



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Enseñanza de las leyes de Newton en la preparación académica de aspirantes a la Universidad usando Google Apps y redes sociales

Christian Hernández Amaya

Universidad Nacional de Colombia

Facultad Ciencias, Departamento de Física

Bogotá, Colombia

2016

Enseñanza de las leyes de Newton en la preparación académica de aspirantes a la Universidad usando Google Apps y redes sociales

Christian Hernández Amaya

Propuesta de trabajo Final presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director:

Físico, M.Sc. Plinio del Carmen Teherán Sermeño

Línea de Investigación:

Enseñanza-Aprendizaje, Evaluación y Didáctica de las Ciencias

Grupo Lev Semiónovich Vygotski

Universidad Nacional de Colombia

Facultad Ciencias, Departamento de Física

Bogotá, Colombia

2016

Agradecimiento especial

Este trabajo fue posible gracias al apoyo de la Universidad Nacional de Colombia a través de la exención de pago contemplada en los acuerdos 01 de 2011 y 03 de 2013 del Consejo de Sede Bogotá.

Resumen

Este trabajo plantea el diseño y publicación de una propuesta didáctica para enseñar las leyes de Newton a una audiencia en internet de personas que realizan aprendizaje autónomo. Se realizaron pruebas y experimentos con Google Apps, Facebook y Coursesites sobre el tráfico de usuarios y uso de materiales didácticos en internet.

Palabras clave: Enseñanza de la física, internet, Alfabetización científica, epistemología de la ciencia, aprendizaje autónomo.

Abstract

This paper presents the design and publication of a didactic proposal for teaching Newton's laws to an internet audience of people performing autonomous learning. Tests and experiments with Google Apps, Facebook and CourseSites on user traffic and use of educational materials were made.

Keywords: physics teaching, internet, scientific literacy, scientific epistemology, informal education.

Contenido

Introducción	9
1. Marco teórico.....	12
1.1 Revisión histórica epistemológica.....	12
1.1.1 El movimiento según la Filosofía Natural	13
1.1.2 El movimiento según la Nueva Ciencia	22
1.2 Aspectos teóricos de las leyes de Newton	30
1.2.1 Primera ley de Newton.....	31
1.2.2 Segunda ley de Newton.....	35
1.2.3 Tercera ley de Newton.....	40
2. Referentes conceptuales	44
2.1 La enseñanza de la ciencia en las normas colombianas.	44
2.2 Alfabetización científica.	45
2.2.1 Alfabetización científica en Colombia.....	47
2.2.2 Las razones para enseñar ciencias según las normativas	48
2.2.3 Retos y metas de la alfabetización científica.....	49
2.3 El reto del aprendizaje significativo en física	51
3. Propuesta didáctica	53
3.1 Contexto de la propuesta	53
3.2 Metodología	55
3.2.1 Etapa 1 Consideración antecedentes	55
3.2.2 Etapa 2 Prueba diagnóstica.....	57
3.2.3 Etapa 3 Diseño de la propuesta didáctica	67
4. Conclusiones.....	78
5. Anexos	79
5.1 Inventario de conceptos sobre fuerza.....	79
5.2 Diagnóstico versión inicial	89
5.3 Contenido propuesta didáctica previa publicada en 2015.....	93
Bibliografía	98

Introducción

Ver el mundo con una perspectiva científica significa comprender que la naturaleza responde a regularidades que pueden ser estudiadas y sobre las cuales se puede teorizar para obtener un conocimiento. La física tiene un papel especial en la formación de esa visión dado que los fenómenos físicos son fácilmente perceptibles y son omnipresentes: nuestros sentidos están afinados para percibir los cambios físicos. Como dice Paul Hewitt: “La física es más que una parte de las ciencias físicas. Es la ciencia básica.” [1]

El sistema educativo colombiano intenta que sus estudiantes obtengan esa perspectiva científica por medio de la enseñanza en ciencias naturales y matemáticas:

“Los estándares en ciencias buscan que los estudiantes desarrollen las habilidades científicas y las actitudes requeridas para explorar fenómenos y para resolver problemas” [2]. Folleto Formar en Ciencias: ¡el desafío!

