe un fenómeno que relaciona las frecuencias y las velocidades de dos objetos en movimiento relativo...y dar ejemplos del mismo”*) o partiendo desde un ejemplo cotidiano en el que se manifieste como cuando pasa una ambulancia con la sirena activada por la calle (*este método permite interacción con el alumno, ya que se pueden plantear preguntas que le estimulen: “¿Alguien ha observado qué ocurre? ¿Por qué pensáis que el sonido se agudiza cuando se acerca la ambulancia?”; le harán sentirse partícipe de la clase, abrirá su imaginación para recordar qué ocurre en estos hechos cotidianos...*). Este método además ofrece la posibilidad de ampliar la perspectiva desarrollando otros casos en los que este efecto se da, como se verá en el siguiente apartado de la memoria, que resultan muy enriquecedores.

Enseñando a variar la perspectiva los alumnos pueden aprender este mecanismo para aplicarlo en el futuro por sí mismos y encontrar la motivación necesaria. Si la novedad está en la mente del que presta atención, no importa que el maestro cuente el mismo viejo tema, ya que el alumno sabrá cómo encontrar la motivación. Prestar atención a las cosas que disfrutamos resulta energizante y es posible sostenerla durante largos periodos.

## 5.2 Problemas emergentes de la metodología experimental en los centros educativos

*“El placer es el estado de sentirse atraído por lo que se aprende. Aprender es el proceso de ingresar a la experiencia de este tipo de placer. Sin placer, no hay aprendizaje. Sin aprendizaje, no hay placer”*

*Canción a la alegría, Wang Ken*

Los docentes de materias de ciencias tienen a su disposición multitud de experimentos para fundamentalmente ilustrar y/o demostrar los contenidos que correspondan. Está claro que es una manera de estimular a los alumnos, trabajar la atención y motivación, dar variedad y novedad a la metodología que suelen observar en sus profesores y por supuesto, de crear expectación e intriga sobre qué se obtendrá con dichos experimentos en un intento de conseguir que comprendan mejor los contenidos y obtener mejores resultados académicos.

La experiencia en varios entornos con alumnos demuestra que todos esos objetivos que se plantean con la experimentación como complemento a la teoría en un primer momento no son alcanzables fácilmente. Existen muchos factores que entorpecen el hecho de que este mecanismo sea adecuado:

### ***5.2.1 Tipo de prácticas que se desarrollan***

En la mayoría de casos, los docentes elaboran prácticas de laboratorio basándose en la teoría vista en clase y usan sobre todo las que se proponen en los libros de texto. Si se analizan estas propuestas se puede observar que están más bien enfocadas a la preparación para la Universidad y no al acercamiento del alumno a su mundo real, el cual está inundado de fenómenos físicos y químicos que perfectamente se pueden aprovechar para incentivarles en estas áreas de conocimiento. Además, los contenidos que se imparten en 2º de Bachillerato son muy adecuados para explicar gran cantidad de fenómenos y aplicaciones interesantes. ¿Por qué sucede esto?

La respuesta es sencilla, las prácticas vienen a disposición del docente y el otro método exige preparación, elaboración, dedicación fuera del aula, y esto evidentemente, es tedioso. Como resultado, con frecuencia la experimentación en los centros escolares se reduce a la demostración de fenómenos y teoremas estudiados en teoría, es decir, los alumnos ya saben desde el principio lo que va a suceder, el resultado que van a obtener, y es aquí donde se pierde la motivación por los mismos.

### **5.2.2 Temporización**

Habitualmente la duración de las clases es de 50 min. En caso de necesitar acudir al laboratorio, hay que contar con que en ese tiempo hay que organizar al grupo para que salga del aula, que se traslade ordenadamente al laboratorio, y viceversa cuando la campana suene al final de la clase. Esto resulta una tarea costosa, sobre todo en cursos como 3º y 4º de la ESO. Una vez se llegue al laboratorio, la nueva disposición de los alumnos en el aula, bien por grupos o parejas vuelve a ser un motivo de pérdida de tiempo importante: los 50 min iniciales se han reducido a 35 – 40 min ahora disponibles.

Llegado este punto, resulta todo un reto situar al alumno en el contexto adecuado con un poco de repaso de la teoría enlazada con el experimento a ejecutar, explicar el método de operación y desarrollar el proyecto en 35 min.

Si el experimento es desarrollado por el profesor a modo de demostración ha de tener todo el material preparado previamente (si no quiere provocar una pérdida popular de la atención) con la esperanza de que nada falle y de que el resultado sea todo lo espectacular que ellos esperan, de no ser así, los propios alumnos se habrán tomado esa sesión como una vía de escape a una clase tradicional sin más importancia.

En cambio, si el experimento está pensado para que lo desarrollen ellos hay que tener en cuenta que no operan con mucha agilidad, ya que no están acostumbrados a trabajar en equipo ni manejando instrumental de laboratorio. La experiencia demuestra que lo que más les cuesta a los alumnos es la organización de funciones entre las personas del grupo, y esto lleva tiempo, tiempo del que no se dispone en un curso escolar normal.

Por último, si en vez de experimentos en el laboratorio, el profesor busca demostraciones sencillas que poder visualizar en el aula, evitando el cambio de medio, y además cortas, la temporización deja de ser un problema. Por ejemplo, una buena forma de observar como convergen o divergen los haces de luz que pasan a través de

lentes se puede demostrar fácilmente con un juego de lentes y un puntero láser. Si lo que se quiere demostrar es cómo la variación de campo magnético produce corriente y viceversa, con una bobina y un imán sería suficiente. Son experimentos sencillos, seguros, cortos y muy ilustrativos.

### *5.2.3 Actitud de los alumnos frente a la experimentación*

Las actividades que no son “trabajo” son placenteras solo por el compromiso. Si suponemos que una actividad es juego, nos acercamos a ella en forma no evaluativa y nos involucramos en ella. El proceso de pasar del desconocimiento al conocimiento es lo que torna placentera una actividad. Una mayor exposición a estímulos desconocidos con frecuencia tiene el efecto de aumentar el gusto. Sin embargo, las variables novedad y variedad pueden provocar efectos no deseados si no se suministran en la medida adecuada.

Volvamos al caso en el que los alumnos desarrollan en el laboratorio una práctica experimental. Si se lo toman como un juego, como algo que en un principio les va a divertir, su actitud hacia ello cambia radicalmente en comparación a la que demuestran en una clase tradicionalmente teórica, dando lugar a un comportamiento más informal (están más revoltosos, excitados, habladores, inquietos, etc). Esto sin control, puede resultar un desenfreno y en su extremo, perder la esencia de la actividad.

¿Qué ocurre si la práctica consiste en tomar datos experimentales e interpretarlos? Esta tarea la suele llevar a cabo el/la más responsable del grupo y el resto vagamente se acordará de cómo se mide el periodo de un péndulo o se determina la gravedad de la tierra. La actitud de los más responsables del grupo estará marcada por la atención y la concentración. Por otro lado, la del resto se habrá tornado de aburrimiento y desmotivación.

¿Y si, la práctica dura varias clases repartidas en diferentes días? Los alumnos experimentan una especie de retroceso mental al inicio de cada sesión transcurriendo

una cantidad de tiempo a tener en cuenta hasta que son capaces de recapitular y continuar con las medidas. De nuevo, la actitud que manifiestan en estos casos no es deseable.

#### ***5.2.4 Medios relacionados con la experimentación en ciencia en los centros educativos***

Los laboratorios destinados a la ciencia en los centros escolares tienen bastantes carencias. El presupuesto con el que cuentan es pequeño y no siempre se puede abastecer de lo necesario para que todos los alumnos desarrollen las prácticas individualmente. Esto es una limitación a la hora de seleccionar qué prácticas de laboratorio hacer. En algunas ocasiones la propuesta es que la clase se divida en grupos y que cada uno de ellos pague su “kit” para el proyecto.

El material de laboratorio que se emplea en las prácticas relacionadas con la Física, por norma general, no es tan peligroso que el que se emplea para la Química ya que surgen varios problemas:

- Comprar compuestos químicos (disolventes, reactivos, agua destilada, etc) o aparatología (buretas, vasos de ensayo, pipetas, espátulas, etc) en grandes cantidades eleva el presupuesto bastante.
- Estas prácticas requieren una infraestructura concreta (pilas para lavar, campanas extractoras, etc) y contenedores de recogida de residuos tóxicos y contaminantes concretos, que de nuevo elevan la inversión.

Además, en las prácticas de Química aparece un problema asociado a la peligrosidad de manipular ciertas sustancias. Con alumnos de cursos inferiores de secundaria (1º, 2º, 3º y 4º de la ESO) es completamente imposible manejar ciertos compuestos tóxicos o peligrosos, aunque sea en pequeñas cantidades, como el ácido sulfúrico o sustancias inflamables por ejemplo. Un solo profesor no puede controlar a la vez que treinta alumnos estén fuera de peligro.

### ***5.2.6 Temario muy amplio, no da tiempo y además: la PAU***

Si nos centramos en el caso de la asignatura de Física de 2º de Bachillerato el temario es muy extenso, como ya se indicó antes. Esto añadido a que este curso tiene un objetivo concreto: la prueba de acceso a la universidad PAU, hace que no se dedique tiempo a la realización de prácticas en el laboratorio. Este hecho por sí sólo ya es un indicador de que las prácticas, tal y como están enfocadas en los centros escolares no sirven para que los alumnos aprendan ciencia a través del método experimental.

# 6. Diferentes propuestas que tratan ciertos contenidos del currículo de 2º de Bachillerato

*“No hay que empezar siempre por la noción primera de las cosas que se estudian, sino por aquello que puede facilitar el aprendizaje.”*

*Aristóteles*

## 6.1 ARCOIRIS





### 6.1.1 Introducción

La formación del arco iris es uno de los fenómenos naturales más hermosos y a su vez más sencillos de observar que conocemos. Se trata de un efecto de la física de la luz en la naturaleza que implica diversos contenidos de óptica completamente asequibles para alumnos de segundo de Bachillerato y compatibles con el temario correspondiente. Aún así, la mayoría de docentes pasan sobre este tipo de fenómenos como por una casualidad de la vida sin detenerse en ellos, sin aprovechar su potencial.

Según el DECRETO 42/2008, de 5 de junio, por el que se establece el currículo de bachillerato en la Comunidad de Castilla y León, el bloque 4 de la asignatura de Física de 2º de Bachillerato contiene los siguientes puntos a desarrollar entre otros:

- Dependencia de la velocidad de la luz con el medio.
- Propagación de la luz: reflexión y refracción. (Ley de Snell)
- Conceptos de absorción, dispersión de la luz
- Espectro visible.

