

TRABAJO FIN DE MÁSTER



Universidad de Valladolid



PREPARACIÓN DE UNA PRÁCTICA DE LABORATORIO DE FÍSICA:

*APLICACIÓN DE LA FÍSICA AL DISEÑO DE UN
PRODUCTO: HISTÉRESIS DE UN MATERIAL ELÁSTICO*

- MÁSTER UNIVERSITARIO PROFESOR -
EDUCACIÓN SECUNDARIA

Alumna: Noelia Rubio Ramos

Tutores: José María Muñoz

Marco Antonio Gigoso

Enseñar es dejar una huella
en la vida de otra persona.

-Autor anónimo-

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Motivación.....	1
1.2. Objetivo del trabajo fin de máster.....	2
1.3. Contextualización de la temática del TFM.....	3
1.4. Aspectos docentes y didácticos.....	5
1.4.1. Planificación de la enseñanza/aprendizaje	
1.4.2. Metodología y estrategias de enseñanza	
1.4.3. Evaluación de la enseñanza/aprendizaje	
2. DISEÑO DE UNA PRÁCTICA DE LABORATORIO.....	9
2.1. Fundamento teórico	9
2.2. Recursos.....	14
2.3. Pautas para la elaboración de la experiencia.....	18
2.4. Presentación de la actividad.....	19
2.5. Elaboración del guión de laboratorio.....	23
3. INFORME DE LABORATORIO.....	26
4. CONCLUSIONES DEL TFM.....	32
5. ANEXOS.....	34
6. REFERENCIAS.....	36
7. AGRADECIMIENTOS.....	37

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Motivación

El presente trabajo se contextualiza en el **Máster en profesor de educación secundaria obligatoria y bachillerato, formación profesional y enseñanza de idiomas** impartido en la Universidad de Valladolid, siendo la **especialidad** elegida la de **Física y Química**.

El interés por la enseñanza lo he mostrado desde una edad muy temprana y la principal motivación que me ha llevado a realizar dicho máster ha sido la de querer profesionalizar las clases que desde hace tiempo imparto, adquiriendo una formación avanzada que me habilite para el ejercicio de la profesión docente, aplicando los conocimientos adquiridos relacionados con la gestión de diferentes situaciones en entornos dispares, así como el desarrollo de las habilidades de comunicación y resolución de problemas. Considero la enseñanza la parte nuclear de una sociedad democrática y, como tal, imprescindible para el desarrollo coherente de la vida en sociedad, formando individuos no solo cultos sino educados en el sentido más amplio del término. Esta convicción personal de considerar la educación el pilar básico de una sociedad desarrollada es lo que me ha impelido a realizar este máster, con el objeto de contribuir en el futuro a formar a las nuevas generaciones de estudiantes. La elección de la especialidad (Física y Química) es coherente con mi formación previa y proviene, igualmente, de una profunda creencia personal: si la educación es la mejor herramienta para el desarrollo, la Ciencia ha demostrado ser una materia imprescindible para alcanzar el nivel de desarrollo y el estado de bienestar actuales. La ciencia, materia transversal donde las haya, ha obtenido un nivel de desarrollo tal que inunda toda la sociedad. El desarrollo y la puesta a punto de nuevas tecnologías que se sirven, a su vez, de nuevos materiales y técnicas han irrumpido en la vida cotidiana de los ciudadanos de manera torrencial en las últimas décadas. Conviene recordar en este punto que gran parte de este nivel de desarrollo ha sido alcanzado sobre los primeros principios o principios básicos de las dos ciencias puras, junto con la medicina, que son la Física y la Química.

La educación secundaria supone una etapa de consolidación y sobre todo de gran crecimiento personal, continúa la tarea de formar a los alumnos, ampliando los conocimientos y la cultura de los estudiantes. La etapa de bachillerato es crucial en la formación del alumno, ya que, se trata de un periodo de estudios no obligatorio, y por tanto, de libre elección por parte del

estudiante y, además es el paso previo a la educación superior. El alumno ha de finalizar su educación secundaria –incluido el bachillerato- formado ya para su vida, no hay que olvidar que al finalizar esta etapa estudiantil se alcanza la mayoría de edad, con todas las consecuencias que ello conlleva, a nivel personal y como ciudadano dentro de la sociedad.

El título de este trabajo de fin de máster es <<Preparación de una práctica de laboratorio de Física para enseñanza de Secundaria o Bachillerato>>. En concreto, el tema elegido es <<el estudio del fenómeno de histéresis presentado por materiales elásticos>>

El porqué de la temática elegida (bloque de Física) tiene que ver con la pretensión de desarrollar nuevas aptitudes en la enseñanza de la Física, esperando ser profesora de Física y Química en un futuro y, siendo Licenciada en Química, queriendo romper barreras personales con la divulgación de la Física.

1.2. Objetivo del trabajo fin de máster

Siendo este trabajo uno de los requisitos a superar para obtener el título que acredita para la dedicación a la profesión docente, el objetivo principal del presente trabajo es el de aplicar los conocimientos y las herramientas adquiridas en el transcurso del máster realizado (tanto en la parte común como en la formación específica). Para ello, se ha desarrollado una actividad práctica pretendiendo acercar un poco más al alumno el mundo científico, considerando tan importante el qué se imparte como cómo se imparte.

Con esta experiencia del laboratorio se pretende que el alumno:

- Identifique la conexión que existen entre la Ciencia y la vida cotidiana.
- Comprenda la importancia y las ventajas que conllevan los avances científicos.
- Comprenda la dedicación y el sacrificio implícito en la investigación científica.
- Conozca, entienda y sepa aplicar el lenguaje científico inherente al estudio de toda materia científica.
- Reflexione acerca de las aplicaciones de los conceptos impartidos.
- Conozca y maneje las TIC relacionadas con el mundo científico.
- Adquiera o desarrolle la competencia matemática para describir los fenómenos físicos.

Ahondando más en esa idea apuntada en la introducción, se considera objetivo fundamental que el alumno adquiera las habilidades necesarias para aplicar sus conocimientos teóricos en problemas prácticos experimentales, consiguiendo así un aprendizaje global.

1.3. Contextualización de la temática del TFM

Teniendo en cuenta la normativa vigente, siendo ésta la **ORDEN EDU/363/2015, de 4 de mayo**, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo del bachillerato en la Comunidad de Castilla y León, la actividad práctica propuesta en este trabajo se sitúa en el **Bloque 7**, denominado <<**Dinámica**>> perteneciente a la asignatura <<**Física y Química**>> del **primer curso de Bachillerato**.

Según aparece la *página 32598* del BOCYL del 8 de mayo de 2015, en este bloque se <<*...desarrollan las leyes fundamentales del movimiento de los cuerpos, las fuerzas de atracción gravitatoria y las fuerzas electrostáticas*>>.

A continuación se muestra una tabla en la que se describen los contenidos, criterios de evaluación y los estándares de aprendizaje evaluables, aparecidos en la orden anteriormente mencionada, directamente relacionados con la experiencia de laboratorio propuesta:

Tabla 1. Extracto del currículo de la normativa vigente: Bloque 7: Dinámica (1º Bachillerato)

Bloque 7. Dinámica	
Contenidos	Fuerzas elásticas. Ley de Hooke. Dinámica del M.A.S. Movimiento horizontal y vertical de un muelle elástico. Dinámica del movimiento de un péndulo simple.
Criterios de evaluación	2. Resolver situaciones desde un punto de vista dinámico que involucran planos horizontales o inclinados y /o poleas. 3. Reconocer las fuerzas elásticas en situaciones cotidianas, calcular su valor y describir sus efectos relacionándolos con la dinámica del M.A.S.
Estándares de aprendizaje evaluables	2.1. Calcula el modulo del momento de una fuerza en casos prácticos sencillos. 2.2. Resuelve supuestos en los que aparezcan fuerzas de rozamiento en planos horizontales o inclinados, aplicando las leyes de Newton. 2.3. Relaciona el movimiento de varios cuerpos unidos mediante cuerdas tensas y poleas con las fuerzas actuantes sobre cada uno de los cuerpos. 3.1. Determina experimentalmente la constante elástica de un resorte aplicando la ley de Hooke y calcula la frecuencia con la que oscila una masa conocida unida a un extremo del citado resorte. 3.2. Demuestra que la aceleración de un movimiento armónico simple (M.A.S.) es proporcional al desplazamiento utilizando la ecuación fundamental de la Dinámica. 3.3. Estima el valor de la gravedad haciendo un estudio del movimiento del péndulo simple.