“Sí, formar hombres y mujeres que caminen de la mano de las ciencias para ver y actuar en el mundo, para saberse parte de él, producto de una historia que viene construyéndose hace millones de años [...]” [3]. Estándares curriculares en ciencias.

Estudiar un curso de física entonces debería cambiar en algo la forma de ver el mundo en esos jóvenes: adquirir los fundamentos del pensamiento científico significa una pequeña revolución intelectual en cada uno. Es fácil darse cuenta que ese cambio no se está dando y que la mayoría de estudiantes culminan sus cursos en ciencias sin que adquieran algo de la actitud científica. Además pruebas como PISA muestran que el nivel de aprendizaje científico está lejos de los estándares mínimos: en la prueba aplicada en 2012 Colombia se encuentra entre los últimos lugares de desempeño en competencias científicas y el avance con respecto a versiones anteriores es mínimo. [4]

Como aporte a la solución a estas problemáticas se plantea una propuesta didáctica para ser presentada en internet por medio del sitio web Analizando el examen que ya posee una audiencia de personas que aspiran a obtener un cupo en la educación superior.

El presente trabajo expone los fundamentos teóricos y el proceso de construcción de una propuesta didáctica. Adicionalmente presenta los resultados con respecto a experimentos y pruebas realizados con la ayuda de la población objetivo tendientes a definir el comportamiento de esos usuarios ante los contenidos educativos.

En el primer capítulo presenta una revisión histórica epistemológica de las teorías del movimiento desde Aristóteles hasta Newton y una revisión disciplinar acerca de las leyes de Newton.

En el segundo capítulo como fundamento teórico se analizan las políticas formuladas para enmarcar la enseñanza de la física en Colombia. En la última sección se analiza el fundamento pedagógico en el que se basa esta propuesta.

En el tercer capítulo se presentan los antecedentes, la metodología de construcción de una propuesta didáctica y los resultados de experimentos y pruebas realizados con la población objetivo de la propuesta.

Objetivo:

Diseñar una propuesta didáctica sobre las leyes de Newton para ser presentada en internet como herramienta de estudio dirigida a la preparación académica de los aspirantes a la Universidad.

Objetivos específicos:

- Analizar los antecedentes y fundamentos teóricos para una propuesta didáctica en el tema de las leyes de Newton.
- Realizar pruebas tendientes a conocer la percepción y actitudes de los usuarios del sitio web Analizandoexamen.com.co frente a contenidos didácticos.
- Estructurar una propuesta teniendo en cuenta que va dirigida a personas que desean realizar un aprendizaje autónomo.

1. Marco teórico

1.1 Revisión histórica epistemológica

La Revolución Científica fue la ruptura con una forma de obtener el conocimiento y con un cuerpo de ideas que ya tenía en ese momento dos milenios de antigüedad. Fue un proceso de cambio de métodos pero no de objetivos: se continuó la búsqueda de conocimiento acerca de la naturaleza iniciada por los griegos.

Algunos filósofos griegos pensaban que es posible obtener el conocimiento usando los sentidos y a partir de ellos con ayuda únicamente del pensamiento se hallarían las causas últimas o la esencia, que a su vez suponían era el conocimiento verdadero. Aristóteles fue el máximo representante de esta epistemología: de observaciones casuales y por medio de una lógica interna formuló todo un sistema de teorías acerca del Universo que fueron el origen de la Filosofía Natural. Este cuerpo de ideas se transmitió primero en la cultura Helenística, después en la cultura Árabe y por último en la cultura Occidental.

Desde la época Griega hasta el Renacimiento se intentó perfeccionar ese legado intelectual usando las mismas herramientas: pensamiento y observaciones aisladas. La obra de Aristóteles se estudió con reverencia, a pesar de ello hubo la necesidad de adaptar sus teorías a observaciones discordantes permitiendo subsanar temporalmente unas deficiencias que al final condujeron a que Filosofía Natural fuese reemplazada por nuevas teorías resultantes de nuevos métodos de hallar el conocimiento.