La base de la siguiente propuesta consiste en explicar estos contenidos pero no desde un marco teórico, sino mediante el desarrollo de la formación del arco iris. Además, aprovechando el tema, también podremos explicar algunas curiosidades de manera transversal:

- a) ¿Por qué la trayectoria de la luz se dobla?
- b) Radiación invisible
- c) Más allá del prisma de Newton
- d) ¿Por qué el cielo es azul?

En la metodología clásica (enfoque de arriba hacia abajo: modo conferencia) se comenzaría con la explicación teórica de los conceptos de los puntos indicados anteriormente desde el punto de vista más general y se podría usar como ejemplo en algún momento de la lección el arco iris. El impacto que produce este tipo de

explicación en el mejor de los casos es que posiblemente los alumnos comprendan la teoría y sepan relacionar el arco iris con los conceptos de dispersión, refracción, etc. Sin embargo, lamentablemente no sabrán explicar qué ocurre exactamente o bajo qué condiciones se da dicho fenómeno. Una clase de este tipo minoriza la importancia de los fenómenos que respaldan la teoría ya que no se hace hincapié sobre ellos, sólo se ven de pasada. Esto a nivel general provoca que los alumnos sepan suficiente física como para aprobar el examen correspondiente pero no para comprender lo útil que es y que con ella pueden explicar su entorno.

La propuesta que se desarrolla a continuación es un intento de cambiar el punto de observación y activar la curiosidad, el ingenio y la motivación en los alumnos.

Una forma muy efectiva de activar la mente al inicio de una clase es el ataque directo con **preguntas o cuestiones** como: ¿por qué el cielo es azul?, ¿cómo se forma el arco iris?, ¿de cuántos colores se compone?, ¿siempre están igual ordenados?, ¿por qué tiene forma de arco?, ¿cuándo se observa y en qué condiciones?, etc. Analizando por encima las respuestas obtenidas se puede estimar, por ejemplo, si son capaces de relacionar estos fenómenos con las leyes físicas que los fundamentan.

De esta manera los alumnos se tomarán el tema en un tono informal, distendido o incluso como un juego. Tenemos que ser capaces de “engañar” su intelecto, de encajar teorías importantes de la física en el momento adecuado, una vez esté creada la curiosidad, y no en cualquier momento.

Otra de las ventajas que se pone de manifiesto usando esta metodología es que la propia explicación del fenómeno permite situar al alumno en un contexto histórico, ya que se apoya en lo sucedido cronológicamente, mediante el cuál ellos pueden caer en la cuenta de la importancia que tuvieron estos hallazgos, observaciones o suposiciones en el momento que surgían, ya que los medios eran bien distintos a los actuales (instrumentación sencilla, comunicación entre científicos era más complicada y lenta...)

### 6.1.2 Desarrollo de los contenidos

#### ¿Qué le ocurre a la trayectoria de la luz del sol cuando atraviesa una gota de agua?

En el siglo XVI aparecen los primeros intentos de teorías para comprender la formación del arco iris (Fletcher de Bleslau, 1551). El italiano **Antonius De Dominis (1566-1624)** supuso que los haces luminosos procedentes del sol cambiaban su trayectoria al entrar en la gota de agua y una vez dentro de ella “rebotaban” en las paredes hasta volver a salir de la misma pero habiendo cambiado su dirección respecto a la inicial (figura 2).

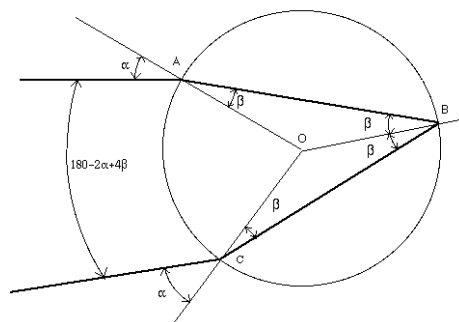


Figura 2. Trayectoria de los haces en el interior de una gota de agua.

Estos cambios en la trayectoria de la luz no son caprichosos, sino que siguen unas determinadas normas. Cuando un haz luminoso viaja con una velocidad y una trayectoria por un medio  $m_1$  (aire) e incide en otro  $m_2$  (agua), varían tanto su velocidad como la dirección de la trayectoria. El haz que continúa por el nuevo medio se llama **haz refractado**.

En la gota de agua, este llega hasta el punto B (la otra cara de la gota) y se refleja viajando por el interior. Este haz se denomina **haz reflejado**. La ley de reflexión indica que siempre el haz incidente y el haz reflejado forman el mismo ángulo con la normal a la superficie de choque, en este caso, la pared de la gota en dicho punto B.

La relación entre los ángulos que forman los distintos haces viene dada por la **ley de Snell** que afirma que:  $n_1 \text{sen} \theta_1 = n_2 \text{sen} \theta_2$  donde  $n_1$  y  $n_2$  son los **índices de refracción** de

cada medio ( $m_1$  y  $m_2$  respectivamente) y  $\theta_1, \theta_2$  los ángulos que forman el haz incidente y el haz saliente con la normal a la superficie respectivamente.

Cuando un haz de luz cambia el medio por el que se propaga, entonces también varía su velocidad de propagación como ya se ha indicado. El índice de refracción  $n$  da cuenta de esta variación ya que viene expresado como: velocidad de la luz/velocidad de propagación.

Dominis sólo supo dar la explicación de cómo se dirigen los haces de luz dentro de las gotas de agua (doble refracción) que se suponen esféricas en primera aproximación.

Extendiendo lo que ocurre en una sola gota de agua a todas las que componen una cortina de lluvia podremos visualizar el arco iris pero solo bajo ciertas condiciones, ¿cuáles?

El arco iris puede considerarse como una rueda gigantesca cuyo eje está formado por la recta que pasa por el Sol y el observador (figura 3). Para poder ver el arco iris es necesario que el observador se encuentre entre el proyector (Sol) y la imagen (arco iris), como cuando vemos una película en el cine.

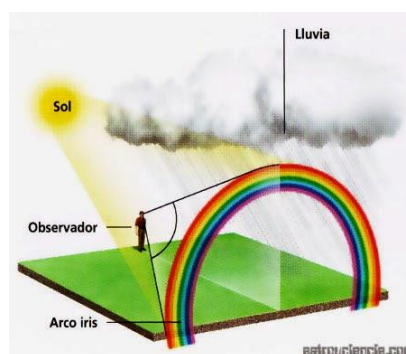
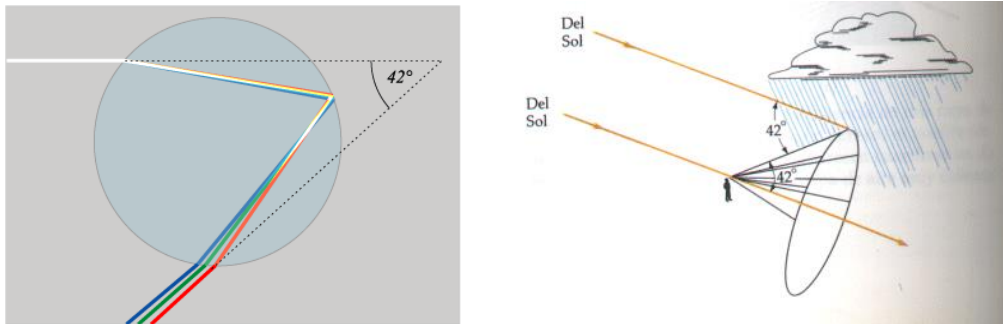


Figura 3. Disposición del observador para apreciar el arco iris

**René Descartes (físico francés, 1596-1650)** dedujo bajo qué condiciones angulares se podía observar el arco iris. Este demostró que la mayoría de rayos de luz que salen de

las gotas de agua forman un ángulo de aproximadamente  $42^\circ$  con la dirección del haz de luz de entrada (figura 4a y 4b):



*Figura 4. a) Ángulo con el que salen los haces de luz. b) Ángulo al que debe situarse el observador respecto a la rueda que forma el arco iris.*

Es fácil ver el cono imaginario en el que todos los puntos del arco iris forman el mismo ángulo con la dirección de la luz del sol ( $42^\circ$ ). Este es el motivo por el cuál el observador ha de estar situado justo en el vértice del cono para poder observar el arco iris.

### !!!Aparecen los colores!!!!

Sin embargo, ninguno de los dos científicos anteriores supo explicar cuál era la razón por la que se veían diferentes colores en el arco iris. Esto no pudo entenderse hasta que se desarrolló la teoría de los colores del científico inglés **Isaac Newton<sup>2</sup> (Woolsthorpe, Reino Unido, 1643-1727)**, lo que permitió explicar por completo el mecanismo físico del arco iris.

Newton construyó una cámara oscura virtual en una habitación de su casa en la cuál sólo había un pequeño orificio por el que pasaba la luz del sol en un haz dirigido hacia un prisma de cristal (figura 5). Newton observó que cuando los rayos solares atravesaban el prisma, ese haz de un solo color pasaba a estar compuesto por siete colores, que por cierto configuran el **espectro visible** de la luz. Mucha gente antes

<sup>2</sup> En este punto se puede incluir una reseña biográfica de Newton ya que fue un importante científico y su vida da pie a curiosas anécdotas.

había observado este fenómeno, pero él llevó a cabo un experimento con el cuál descubrió algo muy importante: ¿la luz se descomponía en colores o era el prisma en cambio el que manchaba la luz provocando el espectro?

El experimento consistía en la colocación de un segundo prisma a la salida del espectro y pudo comprobar que la luz, ya de un solo color que pasaba a través de éste último, salía de nuevo de un solo color. Luego la conclusión a la que llegó fue que no era el prisma el que manchaba la luz, si no que la luz del sol o conocida también como **luz blanca**, la que estaba compuesta de muchas otras.



Figura 5. Cámara oscura de Newton

Hoy en día sabemos que este fenómeno se denomina **dispersión de la luz** y se define como la dependencia del índice de refracción  $n$  con la longitud de onda (o color) de la luz.

Concretamente, el índice de refracción disminuye cuando aumenta la longitud de onda, de modo que las longitudes de onda más largas (rojo) se desvían menos que las cortas (azul) ¿En qué afecta esto al arco iris?

Las ondas de luz incidentes tienen diferentes longitudes de onda que abarcan desde los 380 (violeta) a los 750 nm (rojo) la parte visible por el ser humano y por tanto las trayectorias serán ligeramente distintas, dando lugar a conos de diferentes amplitudes. Así, tenemos un **cono de 40° para el violeta** y un **cono de 42° para el color rojo** (figura 6). Los colores intermedios forman conos cuyos ángulos están comprendidos entre esos

dos valores. La consecuencia inmediata es que en el arco iris **el color violeta está en el interior y el color rojo en el exterior** justificando así que siempre se observen los colores en el mismo orden y no otro.