Como puede observarse en la tabla adjunta, en el primer curso de bachillerato se profundiza en las fuerzas elásticas y el desarrollo de la dinámica del movimiento armónico simple.

El alumno debe disponer de los conocimientos previos impartidos en el << **Bloque 3. El movimiento y las fuerzas** >> del **segundo curso de ESO** de la asignatura **Física y Química**, tal y como aparece en la **ORDEN EDU/362/2015, de 4 de mayo**, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León (*BOCYL, viernes 8 de mayo de 2015, nº6, Página 32126*). En la *Tabla 2* se recogen los aspectos directamente relacionados con la experiencia desarrollada en este trabajo.

Tabla 2. Extracto del currículo de la normativa vigente: Bloque 3: El movimiento y las fuerzas (2ºESO)

Bloque 3. El movimiento y las fuerzas	
Contenidos	M.R.U. Gráficas posición tiempo (x-t). Fuerzas. Efectos. Ley de Hooke. Fuerza de la gravedad. Peso de los cuerpos.
Criterios de evaluación	2. Reconocer el papel de las fuerzas como causa de los cambios en el estado de movimiento y de las deformaciones. 4. Considerar la fuerza gravitatoria como la responsable del peso de los cuerpos. Diferenciar entre masa y peso y comprobar experimentalmente su relación en el laboratorio.
Estándares de aprendizaje evaluables	2.1. En situaciones de la vida cotidiana, identifica las fuerzas que intervienen y las relaciona con sus correspondientes efectos en la deformación o en la alteración del estado de movimiento de un cuerpo. 2.2. Establece la relación entre el alargamiento producido en un muelle y las fuerzas que han producido esos alargamientos, describiendo el material a utilizar y el procedimiento a seguir. 2.3. Describe la utilidad del dinamómetro para medir la fuerza elástica y registra los resultados en tablas y representaciones gráficas expresando el resultado experimental en unidades en el Sistema Internacional. 4.1 Distingue entre masa y peso calculando el valor de la aceleración de la gravedad a partir de la relación entre ambas magnitudes.

1.4. Aspectos docentes y didácticos

Educación¹ (del latín *educāre*) significa, entre otros, *dirigir, encaminar, adoctrinar; desarrollar o perfeccionar las facultades intelectuales y morales del niño o del joven por medio de preceptos, ejercicios, ejemplos, etc.*

Aunque definitivamente quien hace el esfuerzo de aprender es el alumno, la importancia del profesional docente radica en su capacidad para transmitir conocimientos y actitudes que mejoren el desarrollo y la integración del alumno en el contexto en que vive, consiguiéndose a través de la educación, que la persona alcance su plena autorrealización, desarrollando sus potenciales y permitiéndole vivir en sociedad.

Últimamente se ha puesto en duda la calidad de la educativa, habiendo diferentes opiniones al respecto. En lo que parece haber un ideal común, es en el peso y la importancia que tiene el papel docente y el respeto y valor que merece su figura.

Se habla de un docente que debería ser:

1. Experto en los conocimientos que imparte.
2. Conoce las dinámicas de grupos y colabora con el resto de docentes.
3. Gestiona situaciones conflictivas.
4. Experto en habilidades sociales y nuevas tecnologías.
5. Conoce centros de documentación y además crea su propio material, investiga e innova.
6. Se implica en el entorno y potencia actuaciones de responsabilidad social.

Con respecto a las **competencias básicas** que pretenden desarrollarse con la realización de esta práctica y tomando como referencia la **Orden ECD/65/2015**, de 21 de enero, aparecida en el **BOE nº25 del jueves 29 de enero de 2015** (Pág 6991-7002), en la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato, éstas son:

- ✓ **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología:** a través de la impartición de conceptos y la resolución de cuestiones y problemas de carácter científico.
- ✓ **Competencia digital:** a través del uso de simuladores, aplicaciones ofimáticas y el procesamiento de datos digitales.

¹ Definición recogida por la REAL ACADEMIA ESPAÑOLA DE LA LENGUA.

- ✓ **Aprender a aprender:** a través de fomento de la motivación y curiosidad por la Ciencia.
- ✓ **Competencias sociales y cívicas:** a través del fomento del trabajo colaborativo, el debate y el intercambio de opiniones.

1.4.1. Planificación de la enseñanza/aprendizaje

Organización del alumnado

Teniendo en cuenta una clase de **primero de bachillerato** de veinte alumnos, la experiencia se diseña para la organización en **grupos de 4 alumnos**.

Temporalización

Para la realización de esta experiencia se pretenden dedicar **cinco sesiones de 50 minutos** en el primer trimestre del curso. Cada una de estas sesiones se detalla a continuación:

➤ **Sesión 1**

- En esta primera sesión el docente presenta la práctica: se ponen en conocimiento del alumno el esquema de las tareas a realizar, el tiempo estimado, los criterios de evaluación, la distribución de los grupos y los conceptos teóricos que el alumno debe poseer.

➤ **Sesión 2**

- Tres cuartas partes de esta sesión se dedicará a que los alumnos realicen un trabajo de indagación acerca de las características que deben tener en cuenta para llevar a cabo el diseño de su producto. Se distribuirán según los grupos asignados y deberán utilizar la técnica del brain-storming. Las conclusiones de cada uno de los grupos se pondrán en común en la última parte de la sesión, en la que se iniciará un debate en el que cada uno de los grupos deberá rebatir las ideas del otro.

➤ **Sesión 3**

- Realización de una experiencia práctica en el laboratorio de Física.

➤ **Sesión 4**

- Realización de la presentación que expondrán en la siguiente sesión al resto de sus compañeros.

➤ Sesión 5

- Breve exposición de resultados y conclusiones. Cada exposición no excederá los 10 minutos.

El grupo de alumnos debe destinar tiempo fuera de las sesiones escolares para realizar el informe que presentará y que constituirá parte de su evaluación.

1.4.2. Metodología y estrategias de la enseñanza

Con el convencimiento de que el profesorado debe: enseñar, orientar, planificar, socializar, dinamizar, organizar y elaborar recursos, se pretenden desarrollar las clases de manera que sean lo más **participativas, colaborativas y atractivas** posibles para el alumnado. Para ello se propone una actividad en la que el alumno debe trabajar junto con sus compañeros para sacar adelante un proyecto de creación de una nueva empresa. La actividad se focaliza en la parte científica inherente al diseño de un nuevo producto.

Estrategia de enseñanza: actividades propuestas

Cada grupo de alumnos deberá:

- **Indagar** acerca de las características que debe tener un producto para conseguir alcanzar las exigencias del mercado:

Deben conocer las características y parámetros a evaluar, realizando una búsqueda bibliográfica/trabajo de campo.

- **Debatir** y rebatir las ideas de los compañeros. Usando el pensamiento crítico determinar cuáles son los aspectos importantes a tener en cuenta para el diseño del producto.
- Realizar una **práctica de laboratorio** en la que se les proporcionará la base teórica pertinente así como el material necesario para realizarla.

Conocerán el montaje y manejo de material de laboratorio físico y la adaptabilidad de éste a materiales de uso común.

- Realizar un **informe de laboratorio** en el que manejar el procedimiento y lenguaje científico:

Deberán realizar un informe en el que se reflejen los resultados obtenidos llegando a una conclusión final. Se les proporcionará las pautas a seguir para la realización de un informe.

- Deberán **contextualizar el informe científico** realizado, aplicándolo a un uso de la vida cotidiana. Se aconsejará al alumno seguir la técnica del **visible-thinking**^{i. 2}
- Realizar una **exposición oral** de las conclusiones obtenidas ante el resto de sus compañeros.

1.4.3. Evaluación de la enseñanza/aprendizaje

El modo en que se llevará a cabo la evaluación de esta actividad se desglosa a continuación:

Trabajo en el laboratorio	1.0 puntos máximo
Informe de laboratorio	2.0 puntos máximo
Exposición oral	2.0 puntos máximo

Esta nota constatará un 50 % de la nota total del tema. El 50% restante o constituirá una prueba escrita.