El libro Dos Nuevas Ciencias de Galileo fue la expresión de una nueva forma de pensar donde se dejaba de lado la búsqueda de las causas últimas en pos de hallar un conocimiento más seguro resultado de un proceso de observación científico. La observación casual fue reemplazada por el experimento, un método riguroso que permite hallar pruebas a favor o en contra de una teoría.

El trabajo de Galileo no fue el último paso en la Revolución Científica pero fue definitivo al proponer teorías verificables sobre el movimiento de los cuerpos proponiendo un método superior al de la epistemología de la Filosofía Natural.

Este proceso de revolución intelectual encarnado en el cambio de concepciones que va de la Filosofía Natural de Aristóteles hasta la formulación de las leyes de movimiento por Newton es de interés para comprender mejor las leyes de la Mecánica como la conocemos hoy.

1.1.1 El movimiento según la Filosofía Natural

Aristóteles (-384 a -322) fue el más influyente de los filósofos griegos. Muchas de sus obras han sobrevivido en forma de lo que algunos creen son notas de clase o manuales para su Liceo [5] . Sus textos fueron compilados en el Corpus Aristotelicum que en regiones como Latinoamérica fue material educativo hasta finales de la Colonia. [6]

Las ideas de Aristóteles acerca del movimiento están planteadas en sus libros “De los Cielos” y “La Física”, textos que condensan disertaciones filosóficas¹ donde se pretendía formular una teoría del Cosmos. Sus teorías, como las de los demás filósofos griegos, estaban basadas en el pensamiento especulativo y en observaciones cotidianas.

Otros filósofos griegos habían intentado explicar el mundo físico antes de Aristóteles, entre ellos Demócrito (-460 a -370) quien propuso que todo estaría compuesto de átomos que permanecerían en el vacío.

Aristóteles rechazó las ideas de Demócrito porque creía en la teoría substancialista de Empédocles (-490 a -430) que decía que los cuerpos estarían formados por alguna mezcla de los elementos Aire, Tierra, Fuego y Agua.

Para Aristóteles el Cosmos se organizaría de acuerdo a la propiedad de pesadez o liviandad de cada elemento: la tierra por ser el elemento más pesado caería al centro del Universo que era su lugar natural, sobre ella caería el elemento Agua formado los ríos y mares. Sobre los anteriores por su liviandad flotaría el elemento aire formando un

¹ En los recuentos sobre la historia de la Ciencia se corre el riesgo de presentar una visión demasiado moderna de lo que pensaban los antiguos. La física Aristotélica se diferencia a la actual hasta en las definiciones más básicas de espacio, tiempo o medida lo que supone una percepción incompleta de esas ideas sin su contexto filosófico e histórico. El movimiento en los textos de Aristóteles es una simple faceta de la idea del cambio en su más amplia definición. [40]

cascaron esférico y sobre todos por ser tener la mayor liviandad estaría el elemento Fuego que llegaría justo hasta la órbita de la Luna como se muestra en la figura 1.

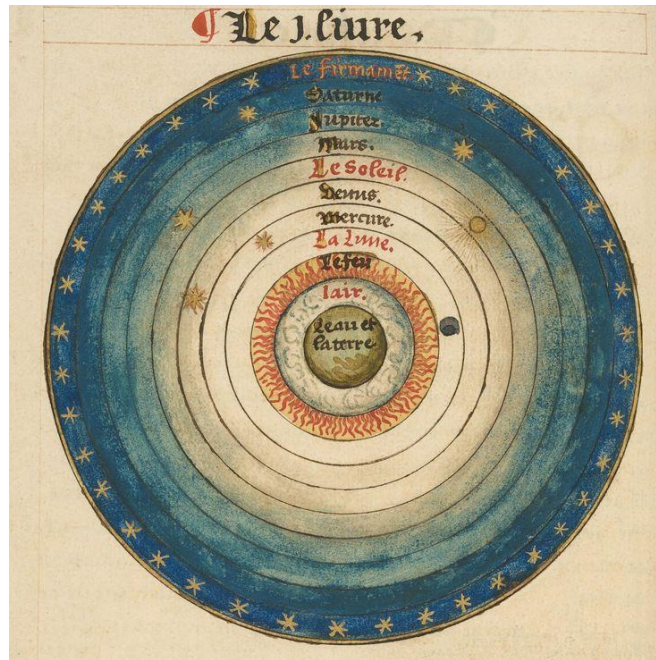


Figura 1: “La Sphere du Monde”, 1549, de Oronce Fine. Fuente [http://iif.harvard.edu/manifests/view/drs:18260773\\$26i](http://iif.harvard.edu/manifests/view/drs:18260773$26i) Abril 2016