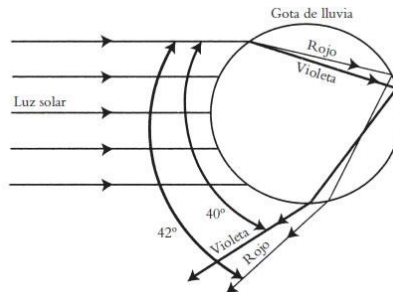


Figura 6. Ángulos bajo los que salen los haces de diferentes colores

En resumen, la luz blanca está compuesta de diferentes ondas de distintas longitudes de onda que viajan por el aire todas a la misma velocidad. Sin embargo, al cambiar de medio, se dividen en haces de distintos colores debido a la dispersión de la luz, cada uno de ellos con una velocidad, provocando diferentes arcos de colores separados entre sí.

### 6.1.3 Material complementario

#### 6.1.3.1 ¿Por qué la trayectoria de la luz se dobla?

En este apartado se propone un sencillo experimento para observar la desviación de la luz cuando pasa por medios que poseen índices de refracción diferentes y que podemos usar en clase. Se trata de un sistema sencillo de hacer y que provoca confusión a los alumnos ya que no esperan lo que se encuentran.

Se llena un recipiente de agua y se moja la punta de un subrayador fluorescente en su interior; así, el agua con tinta difunde la luz y nos permite ver la trayectoria del haz cuando atraviesa el medio. La fuente de luz en nuestro caso será un puntero láser.



Pidiendo la colaboración de un alumno, se colocan una serie de tirafondos formando **una línea recta** (paralela al haz de luz láser) en la zona que queda delante del recipiente y otros pocos después del mismo intentando seguir dicha línea, situando la vista a ras de la mesa (para poder colocar la segunda tanda mirando a través del recipiente y lo más alineados posible).

Al observar el sistema desde otra perspectiva, nos damos cuenta que la trayectoria que nos resultaba rectilínea en un principio, ahora no lo era como se aprecia en la imagen de arriba.

Esto es así porque cuando la luz atraviesa el medio con agua, ésta se desvía (refracción) siguiendo la ley de Snell ( $n_{\text{aire}} \text{sen} \theta_{\text{aire}} = n_{\text{agua}} \text{sen} \theta_{\text{agua}}$ , donde  $n_{\text{agua}} = c/v_{\text{agua}}$  y  $n_{\text{aire}} = c/v_{\text{aire}}$ ), ocurriendo lo mismo cuando el haz sale del medio “agua” al medio “aire”.

Durante el primer cambio de medio, la velocidad de fase es menor en el medio “agua” ( $v_{\text{agua}} < v_{\text{aire}}$ ), luego para que se mantenga la igualdad de la ley de Snell, el ángulo de refracción  $\theta_{\text{agua}}$  debe ser menor que el ángulo de incidencia  $\theta_{\text{aire}}$ , aquí se aprecia la primera desviación de la trayectoria de la luz.

Siguiendo el mismo discurso para el segundo cambio de medio (de agua a aire) lo que sucede es lo contrario. Ahora la velocidad de fase es mayor en el “aire” que en el “agua”, y por Snell, el ángulo de salida debe ser mayor que el procedente del medio “agua”. Este cambio se manifiesta de nuevo como otra desviación de la trayectoria de la luz. Como conclusión se puede decir que la trayectoria de la luz se desvía según esta cambia de medio de propagación debido a que cambia también su velocidad de fase.

### 6.1.3.2 Radiación invisible

Un siglo después de la observación de Newton con el prisma, en el 1800, el astrónomo **William Herschel (Hannover, Alemania, 1738-1822)** descubrió que hay algo más en el espectro de la luz solar que el arco iris de colores visibles. Cuando trataba de medir la



energía de los diferentes colores contenidos en la luz solar, Herschel pasó un termómetro lentamente a través del espectro que salía de un prisma de cristal. Para su sorpresa, encontró que la lectura de la temperatura más alta se correspondía a la región por encima del rojo y en esta no se mostraba luz de ningún color.

Este hecho evidenciaba que existía una forma de energía procedente del sol, muy importante (alta temperatura) e invisible. Esta radiación se denominó **infrarrojo** y nuestros ojos no la perciben pero nuestra piel sí puede sentir su efecto. Los detectores de rayos infrarrojos, muy usados en óptica militar, permiten en la actualidad ver en la más profunda oscuridad seres humanos y actividades industriales, incluso desde lo alto de un satélite.

Durante el siglo XIX se encontraron más formas de energía también invisibles como los ultravioletas, ondas de radio, rayos gamma y rayos X. En la figura 7 se muestra el espectro de radiación completo.

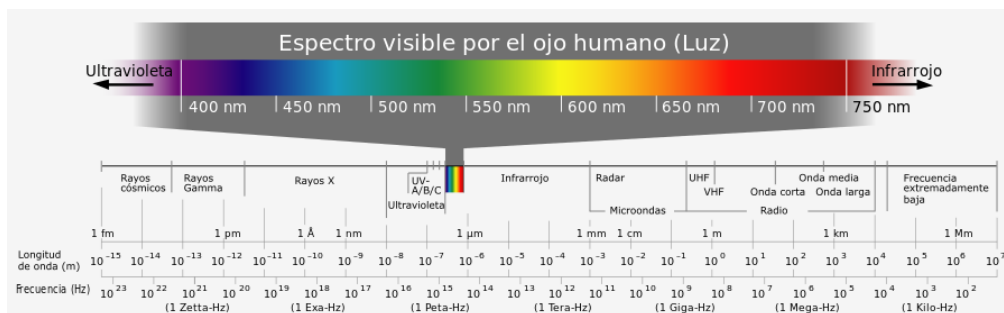


Figura 7. Espectro electromagnético

#### 6.1.3.4 Más allá del prisma de Newton

En la época de Newton, nadie comprendió su teoría. Los más célebres científicos del momento, como Hooke, criticaron su fundamento y los jesuitas ingleses llegaron a afirmar que el experimento en el que Newton basaba su teoría estaba mal realizado. Transcurrió casi un siglo y medio antes de que se volviera a estudiar esta curiosidad científica. Sin embargo, prácticamente por casualidad, Newton habría descubierto la base de la espectroscopia, que consiste en el estudio del espectro de diversas fuentes de luz.

El análisis del espectro solar que inició Newton ha tenido una importante descendencia científica y tecnológica, como son las múltiples variantes de la espectroscopía o de la cromatografía entre otras.

#### **6.1.3.5 ¿Por qué el cielo es azul?**

Cuando miramos a nuestro alrededor en un día soleado, somos capaces de distinguir que el cielo es azul y que los rayos de sol son homogéneamente “transparentes” a la vista, pero ¿nunca te has preguntado por qué el cielo es azul?

Como ya se ha comentado, el sol emite un espectro de longitudes de onda muy amplio, unas visibles y otras invisibles. Algunas de estas radiaciones no llegan a atravesar la capa de la atmósfera, ya que es capaz de absorber o difundir algunas longitudes de onda de luz más que otras, y esta es la clave del cielo azul.

La atmósfera absorbe parcialmente ciertas radiaciones y las transforma en calor, lo que constituye la radiación propia de la atmósfera. Dicha absorción se manifiesta en el espectro por bandas negras. Por otro lado, la difusión consiste en la infinidad de reflexiones sobre las moléculas de gas y las partículas sólidas en suspensión. Por este motivo resulta la expansión de la luz solar en todas las direcciones y el relativo aclaramiento de la atmósfera incluso cuando el sol está oculto.

Particularmente, la luz azul (450nm) se difunde mediante las moléculas de gas que componen la atmósfera cuatro veces más que la roja (750nm aprox.). Si el Sol está por encima del horizonte y contemplamos el cielo en una dirección distinta a la del Sol, entonces percibimos un tono azulado en el cielo (figura 8).

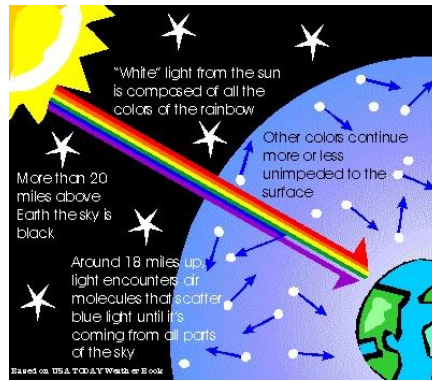


Figura 8. Dispersión de la luz en la atmósfera.

Pero, ¿por qué al atardecer dicho color azul desaparece dando paso al rojo? Cuando atardece, el Sol se sitúa cerca del horizonte, y su luz, antes de llegar hasta cualquier observador, atraviesa una espesa capa que difunde la luz azul, transmitiendo principalmente la roja (figura 9).

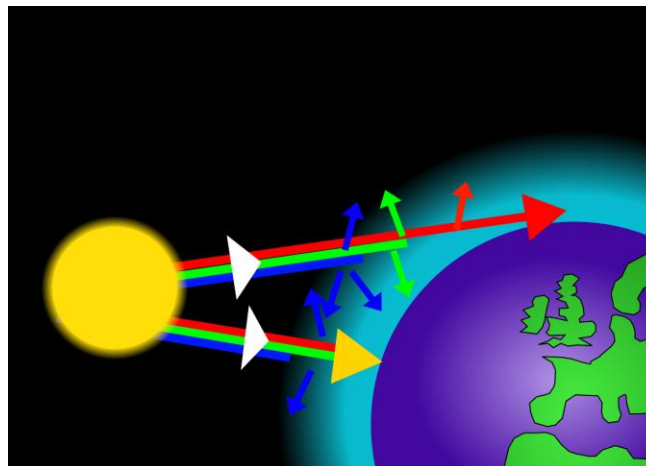


Figura 9. Si el sol está en el horizonte, se observa luz rojiza.

## 6.2 RADAR DE VELOCIDAD



### 6.2.1 Introducción

En este apartado se van a tratar algunos de los contenidos correspondientes al bloque 3 destinado a *Vibraciones y ondas* de la asignatura de Física de 2º de Bachillerato del DECRETO 42/2008, de 5 de junio, por el que se establece el currículo de bachillerato en la Comunidad de Castilla y León, pero, ofreciendo de nuevo una alternativa a la metodología tradicional conduciendo la teoría por múltiples aplicaciones hasta llegar al fundamento base de un radar de velocidad. Estos contenidos son concretamente:

- Efecto Doppler.
- Aplicaciones de las ondas al desarrollo tecnológico y a la mejora de las condiciones de vida.
- Contaminación acústica, sus fuentes y efectos. Medidas de actuación.