La calificación obtenida en su conjunto constituirá el 25% de la nota del trimestre perteneciendo el porcentaje restante a la nota obtenida en los tres temas impartidos en el primer trimestre del curso.

² **Visible thinking** (rutinas de pensamiento): desarrollado por los Investigadores del *Proyecto Zero* (2008) de Harvard. Son estrategias cognitivas que consisten en preguntas o afirmaciones abiertas que promueven el pensamiento en los estudiantes.

2. DISEÑO DE UNA PRÁCTICA DE LABORATORIO

Como ya se ha mencionado con anterioridad, esta experiencia está diseñada con el objetivo de presentar el trabajo científico al alumnado contextualizándolo empresarialmente, con un ejemplo práctico en el que el alumno, de forma colaborativa con otros compañeros, debe sacar adelante un proyecto en el que decidir qué tipo de material se adapta mejor a las características del mercado para un producto concreto.

Desde la parte práctica de esta experiencia se pretende observar la **Física** desde otra perspectiva, esto es, desde sus propios **límites**. Así, el propósito de esta parte es la de estudiar la histéresis de un material elástico, de manera que el alumno observará la relación entre la deformación y la fuerza aplicada a un material elástico así como el límite elástico.

En este apartado **2. DISEÑO DE UNA PRÁCTICA DE LABORATORIO** se pretende sea una **guía para el profesor**, de manera que pueda ser aplicable en cualquier centro.

2.1. Fundamento teórico

Aunque presentado como un proyecto de creación de una empresa, no debe olvidarse que el **objetivo principal** de esta experiencia es el de realizar una práctica de laboratorio en la que profundicen en el **estudio del fenómeno de histéresis de un material elástico**.

¿Cómo abordar el concepto de histéresis de un material elástico focalizándolo en el primer curso de bachillerato?

En primer lugar, debe hablarse al alumno de la ley de Hooke. Les será fácil entender que la deformación que sufre el material está directamente relacionada con la fuerza que se aplica sobre él. Se le explicará que:

*Quando sobre un cuerpo actúan diferentes fuerzas, sufren deformaciones. Los materiales elásticos sufren una deformación proporcional a la fuerza que actúa sobre él. La manera que existe en Física de medir esta relación es a través de la conocida como **ley de Hooke**.*

Puede aprovecharse este punto para incluir un comentario con el que el alumno sitúe históricamente la vida y obra de Robert Hooke, como por ejemplo:

¿Sabías que...?



Robert Hooke nació en Inglaterra en el año 1635. Hombre **polifacético**, se le considera uno de los **científicos** experimentales **más importantes** de la historia de la ciencia, interesado por campos tan dispares como la biología, medicina, física planetaria, mecánica de sólidos deformables, microscopía, náutica o arquitectura. Se rumorea que mantuvo una polémica **disputa con Newton** acerca de la autoridad de la ley de la gravitación universal. ¹



1. Retrato de Robert Hooke imaginado por Rita Greer (2004)

Profundizando en el marco teórico, debe añadirse:

Hooke enunció la anteriormente mencionada ley, con la que consiguió establecer la relación entre la fuerza aplicada el estiramiento longitudinal.

$$F = -Kx$$

Siendo:

- **F** → fuerza aplicada
- **k** → constante elástica característica de cada material
- **x** → elongación, es decir, el alargamiento provocado por la fuerza, igual a la diferencia de la posición final y la que inicialmente tenía el cuerpo.

Si esto se representa gráficamente se obtiene una gráfica como la siguiente:

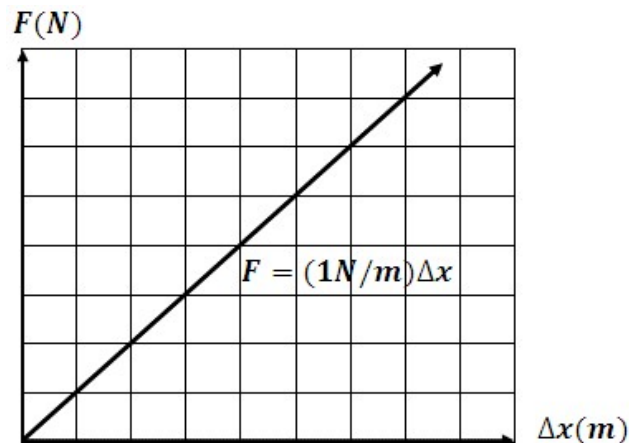


Ilustración 2. Representación gráfica de la Ley de Hooke en la que se presenta la elongación en el eje x (medido en m) y la fuerza (medida en N) en el eje y .

Llegados a este punto debe hacerse reflexionar al alumno acerca del significado de esta gráfica y de por qué es un caso ideal que en la realidad tiene un límite:

Según esta gráfica, al aplicar una fuerza sobre el material elástico, éste se estirará proporcionalmente, comportándose así sin llegar a una fuerza máxima o una elongación máxima. ¿Es esto lo que se observa en la vida real?

La respuesta es NO, o acaso ¿no es verdad que cuando se estira una goma elástica puede llegar a romperse?

Por supuesto que la ley de Hooke es válida pero tiene limitación y... ¿qué ocurre allí donde el comportamiento no está determinado por la ley de Hooke?

En realidad ocurre lo siguiente:

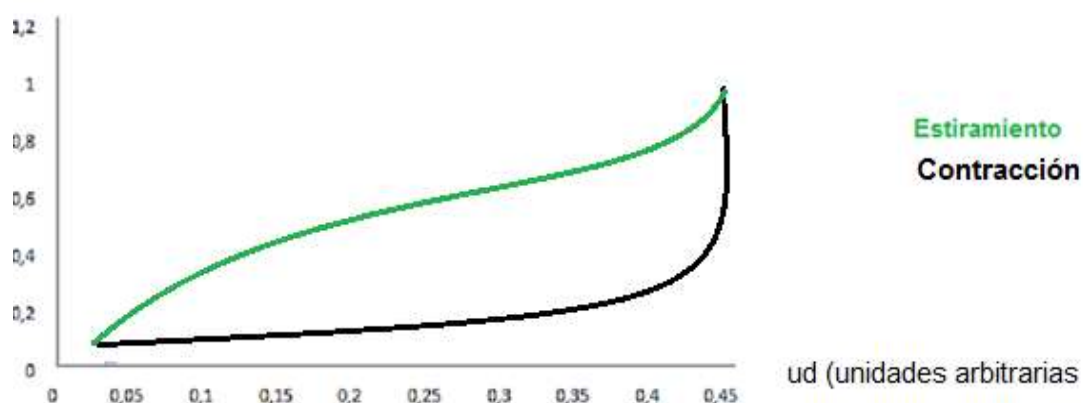


Ilustración 3. Representación de la elongación medida (eje x) y la fuerza (eje y) en los procesos de estiramiento y contracción

³ <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/permot2.html>

Tal y como puede leerse en la leyenda, la gráfica verde corresponde a los datos recogidos en el estiramiento de la goma y la gráfica azul corresponde a los datos recogidos durante la contracción de la goma.

Curva de estiramiento

El **tramo 1→2** corresponde al comportamiento ideal que vaticina la ley de Hooke. La deformación que se produce el cuerpo es proporcional a la fuerza aplicada sobre éste.

En el **tramo 2→3** el material se estira y las moléculas, en principio desordenadas, comienzan a ordenarse y alinearse. Además, al producirse el estiramiento del material, la sección disminuye por lo que no es necesario fuerzas muy elevadas para producir deformación en el material. Llega un momento, en el que aunque la fuerza que se aplique sea muy elevada, no consigue estirar más el material. Es cuando que llega a un límite de elasticidad, en el que no se produce deformación alguna debido a que el orden que mantienen sus moléculas lo convierten en un material estable que no permite deformaciones.

Para introducir el concepto de elasticidad, puede realizarse una pregunta de manera general y serán los alumnos los encargados de responder:

¿Qué ocurre si se supera ese límite?