Ese mundo sublunar se caracterizaría por ser susceptible a los cambios: los elementos se mezclarían, se separarían y cambiarían de lugar. Aristóteles supuso que la Naturaleza intentaría mantener el orden por medio de la locomoción² haciendo que cada elemento buscara su lugar por medio del “movimiento natural”: la Tierra y el Agua por su pesadez tenderían a viajar en línea recta hacia el centro del Universo, el Fuego y el Aire por su liviandad tenderían a viajar en línea recta hacia la periferia ósea hacia el cielo. Aristóteles supuso que el cielo y los astros se movían en círculos porque creía que los cuerpos celestes y las formas circulares eran perfectos. Pensó que el Cielo estaría construido por cascarones esféricos solidos (de un quinto elemento que llamó Éter) que se moverían rotando a velocidad uniforme alrededor del centro mismo del planeta Tierra. El filósofo asumió que el movimiento de los cascarones esféricos de Éter explicarían todos los fenómenos visibles en el firmamento.

2. Aristóteles, La Física, IV, i; De caelo, I, iii; De caelo, IV. [40] [39] Para Aristóteles el movimiento es un concepto más amplio que incluye cualquier tipo de cambio. Cuando se refería al movimiento de cuerpos usaba la palabra locomoción.

En este modelo de Cosmos con capas concéntricas como una cebolla no habría según Aristóteles ningún el vacío, el Universo sería una continuidad de materia: el Plenum.

Volviendo al mundo sublunar Aristóteles dijo que los “movimientos naturales” tendrían un contrario en los “movimientos violentos” los cuales se opondrían a la tendencia de los elementos de permanecer en reposo o de buscar su lugar natural. Aristóteles pensó que el movimiento violento no sería natural entonces requeriría de un agente externo que lo iniciara y lo mantuviera permanentemente: una roca en el fondo de un valle se moverá únicamente si un agente externo la levantara o la empujara, por otro lado una roca caería por las propiedades de sus elementos en un movimiento natural sin necesidad de algo que la empujase.

Esa idea del movimiento violento fue problemática desde el principio: cualquier proyectil que ha sido lanzado y se separe de su impulsor carece de un agente externo que lo empuje, a pesar de ello mantiene un movimiento horizontal sin importar va subiendo o ya está cayendo. Reconociendo ese problema, Aristóteles opta por una explicación ad hoc: plantea un agente externo en forma de impulso aerodinámico que según él mantendría al proyectil en movimiento; cierra esta discusión argumentando que es la única respuesta posible³. Desde ese momento el problema de los proyectiles se origina y sería fuente de las dudas que terminarían por minar todo el sistema construido por Aristóteles.

Las ideas de Aristóteles parecían plausibles y explicaban varios fenómenos entre ellos los fenómenos celestes entonces Claudio Tolomeo (Año 90 a 168) las incluyó en el *Almagesto*, una obra que resumía los conocimientos astronómicos de la época.

Tolomeo a pesar de reconocer el poder de ese sistema tuvo que ajustarlo determinando que las esferas de Éter no estaban centradas en la Tierra porque de ser así las observaciones de las posiciones planetarias no encajarían: la Tierra debía ocupar un lugar menos importante por lo menos a la hora de realizar cálculos astronómicos.

La teoría del movimiento de Aristóteles a pesar de sus imperfecciones fue aceptada ampliamente porque planteaba una dinámica basada en la noción intuitiva de la inmovilidad del planeta Tierra. No es claro si esa inmovilidad terrestre es una premisa o una consecuencia de los planteamientos de Aristóteles pero es analizada de manera

³ Aristóteles, *La Física*, viii, x; “Some say that it is ‘mutual replacement’: but we must recognize that the difficulty raised cannot be solved otherwise than in the way we have described.” [40]

amplia en su disertación filosófica implicando que existirían efectos que permitirían diferenciar entre una tierra en reposo y otra en movimiento⁴. Las ideas del movimiento de Aristóteles junto al modelo Tolomaico del Cielo formaron un cuerpo de conocimiento difícil de refutar si se usaban los mismos métodos de la Filosofía Natural.