Además se volverá sobre el concepto de espectro, centrándonos esta vez en otro rango de frecuencias como son las microondas.

Probablemente a ningún alumno se le haya ocurrido nunca pensar que la expansión del Universo, el cambio de sonido que se aprecia cuando se acerca y aleja una ambulancia o la detección de la velocidad de un coche con un radar se basan en el mismo efecto: el efecto Doppler. Este resulta ser un fenómeno muy interesante de estudiar y fundamenta la explicación de un rango muy amplio de aplicaciones o hechos cotidianos.

La propuesta que se va a desarrollar resulta interesante ya que ofrece a los alumnos una visión muy amplia y desde diferentes perspectivas acerca del efecto Doppler, como es su estudio desde aplicaciones que involucran ondas sonoras o también, ondas electromagnéticas.

Por último se va a proponer también un ejercicio de ejemplo que podría pedirse en un posible examen de la asignatura.

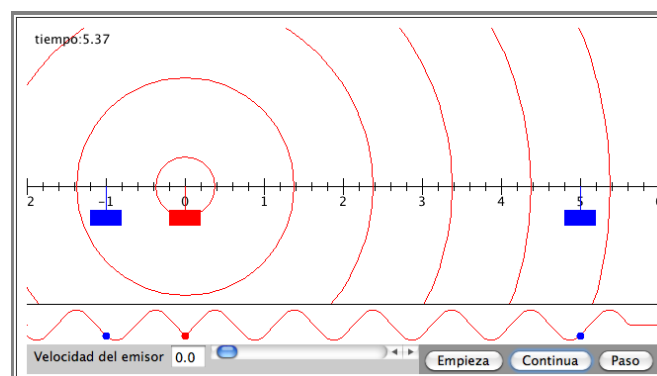
## 6.2.2 Desarrollo de los contenidos

### EFFECTO DOPPLER en el SONIDO

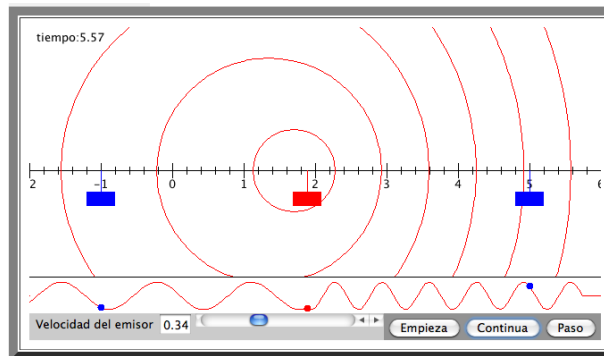
¿Qué ocurre cuando pasa cerca de nosotros una ambulancia? Con esta pregunta podemos situar al alumno en el tema y activar su imaginación y recuerdos. Observamos de manera habitual que cuando un **foco sonoro** en movimiento respecto a nosotros se acerca o aleja, la frecuencia y la tonalidad del sonido varían, escuchando así tonos más graves cuando se aleja y más agudos cuando se acerca.

Cuando un foco sonoro en reposo emite ondas, éstas se propagan y llegan al receptor con la misma frecuencia. Pero, ¿y si el foco y/o el receptor están en movimiento relativo?

Con ayuda de la simulación que se encuentra en este enlace web: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/ondas/doppler/doppler.html> se puede estudiar qué ocurre en diferentes situaciones. Mientras el foco emisor permanece en reposo, los frentes de onda son concéntricos alrededor de él y tienen la misma separación en todas las direcciones. En cualquier lugar, la longitud de onda y la frecuencia recibidas son iguales a las emitidas:



Si aumentamos la velocidad del emisor, entonces se observa que a un lado del foco las ondas se “comprimen” (aumentando la frecuencia) y al otro se “expanden” (disminuye la frecuencia):

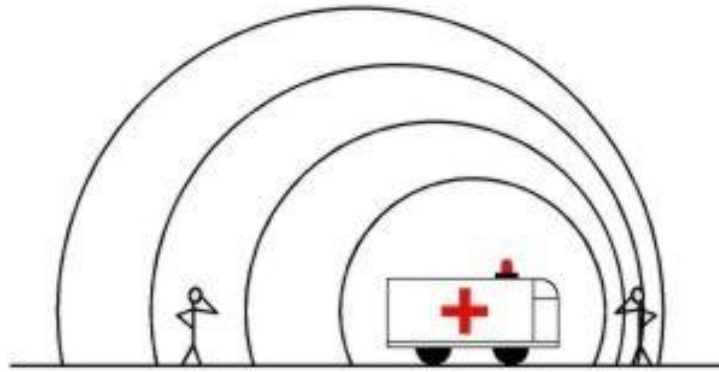


El observador que está a la izquierda (bloque azul) recibe ondas a más baja frecuencia, es decir, sonidos más graves, que el observador que se encuentra a la derecha que recibe mayores frecuencias y sonidos más agudos.

¿Por qué se “comprimen” las ondas? Observemos con atención que hay algo que no varía en el experimento, ¿el qué? La velocidad de propagación del sonido en el aire, que es constantemente 340m/s. En cambio, sí varía la velocidad del foco, ya que pasa de estar en reposo a estar en movimiento. El foco sigue emitiendo frentes de onda que se propagan a la misma velocidad  $v$  y estos deben recorrer menos distancia  $d$  hasta el observador cada vez, ¿qué le pasa por lo tanto a la frecuencia? Esta será menor!!! Ya que  $v=d*f$ , si  $v$  es constante y  $d$  disminuye,  $f$  necesariamente aumentará. Para el otro observador, ocurre justo lo contrario, el foco se aleja habiendo más distancia  $d$  cada vez, por lo que la frecuencia ahora será menor.

Los frentes de onda dejan de ser concéntricos, esto es, se compactan en el sentido en que avanza y se expande en el que se aleja.

En la vida diaria encontramos muchos ejemplos de este efecto (sirena de una ambulancia (figura 10) o coche de policía que pasa cerca de nosotros) y no es necesario que el movimiento relativo entre objetos sea muy grande.



*Figura 10. Variación de la frecuencia de las ondas emitidas por una ambulancia en movimiento según diferentes observadores.*

Esta variación en las frecuencias entre ondas emitidas y recibidas en función de la velocidad de los objetos bajo estudio se conoce como **efecto Doppler** y se debe al austriaco **Christian Doppler (1803-1853)**, que en 1842 lo desarrolló en un trabajo llamado "Sobre el color de la luz en estrellas binarias y otros astros".

La primera medición del efecto Doppler se llevó a cabo tres años después de su observación, necesitando para ello la colaboración de músicos con oído absoluto. El meteorólogo holandés Buys Ballot ubicó a varios trompetistas en una plataforma abierta en un vagón de tren. Al lado, en la vía, músicos con oído absoluto anotaban los cambios de tono con el movimiento del tren, verificando la predicción de Doppler.

El físico francés **Armand Fizeau (1819-1896)** también lo explicó, seis años después, sin tener conocimiento de que ya lo había explicado Doppler; por ello el efecto Doppler también se denomina Doppler-Fizeau.

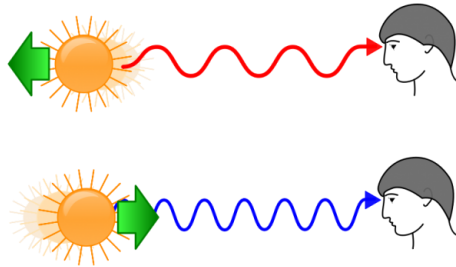
### **EFECTO DOPPLER con la LUZ**

#### **¿Y si en vez de sonido, el foco emite luz?**

Este efecto ocurre del mismo modo cuando en vez de ondas sonoras el foco emite luz. En este caso, la velocidad relativa al observador debe ser mucho mayor para poder



apreciar el fenómeno que en el caso de ondas sonoras. Si el foco se moviera a una velocidad cercana a la de la luz respecto a un observador, este observaría un cambio en la frecuencia de la luz que se manifiesta en un cambio de color: si se aleja el foco disminuirá la frecuencia observado así colores rojizos del espectro de luz visible y viceversa, si se acerca se verán tonos violetas del espectro (figura 11).



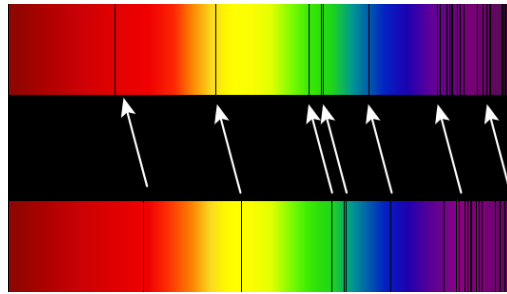
*Figura 11. Variación de la longitud de onda de la luz según nos acerquemos o alejemos del sol.*

¿Qué utilidad puede tener el hecho de observar **desplazamiento hacia el rojo o hacia el azul**? Esta pregunta está enfocada a que los alumnos intenten deducir directamente con lo que se ha visto que observar desplazamiento en las líneas del espectro tiene que ver con si los cuerpos se acercan o se alejan. Hoy en día sabemos que el **Universo se expande** gracias al efecto Doppler.

### **¿Cómo surgió la teoría del Big Bang?**

En el siglo XX, el astrónomo **Edwin Hubble (EEUU, 1889-1953)** observó lo que ocurría cuando la luz de las estrellas atravesaba un prisma, igual que cuando Newton observó la luz del sol al pasar por un prisma. Análogamente, descubrió que su luz se descomponía en siete colores (figura 12).

Hubble observó que, mirara donde mirara, el espectro estaba desplazado hacia el rojo con respecto al espectro de la luz solar. Esto quería decir que los objetos que analizaba se alejaban a gran velocidad de nuestra galaxia. Si todos los cuerpos se alejan entre sí, quiere decir que en algún momento de la historia del Universo estaban más próximos. De ahí surgió la teoría de la Gran Explosión, el Big Bang.



*Figura 12. Líneas de absorción en el espectro óptico de un supercúmulo de galaxias distantes (arriba), en comparación con las líneas de absorción en el espectro óptico del Sol (abajo). Las flechas indican el desplazamiento al rojo. Longitud de onda aumenta hacia el rojo y más allá (disminución de frecuencia).*

### EFEECTO DOPPLER con MICROONDAS

Algunas de las preguntas que se pueden plantear para encabezar este tema podrían ser: ¿alguien sabe cómo funciona un radar?, con lo visto hasta ahora, ¿cómo se puede utilizar el efecto Doppler para determinar a qué velocidad va nuestro vehículo?...