Una vez los alumnos hayan elucubrado sobre las posibles situaciones que creen pueden producirse, se presenta el concepto de elasticidad:

Se está en disposición de hablar de elasticidad:

La **elasticidad** es la propiedad física por la que los objetos son capaces de restaurar su forma cuando cesa la fuerza que provoca la deformación sobre ellos. Así, teniendo en cuenta este término, se tienen dos tipos de materiales:

1. **Elásticos:** regresan a su forma original.
2. **Inelásticos:** no tienen la capacidad de regresar a su forma original.

En esta propiedad se basa el fundamento de las cuerdas de los instrumentos musicales:

Ejemplo:

⁴**Cuerda de piano de alambre de acero** → Difícil de estirar pero muy elástica ya que retorna a su posición original de manera muy precisa. Puede ser golpeada cientos de veces sin que se produzca una deformación que haga que cambie el tono de manera significativa.

Ahora es cuando puede hacerse la siguiente cuestión con el propósito de que el alumno reflexione. Por supuesto, cualquier respuesta errónea no será evaluable, puesto que es un concepto aún está por impartir:

¿Por qué existen unos materiales que son elásticos, recobrando su posición original y en cambio otros son inelásticos, no retornando a su origen?

Tras un breve tiempo de espera en el que los alumnos deberán aportar alguna idea, se concluye:

Los **factores** involucrados en el fenómeno de elasticidad son:

- el **espacio vacío** existente en la materia.
- la naturaleza de las **fuerzas de atracción** entre las partículas que conforman el material.

En el caso de que las partículas lleguen a separarse demasiado, las fuerzas de atracción no son lo suficientemente grandes para volver a unirlos como estaban en un principio y, por lo tanto, no recuperan su posición original. El material experimenta cambios termodinámicos irreversibles al adquirir mayor energía potencial elástica.

En este caso es cuando se habla de inelasticidad. Por ello se habla de **límite de elasticidad**, siendo característico de cada material. Una vez superado este límite, ya se trate de un material elástico o inelástico, aparecen deformaciones que son permanentes al cesar la fuerza, es decir, no se recupera su posición original.

Es aquí donde se explica la **curva de contracción** mostrada con anterioridad:

Curva de estiramiento

Como puede observarse en la representación gráfica, el camino que se corre en la contracción de la goma no es exactamente el mismo que se recorre durante su estiramiento. ¿A qué creéis que es debido?

Este es un ejemplo de histéresis elástica, en el que si se tiene en cuenta el área que encierra ambas representaciones, se puede apreciar claramente que el área en el caso del estiramiento es mayor que en caso de la contracción del material. ¿Esto qué

⁴ [http://www.fisica.ru/dfmg/teacher/archivos/Elasticidad_\(parte1\).pdf](http://www.fisica.ru/dfmg/teacher/archivos/Elasticidad_(parte1).pdf)

implica? Esto pone de manifiesto la diferencia existente entre la energía de deformación para generar un esfuerzo en un material (área de estiramiento) y la energía elástica en dicho esfuerzo (área contracción). ¿Qué ocurre con esa diferencia de energía? La diferencia de energía es disipada en forma de calor.

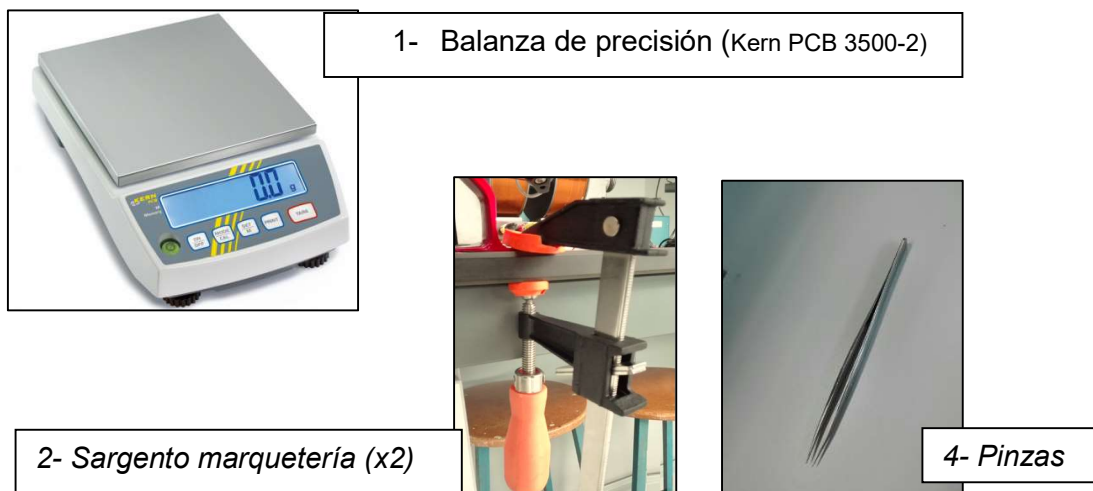
Teniendo en cuenta esto, debido al fenómeno de histéresis se explica por qué se debe hacer más fuerza para estirar la goma que para contraerla.

2.2. Recursos

Para la parte **experimental**, se eligen aquellos materiales que son más accesibles con el propósito de que la experiencia pueda reproducirse en cualquier centro y por cualquier persona interesada, si bien es cierto, que existen otras maneras de llevar a cabo la **práctica experimental**. Ésta se lleva a cabo en el laboratorio de física del centro educativo.

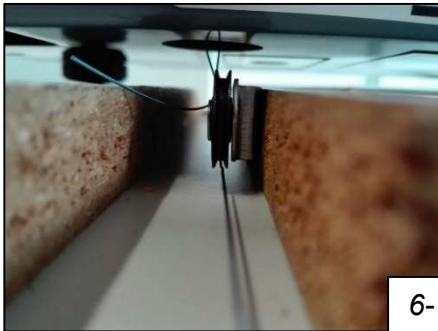
Por lo que respecta al **resto de actividades** los alumnos contarán con **equipos informáticos**, en lo que se encontrará incorporado el software adecuado para llevar a cabo las tareas ofimáticas, con proyector y pantalla. La explicación de la actividad, la labor de investigación, el debate y la presentación oral se llevará a cabo en el aula habitual.

El **material** necesario para llevar a cabo la **parte experimental de esta actividad** se resume a continuación (*fotografías tomadas en la realización de la experiencia práctica durante del TFM*).





3- Carril y soporte



6- Pequeña polea e hilo de acero



5- Hilo de acero



8- Alicates



7- Gomas elásticas (2) y regla

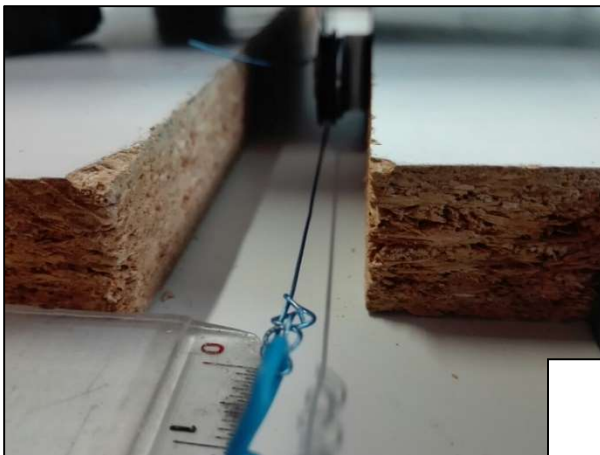
- 9- Tablas de madera
- 10- Calculadora
- 11- Ordenador con paquete ofimático
- 12- Cinta adhesiva

NOTA: la balanza granataria deberá incluir un enganche en la parte inferior.



Se mostrará un montaje a los alumnos y estos, con las pautas dadas y todo el material proporcionado, deberán realizar el montaje ellos mismos.

El **montaje** será el siguiente:

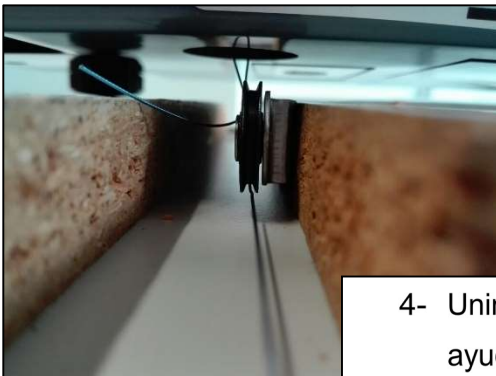


1- Insertar una pequeña polea en una las tablas de madera.