El movimiento en la Edad Media

Los pensadores de la Edad Media creyeron que la explicación del Cosmos formulada por Aristóteles y Tolomeo eran la mejor posible entonces se subordinaron intelectualmente asumiendo el papel de comentaristas: personas que intentan completar y adaptar ideas previamente formuladas que se suponen como ciertas.

Siendo el fenómeno del movimiento tan importante en el sistema propuesto por el filósofo griego el problema de los proyectiles llamó la atención de los comentaristas quienes dieron explicaciones basadas en sus propias observaciones. Estas explicaciones fueron incluidas paulatinamente en la filosofía Natural como veremos en el siguiente recuento:

Juan Filópono (490 a 570) fue de los primeros que comentó el problema de los proyectiles: mientras Aristóteles diferenció los movimientos asignando una causa interna⁵ al movimiento natural y una causa externa al movimiento violento, Filópono propuso que en el violento también podría tener un agente interno “no natural” transmitido desde el iniciador del movimiento [7]. Esto eliminaba la diferencia principal entre movimiento violento y natural siendo similar a la idea de desplazar el centro del Universo a un lugar fuera de la Tierra. Filópono temía a los infinitos al igual que Aristóteles entonces supuso que el agente transmitido iría desvaneciéndose paulatinamente con el tiempo.

Esas ideas no fueron las únicas propuestas para resolver el problema de los proyectiles, siglos después comentaristas Árabes (que leyeron y tradujeron los libros de Aristóteles a su idioma) propusieron versiones de lo que posteriormente Jean Buridán (1295 a 1358) llamó “ímpetu” y que definió como proporcional a la masa y a la velocidad. A diferencia del agente propuesto por Filópono, el ímpetu se conservaría mientras no encontrase

⁴ Tolomeo concluía correctamente dentro del marco de la Dinámica aristotélica que en caso de que la Tierra rotase entonces las nubes y los objetos carecerían de un agente que las moviese al unisono y empezarían a quedarse atrás como lo haría un pasajero al lado de un vehículo. Este efecto fue esgrimido muchas veces en las posteriores discusiones sobre el tema. [5]

⁵ Nuestra tendencia es a pensar que la Tierra atrae a una roca por alguna fuerza, Aristóteles pensaba en una causa interna que era más parecida a un deseo de los elementos de estar en su esfera natural. Esa tendencia estaba ausente en el movimiento violento. [40]

oposición del medio o de una fuerza contraria. Otro comentarista llamado Buridán pensó que en el cielo –el mundo supralunar perfecto- podría ser el lugar donde se podría conservar el ímpetu y sería esta la razón del movimiento perpetuo de las esferas celestes eliminando la necesidad de algún agente celestial [8].

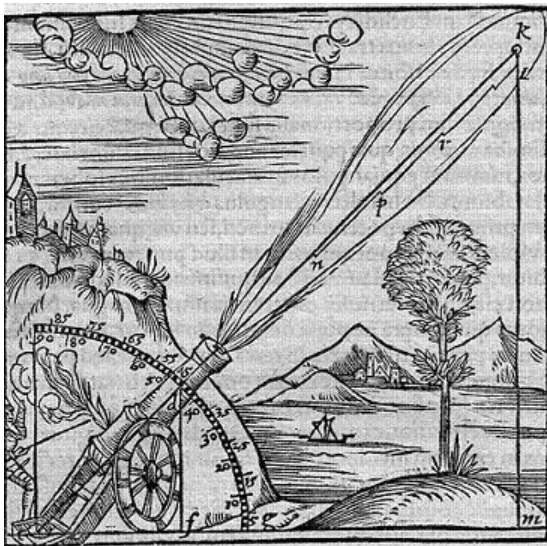


Figura 2: Trayectoria balísticas según Aristóteles. Fuente <https://en.wikipedia.org/wiki/File:Santbech.JPG> abril 2016

Las ideas de Aristóteles fueron amalgamándose con conceptos nuevos y contradictorios y así sucedió en el trabajo de Alberto de Sajonia (1320 a 1390) quien fue un discípulo de Buridán [5].