#### ¿Cómo funcionan los radares de velocidad?

Básicamente, un radar de control de velocidad actúa como un foco emisor de ondas, en este caso electromagnéticas en un cierto rango de frecuencias que luego veremos, que viajan a la velocidad de la luz y chocan con los vehículos que circulen por la carretera y que además llevan una cierta velocidad. El radar permanece inmóvil en el arcén y el vehículo se acerca hacia el mismo. El frente de ondas que recibe el radar vuelve con frecuencia diferente a la frecuencia emitida debido al efecto Doppler (figura 13). Determinando cuál es la nueva frecuencia, se puede deducir a qué velocidad va el coche.

Vamos a pensar cuál será la relación entre las velocidades y las frecuencias puestas en juego. Del mismo modo que ocurría con el sonido, si el vehículo se acerca a la fuente

emisora (el radar) las ondas que rebotan llevarán mayor frecuencia que las que emite, pero ¿cuánto mayor?

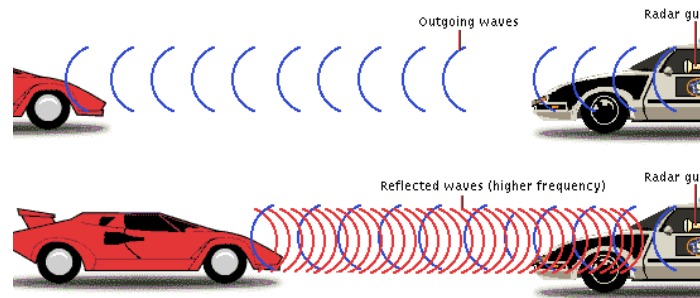


Figura 13. Frente de ondas emitido por un radar (arriba) y frente que rebota y vuelve con frecuencia diferente (abajo).

Supongamos que el vehículo lleva una velocidad  $v_r$ , el frente de ondas que emite el radar una frecuencia  $f$ , la velocidad de la luz de las ondas es  $v$  y la frecuencia de las ondas que rebotan con el vehículo y vuelven al radar  $f'$ .

La frecuencia  $f'$  será igual a la frecuencia  $f$  más una cierta cantidad que tiene que ver con lo que avanza el vehículo. Puesto que avanza  $v_r$  metros cada segundo hacia el foco, el número de ondas que recibe de más cada segundo el radar es:  $v_r/\lambda$ . En definitiva, el número de ondas por segundo que recibe el foco es:

$$f' = f + \frac{v_r}{\lambda}$$

La frecuencia  $f'$  la detecta el radar, la longitud de onda depende de la velocidad de la luz y la frecuencia  $f$  ( $\lambda=v/f$ ) y despejando de la ecuación, se determina por tanto la velocidad del vehículo:

$$v_r = \frac{(f' - f)v}{f}$$

El radar sabe que la velocidad máxima permitida corresponde con un determinado cambio de frecuencia. Cuando el cambio es superior al límite establecido, entonces se acciona la cámara y se desencadena el proceso de multa que todos conocemos.

**¿Qué frecuencia tienen las ondas de un radar de control de velocidad?**

Los radares que controlan la velocidad de los vehículos en la carretera emiten microondas. Estas son ondas electromagnéticas que oscilan a una frecuencia generalmente dentro del rango: 300MHz hasta 300GHz aproximadamente. El rango de frecuencias de ondas microondas se puede subdividir en diferentes bandas:

**Bandas de frecuencia de microondas**

Banda	P	L	S	C	X	K <sub>u</sub>	K	K <sub>a</sub>	Q	U	V	E	W	F	D
Inicio (GHZ)	0,2	0,5	1	2	8	12	18	26,5	30	40	50	60	75	90	110
Final (GHZ)	1	2	4	8	12	18	26,5	40	50	60	75	90	110	140	170

Particularmente en el caso de los radares de control de velocidad, se utilizan las bandas X, K, Ka, y Ku. La elección de una banda de operación u otra ha ido variando en función de encontrar radares que sean más difícilmente de detectar, ya que cuanto más alta es la frecuencia emitida, más complicada es de detectar con sistemas antirradar.

Para entender esto imaginemos dos emisores de frecuencia microondas en condiciones de igual potencia, uno en la banda X y otro en la banda Ka. Las ondas con mayor frecuencia (Ka) pierden energía más rápidamente provocando que su propagación sea menor que la otra (X), siendo más difícil su detección con sistemas antirradar.

Además, en la actualidad existen múltiples elementos que emiten en diferentes bandas microondas como son X, Ku y K (sensor de puertas automáticas, sensor de alarmas,...) que pueden producir falsas alarmas y errores en las medidas. Sólo hay una banda de emisión de microondas que se encuentra reservada para el Gobierno y que se puede usar exclusivamente con permiso de las administraciones: **la banda Ka**.

### ¿En qué banda de microondas trabaja el microondas de casa?

A estas alturas, ya sólo por el nombre de las mismas, los alumnos habrán sabido relacionar estas ondas microondas con las que se utilizan para calentar la comida en casa. Es interesante indicar que la frecuencia de estos aparatos ronda los **2,45GHz**. Las microondas de esta aplicación tan conocida tienen la energía suficiente como para excitar las moléculas de agua de los alimentos provocando la activación de movimientos rotacionales de las mismas que hacen que choquen entre sí generando calor (figura 14). Gracias a este efecto el microondas calienta la comida.

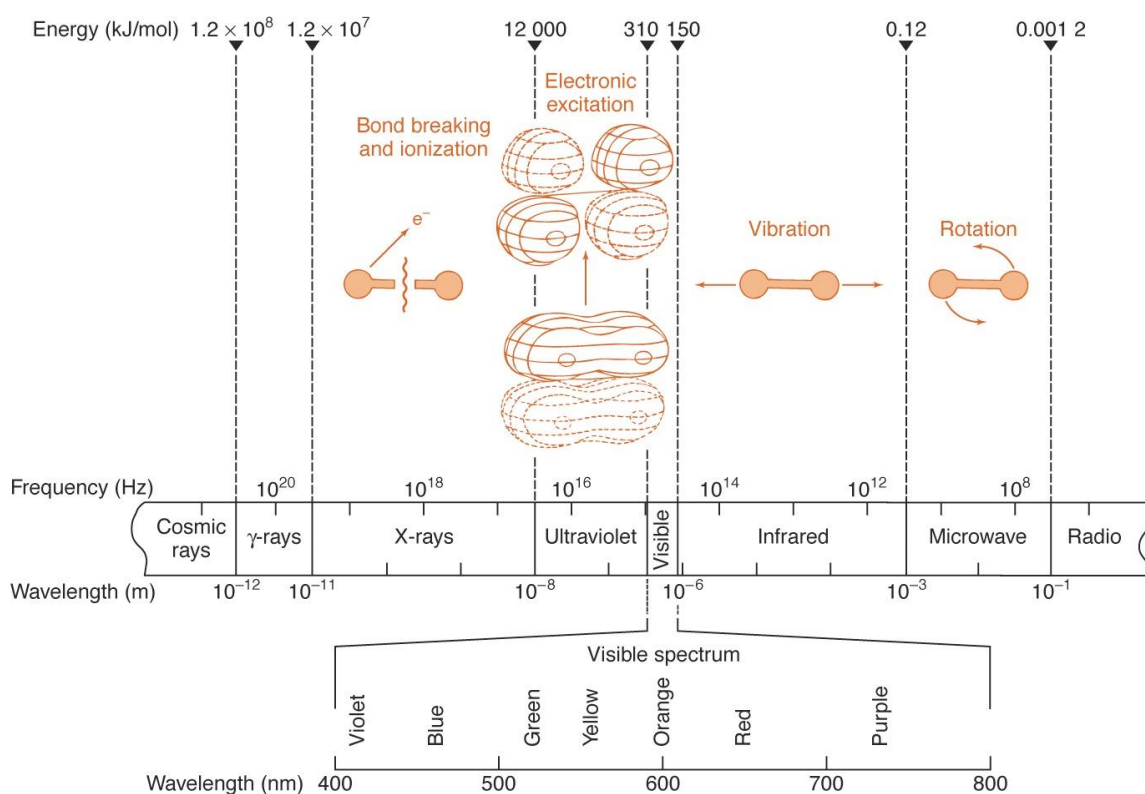


Figura 14. Diferentes movimientos moleculares posibles según la frecuencia de onda electromagnética

Una **propuesta** que surge aquí sería hablar en profundidad de los enlaces moleculares y estados de vibración de las moléculas enlazando con algunos contenidos del temario de la asignatura de Química para explicar este proceso completamente. Sin embargo, esta mezcla de áreas en las que se empasta la Física con la Química y se ven como una

sola de manera complementaria, según el caso una de la otra, es por el momento un reto muy interesante lejos de alcanzar.

### 6.2.3 Propuesta para una posible evaluación de los contenidos

A continuación se expone un posible enunciado de ejercicio para un examen:

*¿Cómo determina un murciélago a qué velocidad viaja su presa sabiendo que tiene la capacidad de emitir ultrasonidos cuya frecuencia en el aire supera los 20kHz? Describe la situación, di a qué fenómeno pertenece el mecanismo y fundamenta con ecuaciones tu respuesta.*

Con este tipo de preguntas no se evalúa directamente si el alumno es capaz de memorizar las fórmulas, ni de si sabe sustituir datos numéricos en ellas y despejar. ¡Vamos más allá! Se trata de que el alumno sepa relacionar completamente un hecho real con un fenómeno físico, desarrolle su imaginación para encajar dicho hecho con la teoría que conoce y despierte su ingenio para dar una explicación coherente del mismo.

En este ejercicio se pretende que el alumno relacione esta pregunta con el efecto Doppler, ya que el murciélago emite ondas que chocarán con la correspondiente presa, ambos en movimiento relativo. La frecuencia de vuelta (eco) que recibe el murciélago es diferente de la emitida. Esta variación de frecuencias permite al murciélago estimar la velocidad del objetivo. Una vez el alumno ha detectado a qué efecto pertenece el problema y lo ha descrito, la última fase del mismo es que desarrolle matemáticamente las ecuaciones que relacionan velocidades y frecuencias.

## 6.3 FUNCIONAMIENTO DE UNA PANTALLA TÁCTIL



### 6.3.1 Introducción

La tecnología de los móviles a día de hoy es muy compleja e implica un conocimiento muy amplio de muchas materias: química (baterías, síntesis de las moléculas que configuran la pantalla...), tecnología/ingeniería (circuitos, placas, antena...), informática (programación de funciones, interpretación de información de los circuitos...) u óptica (cámara, calidad de la pantalla...) entre otras. En este apartado nos vamos a centrar solamente en la descripción del funcionamiento general de las pantallas táctiles de estos dispositivos para dar cabida al desarrollo de algunos contenidos del bloque 5 (*Interacción electromagnética*) de Física de 2º de Bachillerato según el currículo de Castilla y León que se describen a continuación:

- Campo eléctrico. Magnitudes que lo caracterizan: intensidad de campo y potencial eléctrico. Campo creado por un elemento puntual.
- El amperio.
- Ondas electromagnéticas, aplicaciones y valoración de su papel en las tecnologías de la comunicación.