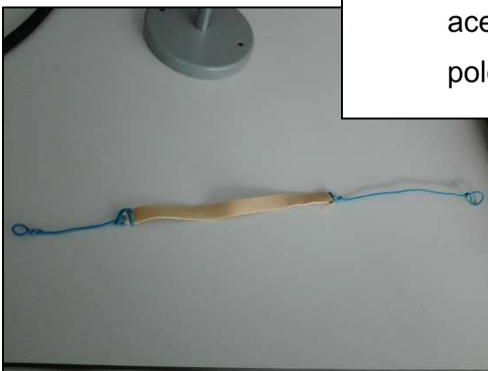
2- Colocar las dos maderas de forma paralela, dejando entre ellas un espacio suficiente como para que la polea ejerza su función. Sujetar las tablas a la encimera con ayuda de los sargentos de marquetería. Colocar sobre ellos la balanza.



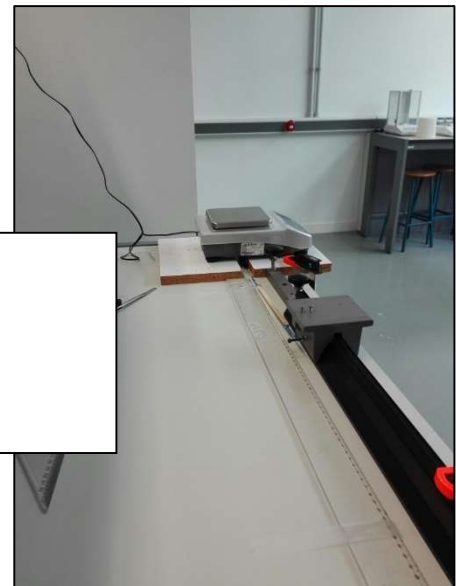
- 3- Colocar el carril sujetándolo a la encima con un sargento de marquetería. De forma paralela sujetar una regla en la encimera (la sujeción puede llevarse a cabo con cinta adhesiva).



- 4- Unir un hilo de acero a la goma objeto de estudio con ayuda de alambre recubierto. Hacer un aro con el hilo de acero y unirlo al gancho de la balanza. Pasarlo por la polea. Unir el otro extremo al soporte del carril.



- Montaje resultante -



Este es el montaje que se mostrará al alumno y tal cual lo deben reproducir cada uno de los grupos con el propósito de llevar a cabo la experiencia.

2.3. Pautas docentes para la elaboración de la experiencia

Como ya se ha mencionado, para la experiencia se planifica dedicar cinco sesiones de 50 minutos.

Las pautas para la realización de cada una de las actividades se exponen a continuación:

-Sesión 1- Exposición de la experiencia

El profesor debe presentar la experiencia de la manera más atractiva posible, sin olvidar dejar claro:

- **Actividades** a realizar
- **Tiempo** destinado
- **Disposición** de grupos
- **Criterios** de evaluación
- **Fuentes** de información
- **Fundamento** teórico

-Sesión 2- Labor de indagación y debate

El profesor debe guiar la actividad de indagación, proporcionando pautas y fuentes de búsqueda. Además, se encargará de **moderar** el debate, opinando si fuera necesario **corregir** ideas que puedan llevar a error en la elaboración de la práctica. Será el encargado de **concluir** el debate **resumiendo** las ideas fundamentales y esenciales para la elaboración del resto de actividades.

-Sesión 3- Experiencia práctica de laboratorio

Aunque el resto no son menos importantes, ésta es la parte principal de la experiencia.

El profesor proporcionará a los alumnos un **guión de laboratorio**. Previamente al comienzo de la sesión deberá haber **planificado qué material** se le proporcionará al alumno para la realización de la **práctica** y, deberá construir los elementos que fuesen necesarios.

Como ocurre en cualquier trabajo desempeñado en un laboratorio, el profesor deberá tener en cuenta los riesgos a los que se exponen los alumnos, valorando unas **normas básicas de seguridad** (ver Anexo I).

El profesor presentará a los alumnos el material necesario para la realización de la experiencia y resolverá las dudas o conflictos surgidos, con el objetivo de que los alumnos desarrollen de manera correcta la experiencia.

-Sesión 4- Realización de la presentación

Contando con los equipos informático proporcionados por el centro, los alumnos se realizarán una presentación en la que se apoyarán para presentar al resto de los grupos sus conclusiones en la sesión 5 dedicada a esta actividad.

-Sesión 5- Exposición oral

En esta sesión los grupos de alumnos deberán exponer al resto de sus compañeros las conclusiones resultantes del trabajo llevado a cabo. Cada una de las exposiciones no excederá los 10 minutos, incluyendo un breve espacio de tiempo para ruegos y preguntas.

2.4. Presentación de la actividad

A cada uno de los alumnos se le entrega un documento en el que se presenta la **actividad** de la forma siguiente:

Actividad: Diseño de un tirachinas. Determinación de la histéresis de un material elástico.

Curso: 1º Bachillerato - Primer cuatrimestre

Imaginad que dado vuestro elevado espíritu emprendedor decidís, junto con otros amigos, crear una empresa de fabricación de tirachinas.

Comenzar un negocio no es tarea fácil, pero habéis formado una sociedad perfectamente estructurada en la que cada uno de vosotros tiene un rol dentro de la

ella. Acordáis que, dado vuestros conocimientos científicos, la tarea que más se adapta a vosotros es la de diseño del producto y para ello comenzáis esta labor estudiando los materiales más recomendables para vuestro negocio, teniendo en cuenta factores como el precio, la calidad, la disponibilidad, las características...

El diseño del producto no puede quedarse en algo meramente estético. Éste debe cumplir los requisitos esperados para su aplicación, los parámetros de calidad regidos por la normativa vigente o las expectativas de los clientes.

Una de los elementos más importantes en un tirachinas es el tipo de material elástico usado en su fabricación. Debéis investigar la aplicabilidad de diferentes tipos de gomas para vuestro proyecto.

Se os ocurre una sencilla experiencia con la que determinar uno de los factores involucrados en la calidad del tirachinas, esto es, la histéresis del material elástico. En primer lugar decidís hacer una prueba para confirmar que ésta experiencia es válida y se puede aplicar para obtener los datos que necesitáis para vuestra investigación. Si el resultado es positivo, lo aplicareis a distintos tipos de materiales y decidiréis cuál es el que más os conviene utilizar en vuestro diseño.

Afortunadamente, la validación de este método es positiva con lo cual, tras realizar la práctica experimental con distintos materiales, realizáis un informe con las conclusiones y se lo presentáis a vuestros compañeros de negocio en la reunión quincenal.

Vuestros compañeros están muy satisfechos con el trabajo que habéis realizado y comparten la conclusión a la que habéis llegado. Os ponéis manos a la obra y en unos meses el proyecto comienza a tomar forma. Finalmente, tras mucho trabajo y dedicación el producto sale al mercado convirtiéndose en un éxito rotundo.

¿Qué hay que hacer?

- Miércoles, 4 de octubre de 2017: cada uno de los grupos se reunirá e indagará sobre las características y los requisitos que debe cumplir un tirachinas. Al final de la clase haremos un brain-storming con las conclusiones de cada uno de los grupos.
- Viernes, 6 de octubre de 2017: experiencia práctica en el laboratorio de Física y Química del centro ayudados del guión de laboratorio.

- Lunes, 9 de octubre de 2017: cada uno de los grupos se reunirá para realizar la presentación que expondrá a cada uno de los compañeros. El tiempo máximo de exposición para cada uno de los grupos será de 10 min. En esta exposición deben aparecer los datos obtenidos en él y la interpretación de los mismos.
- Viernes, 20 de octubre de 2017: entrega de informe de laboratorio.

¿Cómo elaborar el informe de laboratorio?