Para Aristóteles un móvil estaría limitado a un tipo de movimiento simple en cada instante siendo o natural o violento (nunca los dos al tiempo), entonces la trayectoria de un proyectil estaría formado por dos etapas bien diferenciadas como se ilustra en una figura 2, tomada de un manual de artillería de la época Moderna.

La línea recta inclinada sería el movimiento violento impartido por el agente externo que lanzaría al proyectil en línea recta hasta agotarse el ímpetu. Justo cuando el ímpetu se acabase iniciaría el movimiento natural bajando por una línea siguiendo la plomada.

La imposibilidad de ver una trayectoria con forma triangular fue posiblemente la razón que movió a Alberto de Sajonia a proponer una etapa adicional de forma curva donde coexistirían los dos tipos de movimiento como se ve en la figura 3.

La trayectoria con tres etapas se parece más a una trayectoria parabólica pero violaba varios principios de la dinámica aristotélica: mezclar curvas y rectas no era lícito para

Aristóteles quien diferenciaba de manera tajante estas trayectorias⁶ tanto como para pensar que el filósofo negaba la existencia del número π .

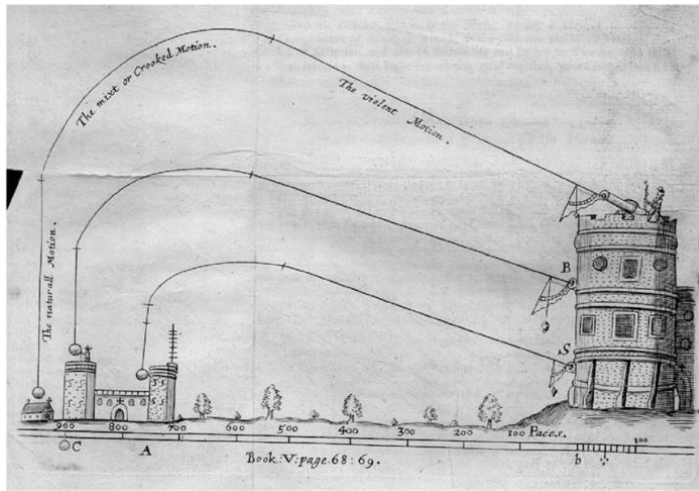


Figura 3: Trayectoria balísticas según Alberto de Sajonia. Tomado de <http://www.woodbetween.world/2012/06/virtual-aristotelian-physics.html> abril 2016

Las inconsistencias teóricas que generaban las propuestas de los comentaristas para arreglar los problemas aristotélicos fueron ignoradas por mucho tiempo: las trayectorias balísticas se asumieron tal como las describió Alberto de Sajonia hasta que se descubrió su forma real por parte de Galileo.

La nueva ciencia de Tartaglia

“Es de la opinión de muchos que si se abre un hoyo que atraviere diametralmente la Tierra y que si un cuerpo igualmente pesado se deja caer en ese hoyo, [...], el cuerpo mencionado debe detenerse inmediatamente al momento de llegar al centro de la Tierra. Yo digo que esa opinión que dice que debe parar inmediatamente cuando llegue no es cierta.

Esto porque la gran velocidad que tiene en ese [punto], debe forzar al cuerpo a seguir a través [del hoyo] de acuerdo a su movimiento violento por un largo y largo [espacio] más allá del mencionado centro y hacia el cielo del hemisferio que está debajo nuestro.

Debe devolverse con un movimiento natural hacia el mismo centro, y una vez que llegue debe pasar otra vez por la misma razón, pero hacia nosotros con un movimiento violento. De esta forma, debe pasar cierto tiempo durante el cual debe pasar [el centro] con movimiento violento y entonces volver debido a su movimiento natural, decreciendo continuamente su velocidad y, finalmente, llegando al reposo al mencionado centro.