### 6.3.2 Desarrollo de los contenidos

#### **¿Qué es lo que ocurre exactamente cuando toco la pantalla del móvil?**

Todos estamos acostumbrados a manejar nuestros smartphone sin necesidad de utilizar botones etiquetados con números o letras como antes, ya que estos han sido sustituidos por pantallas táctiles completamente planas y homogéneas al tacto. Puede que alguna vez nos hayamos preguntado qué es lo que ocurre en el interior del terminal para que este sepa qué hacer cuando nuestro dedo toca ciertas regiones de la pantalla.

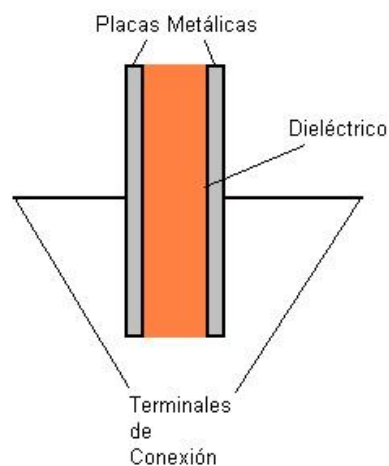
Cuando escuchamos la palabra táctil, ¿qué nos viene a la cabeza? Probablemente la mayoría piense inmediatamente en el propio cuerpo humano. Si tocamos cualquier



punto de nuestro cuerpo, nuestro cerebro sabe perfectamente qué punto es y lo sitúa en nuestro “mapa corporal”. Haciendo una analogía en base a esta idea, las pantallas táctiles deben de tener una especie de mapa conectado a un “cerebro electrónico” que permite detectar la posición sobre la que se toca del mismo modo que nuestra piel.

Existen varios tipos de pantallas táctiles, entre las que se encuentran las **pantallas capacitivas** que son las que se van a describir. Con la palabra “*capacitivas*” los alumnos deberían de activar su memoria y recordar un concepto visto ya en cursos anteriores en la asignatura de Tecnología como es el concepto de capacidad. Este sería buen momento para preguntar a los alumnos si alguien recuerda qué es o cómo se define la capacidad.

Bien sepan ellos mismos llegar a la conclusión de qué es o les hayamos guiado nosotros haciendo un breve repaso (“*la capacidad es la propiedad que tienen los cuerpos para mantener una carga eléctrica. La capacidad también es una medida de la cantidad de energía eléctrica almacenada para una diferencia de potencial eléctrico dada. El dispositivo más común que almacena energía de esta forma es el condensador*” [https://es.wikipedia.org/wiki/Capacidad\\_el%C3%A9ctrica](https://es.wikipedia.org/wiki/Capacidad_el%C3%A9ctrica)) debemos de plantear el esquema de un condensador o capacitor (figura 15), en el que se indique cada parte del mismo. Insistir aquí que esto debe ser un repaso ya que son conceptos que deberían estar aprendidos:



**Figura 15.** Esquema de un condensador

## ¿Cuál es la analogía entre el condensador y la pantalla capacitiva?

Una vez llegados a este punto, se plantea entonces la siguiente pregunta: ¿cómo pensáis que está hecha una pantalla táctil si esta es capacitiva? Intuitivamente, el alumno debe de ser capaz de imaginar algunas de las partes de dicha pantalla. En el siguiente esquema se observan los componentes de la misma:

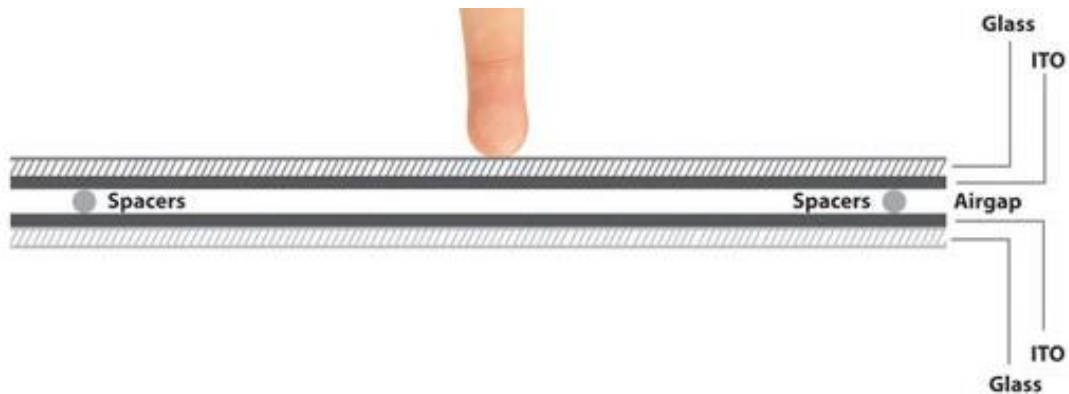


Figura 16. Esquema de una pantalla capacitiva.

En este esquema aparecen dos láminas de vidrio, cuyas caras internas están tratadas con ITO<sup>3</sup> (un **material conductor**) y separadas por una capa de aire (material dieléctrico, **mal conductor** de la electricidad). Cuando se activa el móvil (se aplica una tensión), se genera una diferencia de potencial entre las placas conductoras dando lugar a un **campo electrostático E** y las cargas eléctricas de signos opuestos se sitúan en las superficies conductoras como ocurre en un condensador.

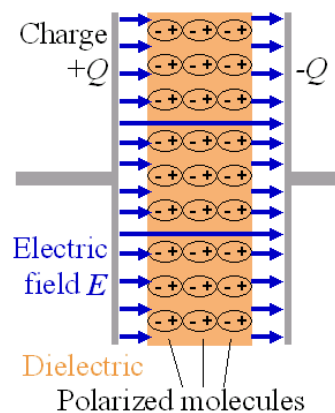


Figura 17. Dipolos moleculares y campo eléctrico en el interior de un condensador

<sup>3</sup> tin-doped indium oxide

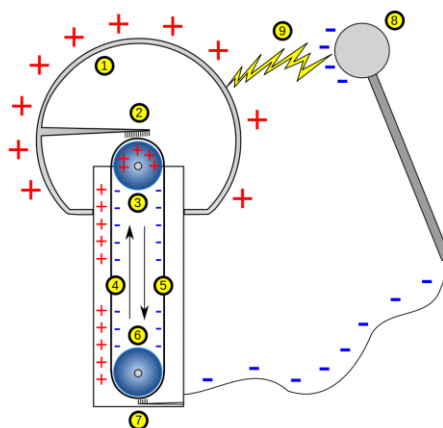
(No es cometido de los contenidos de 2º de Bachillerato desarrollar el funcionamiento de un condensador o cuál es la expresión que relaciona la capacidad del mismo con la carga y la diferencia de potencial, pero este punto sería idóneo para hacerlo en cursos anteriores introduciendo el tema de la pantalla táctil capacitiva.)

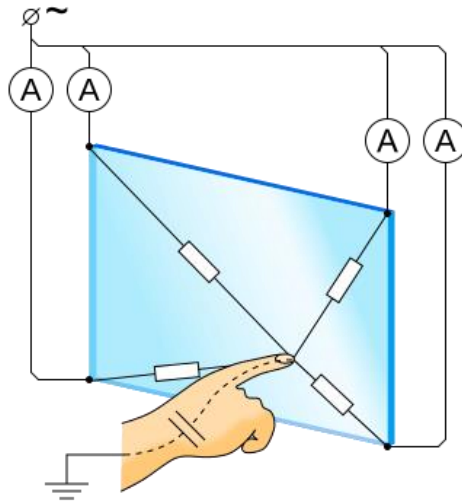
### Pero, ¿cómo se mueven las cargas?

Seguro que todos hemos sufrido alguna vez un chispazo al abrir la puerta de un coche en un día nublado, o al dar la mano para saludar a alguien. Esta pequeña descarga se debe a que nuestros cuerpos son conductores de electricidad (ofrecen poca resistencia al paso de la carga eléctrica) y cuando se tocan objetos cargados, las **cargas eléctricas** se transmiten a través de la piel generando un calambre si la diferencia de carga entre los dos medios es muy grande<sup>4</sup>. Precisamente gracias a este fenómeno funcionan las pantallas táctiles de nuestro móvil.

Al tocar la pantalla con el dedo, como nuestro cuerpo es también conductor eléctrico, se produce una distorsión del campo electrostático  $E$  creado de tal forma que la carga en la capa capacitiva disminuye. Este decrecimiento se mide en los circuitos situados en cada esquina de la pantalla.

<sup>4</sup> Lo mismo ocurre cuando se acerca el cabezal conectado a tierra de un Van der Graaf. Ver: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Van\\_de\\_graaf\\_generator.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Van_de_graaf_generator.svg)





*Figura 18. Esquema del circuito que compone una pantalla capacitiva cuando se toca con el dedo*

Gracias a la diferencia de carga entre cada esquina se calcula el sitio concreto donde se ha tocado y se envía la información al software de control. La principal ventaja de este sistema es que, al estar compuesto de pocas capas, la visibilidad de la pantalla mejora y la imagen se ve muy clara.

Dada la importancia de la carga eléctrica en este tema, este es un buen momento para desarrollar cuestiones como qué tipo de cargas existen, qué propiedades tienen, qué interacciones sufren y cómo se cuantifican (fuerza de interacción, Ley de Coulomb), dando paso al concepto de intensidad de campo eléctrico, y energía potencial eléctrica cubriendo así la primera parte de los contenidos deseados indicados en la introducción.

### **¿Y si hace frío?**

Con la llegada del invierno solemos usar guantes para proteger nuestras manos del frío, y seguro que muchos hemos intentado utilizar nuestras pantallas táctiles con ellos puestos llegando a la conclusión de que la pantalla no funciona, ¿qué ocurre?

Como ya se ha comentado, nuestro dedo es el conductor necesario para que exista una distorsión en el campo electrostático de ese condensador que forma la pantalla; si

tapamos nuestro conductor con el guante lo estaremos **aislando**, por lo que la pantalla no detecta ningún punto de contacto y en consecuencia ninguna orden.