En la **portada** del informe del laboratorio deberá aparecer la siguiente información:

- Título del informe
- Asignatura
- Curso
- Fecha
- Nombre del alumno
- Profesor

La **estructura** del informe será la que se muestra a continuación:

1. Título del informe
2. Objetivo del informe
3. Material: se enuncia el material usado en la práctica
4. Procedimiento: se explica la manera en la que se ha llevado a cabo la práctica
5. Resultados obtenidos: se muestran los resultados obtenidos
6. Conclusiones y Resumen de la investigación (*ejemplo de tabla-resumen)
7. Resolución de cuestiones
8. Bibliografía

*

Material evaluado	
--------------------------	--

Características (Marcar la casilla con una x)

Elasticidad baja media alta

Aplicabilidad baja media alta

Disponibilidad baja media alta

--

Precio medio euros

Observaciones	
----------------------	--

Decisión final	
-----------------------	--

 Apto
 No apto

Ejemplo de Tabla – resumen de presentación de datos

¿Dónde se puede consultar información?

Las fuentes en las que podéis encontrar información para realizar esta actividad son las siguientes: ⁵

- Libro de texto
- Guión de laboratorio: se proporcionará un guión de laboratorio por grupo.
- Física Universitaria Vol.I Sears-Zemasky
- Física Vol.I, Alosó-Finn
- Física.Elementos de física, 6ª Ed. Edelvives

⁵ Ver apartado 6 .Referencias

- Física para ciencias e ingeniería, Vol.I, 7ªEd. Raymond Serway
- Physics: The nature of things, Lea & Burque 1996
- Experimentos de física, Meiners & Moore 1980

¿Cómo se evaluará esta actividad?

- Trabajo en el laboratorio: actitud y resultados obtenidos (1.0 puntos)
- Informe de laboratorio (2.0 puntos)
- Exposición oral (2.0 puntos)

Esta nota constatará un 50 % de la nota total del tema. El 50% restante o constituirá una prueba escrita.

La calificación obtenida en su conjunto constituirá el 25% de la nota del trimestre perteneciendo el porcentaje restante a la nota obtenida en los tres temas impartidos en el primer trimestre del curso.

2.5. Elaboración del guión de laboratorio

Tal y como se acaba de mostrar, se le entrega al alumno un documento en el que se enuncia la actividad y se le explica el trabajo a realizar.

En la parte experimental es necesario proporcionar a cada uno de los grupos un guión de laboratorio, siendo la estructura que debe la siguiente:

1. Objetivo
2. Fundamento teórico
3. Material
4. Procedimiento experimental
5. Conclusiones

El guión que se les proporciona a los alumnos se muestra a continuación:

Título: Estudio de la histéresis elástica de gomas elásticas

1. Objetivo

El propósito de esta práctica experimental consiste en evaluar la histéresis de un material elástico para su aplicación en el diseño de un tirachinas.

2. Fundamento teórico

Tal y como se ha visto en clase, la **elasticidad** es la propiedad física por la que los objetos son capaces de restaurar su forma cuando cesa la fuerza que provoca la deformación sobre ellos. Así, teniendo en cuenta este término, se tienen dos tipos de materiales:

3. **Elásticos:** regresan a su forma original.
4. **Inelásticos:** no tienen la capacidad de regresar a su forma original.

Los **factores** involucrados en el fenómeno de elasticidad son:

- el **espacio vacío** existente en la materia.
- la naturaleza de las **fuerzas de atracción** entre las partículas que conforman el material.

Si las partículas se separan demasiado, las fuerzas de atracción no son lo suficientemente grandes para volver a unirlos como estaban en un principio y por tanto, no recuperan su posición original. En este caso es cuando se habla de inelasticidad. Por ello se habla de **límite de elasticidad**, siendo característico de cada material. Una vez superado este límite, ya se trate de un material elástico o inelástico, aparecen deformaciones que son permanentes al cesar la fuerza, es decir, no se recupera su posición original.

3. Material

El material necesario para realizar esta práctica es el siguiente:

- Balanza analítica (con gancho en la parte inferior)
- Gomas elásticas (2)
- Carril óptico y soporte
- Regla
- Alambre recubierto
- Tablas de madera (x2) (uno de ellos con polea)
- Hilo de acero
- Cinta adhesiva

- Sargentos de marquetería

4. Procedimiento experimental

1. Realizar un montaje similar al presentado en por el profesor.
2. Una vez puesto a punto el montaje, se comienza con la experiencia:
 - a. Anotad la longitud inicial de la goma.
 - b. Estirar la goma con ayuda del carril óptico. Teniendo en cuenta las referencias dibujadas sobre la goma, anotad los dos puntos que se marcan en la regla.
 - c. Pasados 30 segundos, anotad el peso proporcionado por la balanza.
 - d. Mover el carril óptico hasta otro punto y repetir la operación.
3. Realiza esta experiencia para cada uno de las gomas.

5. Resultado experimentales y conclusiones

Anotad los resultados obtenidos (utiliza la media de las dos medidas realizadas para cada una de las gomas).

Representad gráficamente los resultados obtenidos (Δx vs Fuerza).

Siguiendo el esquema visto en clase, elabora un informe en el que quede patente qué material elegís para vuestro proyecto común.

3. INFORME DE LABORATORIO

Tal y como se ha mencionado con anterioridad, los alumnos deben entregar un informe de laboratorio que entra dentro de la evaluación de esta experiencia.

Una muestra del informe de laboratorio que deberían entregar los alumnos se muestra a continuación⁶:

Estudio de la histéresis elástica de gomas elásticas

Alumno: _____

1º Bachillerato - Grupo: _____

1. Objetivo del informe

El propósito de este informe es el de presentar los resultados obtenidos en la práctica experimental llevada a cabo en el Laboratorio de Física, en la asignatura Física y Química, en la que se ha estudiado el comportamiento de dos gomas elásticas frente a la aplicación de una fuerza. Con estos resultados se evalúa su aplicabilidad en el diseño de un tirachinas.

2. Procedimiento experimental

Una vez realizado un montaje similar al proporcionado por el profesor, se procede de la siguiente manera:

- Se anota la longitud inicial de la goma.
- Se estira la goma elástica dos centímetros aproximadamente.
- Se fija la posición del soporte en el carril óptico con ayuda del tornillo incluido en la estructura del soporte.
- Se cronometra el tiempo (30 segundos) y se anota el dato aportado por la balanza analítica.
- Repetir esta secuencia hasta llegar al tope del carril óptico.
- Realizar esta operación con cada una de las dos gomas.

⁶ <https://es.slideshare.net/JuankMendozaOrtiz/pasos-para-un-buen-informe-de-laboratorio>

3. Material

- Balanza analítica (con gancho en la parte inferior)
- Gomas elásticas (2)
- Carril óptico y soporte
- Regla
- Alambre recubierto
- Tablas de madera (x2) (uno de ellos con polea)
- Hilo de acero
- Cinta adhesiva
- Sargentos de marquetería

4. Resultados obtenidos

Los datos recopilados durante la realización de la experiencia, así como su representación gráfica, se muestran a continuación:

Goma elástica 1

Longitud inicial (sin tensión antes de comenzar experimento): 0.140 m

Longitud final (con tensión al finalizar el experimento): 0.141 m

		X1	x2	Δx (m)	Fuerza (Kg)
GOMA ELÁSTICA 1	ESTIRAMIENTO	5,7	20	0,143	0,01478
		5,8	22	0,162	0,14944
		5,9	24	0,181	0,24159
		6	26	0,2	0,30535
		6	28	0,22	0,35904
		6	30	0,24	0,41419
		6,1	32	0,259	0,46208
	CONTRACCIÓN	6,1	30	0,239	0,43312
		6	28	0,22	0,37363
		6	26	0,2	0,30463
		5,9	24	0,181	0,22285
		5,8	22	0,162	0,11787
		5,7	20	0,143	0,00926