⁶ En Sobre los Cielos Libro I capítulo 2 asigna el movimiento circular exclusivamente al Éter. En La Física libro VII capítulo 4 está la larguísima disertación filosófica donde se considera la comparabilidad de los movimientos circular y rectilíneo concluyendo que no es posible.

Entonces, es evidente que el movimiento violento es causado por el movimiento natural pero no sucede lo inverso. Esto es, el movimiento natural nunca es causado por el movimiento violento. Es causado por sí mismo.”

Nicolo Tartaglia La nova scientia. 1537 Traducción propia del texto en Open Library [9].

Esta descripción es muy cercana al movimiento armónico simple: la bala acelera y desacelera oscilando alrededor del centro del planeta como si fuera un péndulo. En este pasaje Tartaglia logra una explicación razonable a un fenómeno que se había ignorado hasta ese momento y lo hace basándose en los principios de la dinámica aristotélica.

En su manual sobre artillería Tartaglia (1500-1557) discute este experimento imaginario con la idea de demostrar que el movimiento natural es acelerado y que el movimiento violento es desacelerado: estos fueron los supuestos centrales en su descripción de las trayectorias balísticas.

Tartaglia intenta reformular la diferencia entre los movimientos asignándole una propiedad cinemática a cada tipo: el movimiento natural es acelerado y el movimiento violento es desacelerado. Si bien su objetivo es otro lleva el concepto del ímpetu tan lejos que elimina otro principio aristotélico: el cuerpo al llegar a su lugar natural no se detendrá entonces ese lugar no es tan natural.

Tartaglia deseaba fundamentar con geometría las teorías antiguas del movimiento, especialmente en el movimiento de los proyectiles.

Siendo matemático -el primero en traducir “Los Elementos” de Euclides a una lengua moderna-, intentó demostrar geoméricamente los postulados de la filosofía natural: la Nova Scientia intenta fundar una nueva ciencia matematizando la dinámica de Aristóteles.

<p>Euclides (ca. -300) Fue un geómetra que compilo, completo y sistematizo de manera lógica las demostraciones geométricas conocidas en su época. Este texto fue llamado “Los Elementos” y ha influido varios campos del conocimiento dada la rigurosidad en el sistema con el que se construye el conocimiento matemático, lo que hace suponer irrefutables los resultados alcanzados con este sistema lógico propuesto.</p>
--

Tartaglia fracasa en ese proyecto porque carece de la rigurosidad que exige Euclides: los axiomas son principios dudosos de la dinámica antigua y los teoremas son simples supuestos.

Tartaglia al igual que sus contemporáneos asume que en la trayectoria de un proyectil hay una curvatura pero no puede relacionarla con los únicos datos que posee: el ángulo de disparo y el alcance de la bala. Realiza construcciones geométricas como la figura 4 que no tienen rigor, además especula: asume una trayectoria en parte recta a pesar de que sospecha que puede ser completamente curva. [10]

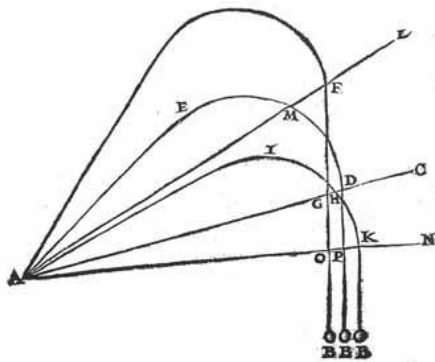


Figura 4: Trayectorias balísticas según Tartaglia. Tomado de <https://www.mpiwg-berlin.mpg.de/en/news/features/features-feature29> abril 2016

El resultado final de su nueva ciencia termina siendo otro arreglo de la antigua: la trayectoria de los proyectiles propuesta por Tartaglia es la misma que proponía Alberto de Sajonia siglos antes.

El mito del experimento original

“La tradición aristotélica también mantenía que se podrían deducir todas las leyes que gobiernan el universo por medio del pensamiento puro: no era necesario comprobarlas por medio de la observación. Así, nadie antes de Galileo se preocupó de ver si los cuerpos con pesos diferentes caían con velocidades diferentes. Se dice que Galileo demostró que las anteriores ideas de Aristóteles eran falsas dejando caer diferentes pesos desde la torre inclinada de Pisa.”