### 6.3.3 Material complementario

#### 6.3.3.1 Pantallas resistivas

En el mercado de la tecnología existe una gran variedad de tipos de pantalla táctil dependiendo del mecanismo que utilicen, funciones que vayan a realizar o calidad deseada. Las pantallas que han interesado en este caso para desarrollar los contenidos expuestos en la introducción han sido las capacitivas, pero existen también las resistivas con las que podrían desarrollarse contenidos como la ley de Ohm, resistencias, circuito divisor de tensión y leyes de Kirchhoff propios del temario de 3º ESO y de 1º Bachillerato de la asignatura de Tecnología. En la siguiente tabla se indican detalladamente estos contenidos:

3º ESO	1º BACHILLERATO
<p>Bloque 5. Electricidad y electrónica.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Circuito eléctrico de corriente continua: magnitudes eléctricas básicas. Simbología. Ley de Ohm. Circuito en serie, paralelo, mixto.</li> <li>- Corriente continua y corriente alterna.</li> <li>- Montajes eléctricos sencillos: circuitos mixtos. Inversor del sentido de giro.</li> <li>- Efectos de la corriente eléctrica: electromagnetismo. Aplicaciones.</li> <li>- Máquinas eléctricas básicas: dinamos, motores y alternadores. Generación y transformación de la corriente eléctrica.</li> <li>- Aparatos de medida básicos: voltímetro, amperímetro, polímetro. Realización de medidas sencillas. Potencia y energía eléctrica.</li> </ul>	<p>5. Electricidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisión de la fenomenología de la electrización y la naturaleza eléctrica de la materia ordinaria. Ley de Coulomb.</li> <li>- Introducción al estudio del campo eléctrico; concepto de potencial.</li> <li>- La corriente eléctrica; ley de Ohm; asociación de resistencias. Efectos energéticos de la corriente eléctrica. Aplicación al estudio de circuitos básicos. Generadores de corriente.</li> <li>- La energía eléctrica en las sociedades actuales: profundización en el estudio de su generación, consumo y repercusiones de su utilización.</li> </ul>

- Introducción a la electrónica básica. Componentes pasivos: condensadores y resistencias. Componentes activos: diodos y transistores. Descripción de componentes y montajes básicos.
- Análisis de circuitos eléctricos y electrónicos característicos mediante programas de simulación.

El mecanismo de funcionamiento de las pantallas resistivas es ligeramente diferente al de las capacitivas. Del mismo modo que antes, sólo ya con el nombre se puede uno imaginar a priori de qué estarán compuestas: material resistivo o resistencias. Concretamente, estas pantallas constan de dos láminas tratadas de un material resistivo en toda su superficie salvo en dos pequeñas zonas alargadas situadas en los extremos de cada una de ellas que se componen de material conductor configurando un electrodo (figura 19).

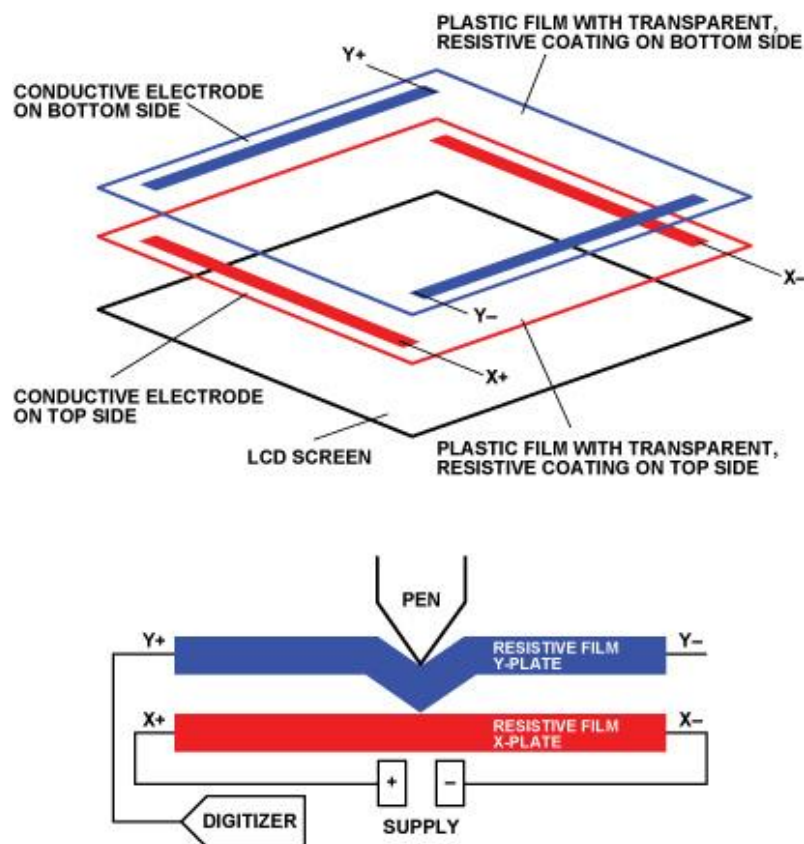
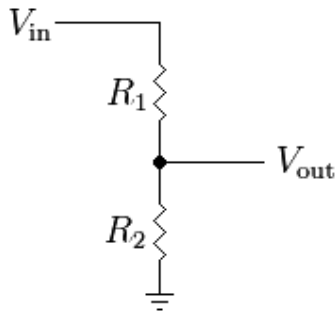


Figura 19. Esquema de una pantalla resistiva

Cuando tocamos con el dedo sobre la pantalla, la lámina superior se dobla llegando a tocar la lámina inferior, generando así un **circuito divisor de tensión**.



Por la **ley de Ohm** sabemos que:

$$\text{Intensidad} = \text{Voltaje} / \text{Resistencia}$$

Como la intensidad  $I$  de corriente (carga eléctrica por unidad de tiempo, se mide en amperios) es la misma en todo el circuito, por la **ley de Kirchhoff**:

$$\frac{V_{in}}{R_1 + R_2} = \frac{V_{out}}{R_2} \Rightarrow V_{out} = R_2 \frac{V_{in}}{R_1 + R_2}$$

La tensión  $V_{out}$  es la clave en este tipo de pantallas. Calculando esa tensión se puede localizar el punto exacto en el mapa de coordenadas XY de la pantalla. El procedimiento que siguen estos dispositivos es el siguiente:

1º) Se conecta la entrada Y+ a un convertidor de señal analógica a digital (DIGITIZER de la figura anterior). Si se suministra voltaje al circuito de la lámina inferior, en el punto de contacto habrá una tensión  $V$  que detecta la lámina superior. Esta recoge la lectura, un microprocesador mide la tensión y la digitaliza dando la coordenada exacta en X.

2º) Análogamente, se conecta X+ a un convertidor de señal analógica a digital y se suministra voltaje a la lámina superior. Ahora se recoge la coordenada exacta en Y.

3º) Una vez teniendo el punto de contacto completamente localizado se accionará el mecanismo correspondiente para que el móvil realice la orden deseada.

### 6.3.3.2 ¿Qué es lo que permite que exista la comunicación entre móviles?

Los terminales son emisores y receptores de **ondas electromagnéticas** a diferentes frecuencias. Con este punto de nuevo se puede retomar el concepto de **espectro**

**electromagnético** y situar en él qué tipo de ondas son las que permiten la comunicación entre móviles (figura 20).

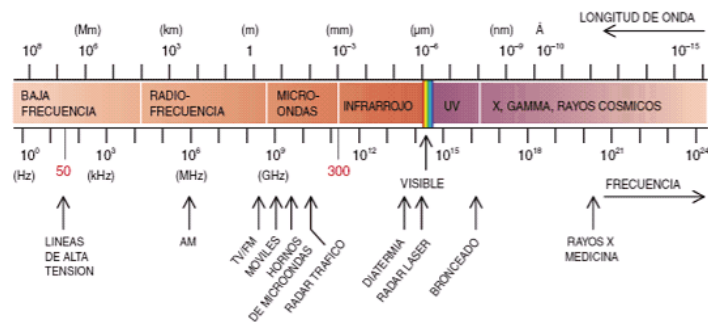


Figura 20. Espectro electromagnético.

Las ondas electromagnéticas no necesitan un medio para propagarse (la luz es capaz de propagarse en el vacío), y viajan a velocidad constante y muy alta: 300 km/s. Las ondas electromagnéticas se propagan mediante una oscilación de campos eléctricos y magnéticos y llevan asociada **una frecuencia** concreta. Las bandas son los distintos rangos de frecuencias que llevan las ondas electromagnéticas. En el caso de los móviles, dependiendo el tipo de terminal del que dispongamos, en España podremos encontrar las siguientes bandas:

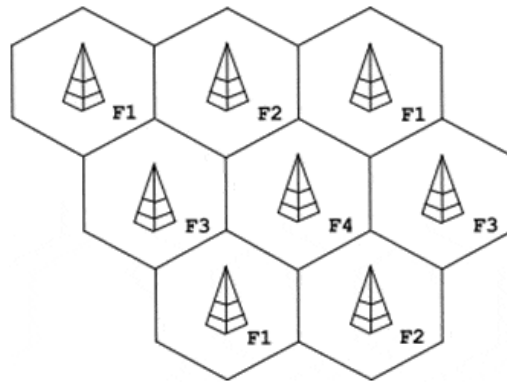
**GSM:** 0.9 y 1.8 GHz.

**3G:** 0.9 (desde septiembre de 2011) y 2.1 GHz.

**4G/LTE:** 0.8 (desde abril de 2015), 1.8 GHz y 2.6 GHz.

La telefonía móvil básicamente está formada por dos partes: la **red de comunicaciones** compuesta por antenas repartidas por la superficie terrestre y los **móviles** que dan acceso a dicha red. Las compañías telefónicas dividen el espacio en subáreas, llamadas células, creando una inmensa red de hexágonos (por este motivo en Latinoamérica a los móviles les llaman celulares).





En cada célula hay una estación base que a su vez contiene decenas de **canales**. Cada canal lleva asociada una frecuencia, por lo que se puede definir canal como vía por la que se emiten o reciben ondas electromagnéticas a una frecuencia determinada. Como todos sabemos pueden hacerse múltiples llamadas simultáneamente y esto es gracias a que los canales llevan diferentes frecuencias: varias decenas de personas pueden comunicarse simultáneamente en cada célula sin interferirse unas con otras.

# Conclusiones

En los primeros capítulos de la memoria se ha desarrollado las causas por las que la metodología tradicional a veces no funciona y esto hace que se pierda la motivación de los alumnos por la ciencia. Es evidente que ante un entorno de continuo cambio, la metodología en la educación (en este caso en ciencias) ha de cambiar también y ofrecer nuevas perspectivas a los estudiantes que les sean útiles ya no solo para explicar el medio sino también para su día a día, creando personas independientes con un criterio propio, capaces de abrir su mente y de encontrar soluciones a los problemas que les puedan surgir.