Ilustración 4. Datos recopilados en la realización de la experiencia práctica

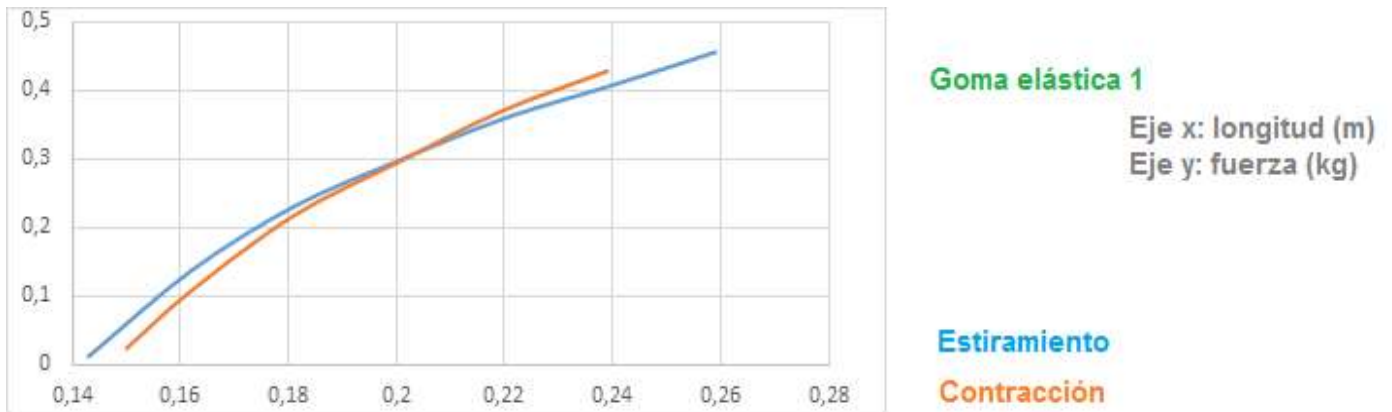


Ilustración 5. Representación gráfica de los datos recopilados para la goma elástica 1.

Goma elástica 2

Longitud inicial (sin tensión antes de comenzar experimento): 0.115m

Longitud final (con tensión al finalizar el experimento): 0.128 m

		X1	x2	Δx (cm)	Δx (m)	Fuerza (Kg)
GOMA ELÁSTICA 2	ESTIRAMIENTO	6,7	20	13,3	0,133	0,17521
		7,1	23	15,9	0,159	0,3035
		7,4	26	18,6	0,186	0,39893
		7,7	29	21,3	0,213	0,48955
		8	32	24	0,24	0,57142
		10,4	38	27,6	0,276	0,60706
		10,8	41	30,2	0,302	0,6828
		11,3	44	32,7	0,327	0,78911
		11,8	47	35,2	0,352	0,9002
		10	50,5	40,5	0,405	1,07135
	CONTRACCIÓN	9,9	48	38,1	0,381	0,84886
		9,5	43	33,5	0,335	0,63905
		9,3	40	30,7	0,307	0,55552
		9,2	37	27,8	0,278	0,49206
		9	34	25	0,25	0,43738
		8,9	31	22,1	0,221	0,37067
		8,7	28	19,3	0,193	0,29467
		8,5	25	16,5	0,165	0,19948
		8,2	22	13,8	0,138	0,067

Ilustración 6 Datos recopilados en la realización de la experiencia práctica

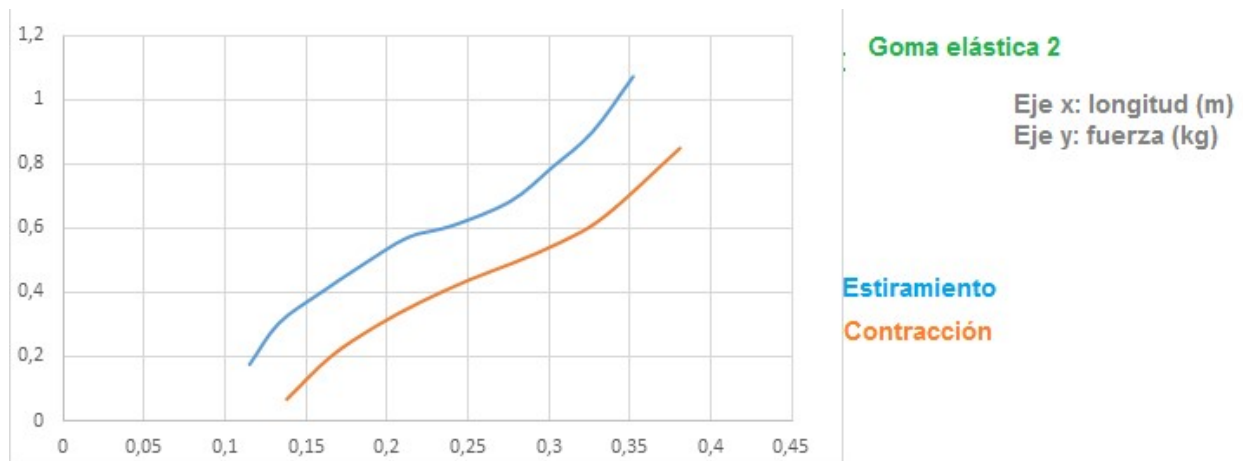


Ilustración 7. Representación gráfica de los datos recopilados para la goma elástica 2.

Esta representación se asemeja a la ilustración 3 mostrada con anterioridad a excepción del inicio y final de la representación. La razón por la que ambas representaciones no convergen en el mismo punto en el inicio y en el final no es otra que en el caso del estiramiento se ha tenido en cuenta el punto de inicio y fin consecutivo al de inicio y fin de estiramiento.

NOTA: *Tanto los datos proporcionados en el caso de la goma elástica 1 como goma elástica 2 han sido los recopilados durante la realización de la experiencia práctica para la elaboración de este TFM.*

5. Conclusiones y Resumen de la investigación

Claramente se observa un comportamiento diferente entre ambos materiales elásticos. En el caso de la **Goma elástica 1** no se aprecia significativamente el fenómeno de histéresis. El comportamiento que sigue la goma elástica al ser estirada, es muy similar al que sigue cuando es la contracción lo que se produce.

La ventaja que esto presenta para su aplicación en el diseño del tirachinas es que la goma elástica no sufrirá grandes deformaciones con el uso, lo que lo hace un material atractivo para su aplicación en la fabricación de este producto.

Por otro lado, al mantener homogeneidad en su comportamiento, no se aprecian grandes variaciones en lo que respecta a la fuerza necesaria para producir la deformación.

A continuación se muestra una tabla resumen con las conclusiones a las que se ha llegado para el caso de la Goma elástica 1.

Material evaluado	Goma elástica 1
--------------------------	------------------------

Características (Marcar la casilla con una x)

Elasticidad baja media alta

Aplicabilidad baja media alta

Disponibilidad baja media alta

Este material se puede encontrar con facilidad en diversas fuentes.

Precio medio euros

Observaciones	Tras los resultados recopilados el material presenta unas características que lo hacen idóneo para esta aplicación.
----------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Decisión final	Se acepta su uso en el diseño del producto
-----------------------	--------------------------------------------

 Apto
 No apto

En el caso de la **Goma elástica 2**, queda patente el fenómeno de histéresis que tiene lugar. El comportamiento que sigue la goma elástica al ser estirada difiere del que sigue cuando es la contracción lo que se produce.

Con el comportamiento observado es fácil prever la deformación que sufrirá la Goma elástica 2 con el número de usos. Simplemente con la realización de esta experiencia, se observa un cambio en la longitud de la goma al finalizar la práctica.

A continuación se muestra una tabla resumen con las conclusiones a las que se ha llegado para el caso de la Goma elástica 2.

Material evaluado	Goma elástica 2
--------------------------	------------------------

Características (Marcar la casilla con una x)

Elasticidad baja media alta

Aplicabilidad baja media alta

Disponibilidad baja media alta

Este material se puede encontrar con facilidad en diversas fuentes.

Precio medio euros

Observaciones A pesar de igual disponibilidad y menor precio, los parámetros de calidad evaluados no cumplen expectativas.

Decisión final El material no cumple los objetivos previstos para un material aplicable al diseño del producto

Apto

No apto

6. Bibliografía

- Libro de texto
- Guión de laboratorio: se proporcionará un guión de laboratorio por grupo.
- Física Universitaria Vol.I Sears-Zemasky
- Física Vol.I, Alosó-Finn
- Física.Elementos de física, 6ª Ed. Edelvives
- Física para ciencias e ingeniería, Vol.I, 7ªEd. Raymond Serway
- Physics: The nature of things, Lea & Burque 1996
- Experimentos de física, Meiners & Moore 1980

4. CONCLUSIONES DEL TFM

En este trabajo de fin de máster he querido plasmar aquello que he aprendido durante todo este curso:

Módulo genérico

En el módulo genérico impartido al principio del curso, he realizado las asignaturas de <<Aprendizaje y desarrollo de la personalidad>>, <<Sociedad, familia y educación>> y <<Procesos y contextos educativos>>⁷

En esta primera parte he aprendido que existen distintas maneras de enfocar la clase, no siendo esto incompatible con una clase magistral.

Además, se ha profundizado en la idea de la importancia de interaccionar con el entorno del alumno, para comprender así al mismo, estando en un proceso de transición tanto físico como psicológico que marcará el resto de su vida.

Se ha ahondado en la idea concebir el aprendizaje como un proceso en el que el alumno toma consciencia de su propio conocimiento pero siempre asesorado por la figura del profesor, que toma el rol de guía.

Por otro lado, se ha ubicado el sistema educativo en el marco legislativo, aprendiendo a utilizar los documentos legislativos más importantes que todo docente debe conocer.

Módulo específico

En la segunda parte del curso se han impartido asignaturas referentes a la especialidad elegida, esto es, **Física y Química y su didáctica**. Estas asignaturas han sido las siguientes: <<Complementos de Física>>, <<Laboratorios de Física>, << Laboratorio de Química>>, <<Innovación docente en Física y Química>>, <<Iniciación a la investigación educativa en Física y Química>>, <<Diseño curricular en Física y Química>>, <<Didáctica de la Física y Química>> y <<Metodología y evaluación en la Física y a Química>>.

La asignatura <<Complementos de Física>> ha servido de apoyo para profundizar en conceptos físicos que se imparten en los cursos de secundaria, así como la manera de impartirlos.

Al igual que en el caso anterior, en los <<Laboratorios de Física>> y <<Laboratorios de Química>> se ha presentado la forma de plasmar experimentalmente la base teórica impartida en las sesiones de aula.

⁷ http://www.uva.es/resources/docencia/_ficheros/2016/5661/asignaturas.pdf

En las asignaturas de <<Innovación docente en Física y Química>> e <<Iniciación a la investigación educativa e Física y Química>> se ha entrado en contacto con testimonios reales de profesores de otros centros que han expuesto algunos de los proyectos de innovación que han llevado a cabo con sus alumnos.

En la asignatura <<Diseño curricular en Física y Química>>, se ha tomado el rol de profesor de secundaria de la asignatura de Física y Química y se ha elaborado una unidad didáctica a elección del estudiante de máster.

En las asignaturas <<Didáctica de la Física y la Química>> y <<Metodología y evaluación en Física y Química>> se han adquirido conocimientos para estimular el esfuerzo del estudiante y desarrollar habilidades de pensamiento e iniciativa personal.

Prácticas externas de Física y Química

La realización de las prácticas ha tenido lugar en el **Colegio SAFA-Grial** de la calle Ruiz Hernández 14, en el que se imparten los cursos de **Bachillerato** y **Ciclos formativos**.

Ha sido una experiencia muy positiva, en la que he tenido la oportunidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos hasta ese momento en el Máster. Además, ha sido muy gratificante el poder entrar en contacto directo con los alumnos, permitiéndome enriquecimiento personal.

He pretendido poner en práctica todo lo aprendido a través de del diseño de una experiencia que pretende salirse de lo habitual.

La valoración que hago del paso por este curso es absolutamente positivo recomendable.

5. ANEXOS

Anexo I: Seguridad

La única medida de seguridad que hay que contemplar a la hora de realizar la práctica experimental, es el uso de gafas de seguridad (disponibles en cualquier laboratorio), ya que se trabajan con el estiramiento de dos gomas, que, si no se realiza con precaución pueden soltarse de la sujeción que las mantiene fijadas al hilo de acero, lo cual puede producir daños en caso de que el alumno se encuentre próximo.

No se maneja ningún reactivo ni material peligroso ni tóxico. Por tanto, no se requiere adoptar ninguna medida de seguridad especial aunque siempre es conveniente informar a los alumnos de los riesgos de trabajar en un laboratorio sea o no sea necesario para el caso de esta práctica en concreto. Informar sobre las medidas de seguridad básicas: salidas de emergencia, posibles alarmas sonoras, evacuación segura, vestimenta adecuada y principales equipos de protección individual generales (gafas de seguridad, bata de laboratorio, protección auditiva, mascarillas, etc) es una buena costumbre siempre que se realice un primer contacto con el trabajo en el laboratorio.

Anexo II: Presupuesto

Se ha pretendido que el material usado sea tal que se encuentre presente en cualquier laboratorio de Física y sea así accesible a cualquier docente.

A continuación se muestra una aproximación del presupuesto que supone la parte más representativa de esta experiencia, esto es, la práctica experimental:

Material	Precio / euros
Hilo de acero	1.20
Tablas de madera (x2)	5.00
Polea	0.50
Gomas elásticas (2)	0.80
Balanza analítica ⁸	350.00
Carril + soporte ⁹	375.00
Sargentos de marquetería (x2)	12.0
Regla	3.50
Alambre recubierto	0.75
Alicates	3.45

El material más caro es la balanza y el carril con su soporte correspondiente. Este material habitualmente está presente en el laboratorio de Física de los centros de secundaria. Es necesario señalar en este punto, que para la realización de prácticas en un laboratorio de física de estas características no es imprescindible contar con un gran presupuesto, la posibilidad de desarrollar prácticas útiles e interesantes para los alumnos sin contar con grandes recursos ha de considerarse también habilidad interesante en el docente. Cabe señalar que históricamente, se han realizado grandes descubrimientos y aportaciones importantes en todos los campos de la ciencia con experimentos muy sencillos y económicos. Esto no es óbice para aspirar siempre a una mejora en los presupuestos disponibles que permita al docente desarrollar otro tipo de tareas, visitas y prácticas no siempre accesibles a nivel de enseñanza secundaria.

⁸ <https://www.kern-sohn.com/es/PCB>

⁹ <http://www.pidiscat.cat/es/bancos-optica/8782-banco-optica-v-14202-carril-optico-graduado-1000-mm.html>

6. Referencias

Las fuentes consultadas, tanto en formato electrónico como en papel, son:

1. Física Universitaria Vol.I Sears-Zemasky
2. Física Vol.I, Alosó-Finn
3. Física.Elementos de física, 6ª Ed. Edelvives
4. Física para ciencias e ingeniería, Vol.I, 7ªEd. Raymond Serway
5. Physics: The nature of things, Lea & Burke 1996
6. Experimentos de física, Meiners & Moore 1980
7. Definición recogida por la REAL ACADEMIA ESPAÑOLA DE LA LENGUA.
8. <http://movimientomath.blogspot.com.es/2015/05/proporcionalidad-directa.html>
9. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/permot2.html>
10. [http://www.fisica.ru/dfmg/teacher/archivos/Elasticidad_\(parte1\).pdf](http://www.fisica.ru/dfmg/teacher/archivos/Elasticidad_(parte1).pdf)
11. <http://www.pidiscat.cat/es/bancos-optica/8782-banco-optica-v-14202-carril-optico-graduado-1000-mm.html>
12. <https://www.kern-sohn.com/es/PCB>
13. http://www.uva.es/resources/docencia/_ficheros/2016/5661/asignaturas.pdf
14. [http://www.fisica.ru/dfmg/teacher/archivos/Elasticidad_\(parte1\).pdf](http://www.fisica.ru/dfmg/teacher/archivos/Elasticidad_(parte1).pdf)
15. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/permot2.html>

7. Agradecimientos

Ante todo agradecer a mis tutores de TFM la disponibilidad y paciencia para poder llevar a cabo este trabajo a pesar de las vicisitudes encontradas por el camino.

Agradecer a mi tutor en el Centro SAFA-Grial la cooperación y altruismo mostrado, siempre destinado a completar mi formación y mi aprendizaje.

Agradecer el ejemplo de profesional docente que me han brindado todos los profesores durante la realización de este Máster.

Y por último, y no por ello menos importante, agradecer a mis compañeros, la generosidad y el compañerismo mostrados.