En el último capítulo de la presente memoria, se han desarrollado tres bloques dirigidos a contenidos de Física de 2º de Bachillerato que se han tratado desde otro punto de vista respecto a la metodología tradicional. Lo que se ha pretendido es incentivar al alumno con propuestas o preguntas que se les hayan podido ocurrir en algún momento de sus vidas, tratando hechos que conocen bien como son el arco iris, un radar de velocidad o la pantalla de sus teléfonos móviles. Una vez despierto el interés o la intriga, habrá que introducir el fundamento teórico correspondiente pero siempre haciendo referencia al fenómeno o aplicación, es decir, buscando continuamente un realismo a las ecuaciones o enunciados. Gracias a esto los alumnos encontrarán mucho sentido a la ciencia.

Como ya se ha ido indicando a lo largo de la memoria, sería muy interesante complementar esta propuesta con contenidos de Química, así como de otras áreas bien sean Tecnología, Informática o Biología por ejemplo. Ofrecer una gama amplia de fenómenos que puedan estar explicados completamente por todas las disciplinas a la vez es un objetivo difícil pero no imposible.

Algunos centros ya trabajan así los contenidos de varias materias a modo de proyecto piloto encontrando muy buenos resultados, por ejemplo, el Colegio Jesús y María en la Plaza Santa Cruz de Valladolid trabaja con este método durante dos semanas completas dentro del curso escolar. Durante esas semanas se borran los horarios repartidos por distintas asignaturas, empastando todas ellas en una misma y

trabajando todas las disciplinas a la vez. El Norte de Castilla toma nota de ello en la siguiente noticia de prensa:

*“Asomados al Universo”*. Recuperado en Junio de 2015 en:

<http://www.elnortedecastilla.es/valladolid/201503/27/asomados-universo-20150327175849.html>

Para desarrollar estas estrategias en un centro se necesitaría la colaboración de todos los docentes, mucho trabajo en equipo y la elaboración de una programación renovada. Este trabajo pretende ser una pequeña aportación a esta metodología esperando sea fructífera en un futuro.

# Referencias

**Referencias tomadas de libros:**

- Tiana, A. (2014), *Historia de la educación social*, Madrid, España, Uned.
- James, W. (2010), *The principles of psychology*, Digireads.com Publishing.
- Morado, I. (2014), *Aprender, recordar y olvidar*, Barcelona, España, Ariel.
- Langer, E. (2000), *El poder del aprendizaje consciente*, Barcelona, España, Gedisa.
- Fernandez-Abascal, E., Martín-Díaz, M. y Domingo-Sánchez, J. (2001), *Procesos psicológicos*, Pirámide
- Pepin, R. (2009), *Sol, arena y ciencia*, Barcelona, España, Océano.
- Tarasov, L. y Tarásova, A. (1982), *Charlas sobre la refracción de la luz*, Moscú, Rusia, Mir.
- Matthews, R. (2010), *¿Por qué la araña no se queda pegada a la tela? y otros misterios de la ciencia*, Ariel.
- Lewin, W. y Goldstein, W. (2012), *Por amor a la física*, Debate.
- Messadie, G. (1995), *Los grandes descubrimientos de la ciencia*, Madrid, España, Alianza editorial.
- Querada-Sala, J. (2005), *Curso general de meteorología*, Castellón, España. Publicaciones de la Universitat Jaume I.
- Rojo, A. (2010), *La física en la vida cotidiana*, Barcelona, España, RBA libros S. A.
- Mazón-Bueso, J. (2013), *100 preguntas de física*, Barcelona, España, Lectio Ediciones.
- Roberts, R. M. (1992), *Descubrimientos accidentales en la ciencia*, Madrid, España, Alianza Editorial.
- Bona, B. (2001), *Historia de la luz*, Madrid, España, Espasa Calpe.

**Referencias tomadas de Wikipedia:**

- Edwin Hubble, (s. f). En Wikipedia. Recuperado en Junio de 2015 de [https://es.wikipedia.org/wiki/Edwin\\_Hubble](https://es.wikipedia.org/wiki/Edwin_Hubble).
- Espectro visible, (s. f). En Wikipedia. Recuperado en Junio de 2015 de [https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro\\_visible](https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_visible).
- Frecuencias telefonía móvil, (s. f). En Wikipedia. Recuperado en Junio de 2015 de [http://wiki.bandaancho.st/Frecuencias\\_telefon%C3%ADa\\_m%C3%B3vil](http://wiki.bandaancho.st/Frecuencias_telefon%C3%ADa_m%C3%B3vil).
- Divisor de tensión, (s. f). En Wikipedia. Recuperado en Junio de 2015 de [https://es.wikipedia.org/wiki/Divisor\\_de\\_tensi%C3%B3n](https://es.wikipedia.org/wiki/Divisor_de_tensi%C3%B3n).

Leyes de Kirchhoff, (s. f). En Wikipedia. Recuperado en Junio de 2015 de [https://es.wikipedia.org/wiki/Leyes\\_de\\_Kirchhoff](https://es.wikipedia.org/wiki/Leyes_de_Kirchhoff).

**Referencias tomadas de diversas páginas web o blogs:**

Villasuso-Gato, J. La ciencia de la luz y el color. Teleinformación. Recuperado de <http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/color/arcoIris/pascalReanault/rainbow.html>

Calvo, J. (2014). Arco iris. ¿Cómo y por qué se forman?. Meteosojuela. Recuperado de <http://meteosojuela.blogspot.com.es/2014/10/arco-iris-como-y-porque-se-forman.html>

Filósofo (6 Julio 2011). ¿Por qué se forma el arco iris? [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://fisilosofo.wordpress.com/2011/07/06/%C2%BFpor-que-se-forma-un-arco-iris/>

Departamento de física y química del IES “Leonardo da Vinci”. Propiedades de las ondas. Efecto Doppler. Intercentres. Recuperado de: <http://intercentres.edu.gva.es/iesleonardodavinci/Fisica/Ondas/Ondas13.htm>

Anónimo (2006-2013). Bandas de frecuencias de radares de tráfico. Todoradares. Recuperado de <http://www.todoradares.com/bandas-de-frecuencias-de-radares-de-trafico/menu-id-985>

Llamazares, J. C. ¿Cómo funciona?: Pantallas y ratones táctiles o "touchpad." Ecojoven. Recuperado de <http://www.ecojoven.com/dos/05/tactil.html>

Villasuso-Gato, J. La ciencia de la luz y el color. Teleinformación. Recuperado de [http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/Ondasbachillerato/ondasEM/ondasEleMag\\_indice.htm](http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/Ondasbachillerato/ondasEM/ondasEleMag_indice.htm)

Anónimo. Telefonía móvil. Área tecnología. Recuperado de <http://www.areatecnologia.com/telefoniamovil.htm>

Anónimo (2007-2015). Definición de sinapsis. Definición ABC. Recuperado de <http://www.definicionabc.com/salud/sinapsis.php>

Calleja, R (2010). Un nuevo modelo educativo para el siglo XXI. Comunidad escolar. Recuperado de <http://comunidad-escolar.pntic.mec.es/880/report1.html>

Bastida de la Calle, M. F. (1990). Prácticas de laboratorio, ¿una inversión poco rentable? Investigación en la escuela (11), 77-91.

**FIGURAS DEL TEXTO. Recuperadas en:**

Física del arco iris. [Imagen]. Recuperada en:

<http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/color/arcoIris/pascalReanault/rainbow.html>

Arco iris, cómo se forma y por qué. [Imagen]. Recuperada en:

<http://meteosojuela.blogspot.com.es/2014/10/arco-iris-como-y-porque-se-forman.html>

¿Por qué se forma un arco iris? (2011). [Imagen]. Recuperada en:

<https://fisilosofo.wordpress.com/2011/07/06/%C2%BFpor-que-se-forma-un-arco-iris/>

Espectroscopia. [Imagen]. Recuperada en:

<http://www.quimica3d.com/ir/br/introducao.php>

Why is the sky blue, and why are clouds white? (1996). [Imagen]. Recuperada en:

[http://www.pa.msu.edu/sciencet/ask\\_st/052296.html](http://www.pa.msu.edu/sciencet/ask_st/052296.html)

Dave Ansell. Science Communication. [Imagen]. Recuperada en:

<http://www.daveansell.co.uk/?q=node/22>

Ramírez, M. (2012). Sonido. [Imagen]. Recuperada en:

<http://www.monografias.com/trabajos16/sonido/sonido.shtml>



Núñez, O. (2013). Efecto Doppler: Desplazamiento hacia el rojo y el azul. [Imagen].

Recuperada en:

<http://curiosidades.batanga.com/4424/efecto-doppler-desplazamiento-hacia-el-rojo-y-el-azul>

Perera, S. (2012). Life is like living in a microwave oven or “Is this a Doppler?”.

[Imagen]. Recuperada en: <http://www.siriperera.com/?p=799>

Espectro electromagnético. [Imagen]. En Wikipedia. Recuperado en Junio de 2015 de

[https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro\\_electromagn%C3%A9tico#Microondas](https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagn%C3%A9tico#Microondas)

<http://telosworld.com/condensadores-electricos/>

Telos Word (2014). Condensadores eléctricos. [Imagen]. Recuperada en:

<https://techexplainer.wordpress.com/2012/04/02/resistive-vs-capacitive-touchscreen/>

Dieléctrico. [Imagen]. En Wikipedia. Recuperado en Junio de 2015 de

<https://es.wikipedia.org/wiki/Diel%C3%A9ctrico>

Pantalla Táctil. . [Imagen]. En Wikipedia. Recuperado en Junio de 2015 de

[https://es.wikipedia.org/wiki/Pantalla\\_t%C3%A1ctil](https://es.wikipedia.org/wiki/Pantalla_t%C3%A1ctil)

Finn, G. (2010). New Touch-Screen Controllers Offer Robust Sensing for Portable

Displays. [Imagen]. Recuperada en:

[http://www.analog.com/library/analogDialogue/archives/44-02/touch\\_screen.html](http://www.analog.com/library/analogDialogue/archives/44-02/touch_screen.html)

Eventyam Ingenieros S. L. (2015). Seguridad electromagnética. [Imagen]. Recuperada

en: <http://www.eventyam.com/es/servicios>

### **Lecturas muy interesantes para recomendar a los alumnos**

Moje, S. W. (2013), *Ciencia divertida*, Barcelona, España. RBA divulgación.

Pepin, R. (2009), *Más allá de las apariencias*, Barcelona, España, Océano.

Mingote, A. y Sánchez, J. M. (2008), *Viva la ciencia*, Barcelona, España. Crítica.

Ablanque Ramírez, J. (2009), *La física de un día*, Madrid, España, Equipo Sirius.

Muñoz Santonja, J. (1999), *Newton, el umbral de la ciencia moderna*, Madrid, España, Nivola libros y ediciones, S. L.