Stephen Hawking, Breve Historia del Tiempo 1988.

En este párrafo del famoso libro de Hawking se presenta la versión tradicional de cómo se superó el sistema Aristotélico: solo hacía falta dejar caer objetos para derrumbar todas las teorías antiguas acerca del movimiento. Este es uno de los capítulos de la historia de las ciencias peor contados que existe y la conclusión natural es la de suponer que todos los pensadores antes de Galileo eran poco competentes.

Lanzar pesos diferentes desde torres o sobre planos no resultó en la eliminación automática de las teorías de Aristóteles. En la Universidad de Pisa –mientras Galileo fue estudiante– algunos de sus profesores zanjaban acalorados debates sobre la naturaleza

de los cuatro elementos dejando caer trozos de diferentes materiales y pesos: los métodos, los resultados y las conclusiones no eran unánimes ni demoleedores. [11]

Que Galileo haya realizado o no la experiencia en la Torre de Pisa -o en cualquier otra torre- deja de ser crucial al leer sus textos: él mismo relata "...: *es verdad que la madera al principio de su caída se mueve más rápido que el plomo: un poco después el movimiento del plomo es tan acelerado que deja la madera atrás, y si se dejan caer desde una torre alta, el plomo cae de primeras por una distancia grande: y yo he puesto a prueba esto frecuentemente*"⁷ [12].

Galileo no descubrió las leyes de la naturaleza en el primer experimento que hizo porque no esperaba que los cuerpos de diferente peso cayeran al mismo tiempo y tenía una compleja –y errónea- para explicar los resultados obtenidos.

Esa experiencia y sus explicaciones están descritas en su texto "De Motu Antiquora" que fue escrito cuando era profesor en la Universidad de Pisa.

El manuscrito muestra que Galileo a pesar de tener dudas sobre las ideas de Aristóteles no pudo reemplazarlo de un solo golpe. Sus nuevas teorías se construían de manera gradual en la medida que las explicaciones le parecieran mejores o que según su propio criterio estuvieran mejor fundamentadas.

Galileo siendo profesor en Pisa aun usaba conceptos como el movimiento violento y el natural entonces dibujaba las trayectorias como los Filósofos Naturales como se muestra en la imagen de la figura 6 sacada de su texto De Motu Antiquorum [13].

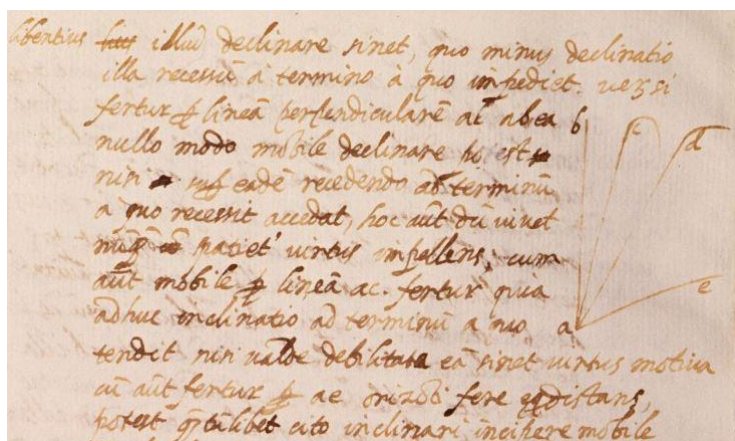


Figura 6: Trayectorias balísticas según Galileo. [De Motu Antiquorum](#) folio 257 fuente [13].

⁷ "Thomas Settle y Donald Miklich en 1983 revivieron la experiencia de lanzar objetos desde una torre alta encontrando que los músculos engañan y que dos objetos se sueltan a diferente velocidad dependiendo de su peso lo que posiblemente explica que la madera cayera de primeras, además si se tiene en cuenta el efecto de la resistencia del aire, se explica el resultado obtenido por Galileo [43].

1.1.2 El movimiento según la Nueva Ciencia

“Que Aristóteles fue poco versado en geometría aparece en un número de lugares de su trabajo filosófico; pero especialmente uno donde él asegura que el movimiento circular no tiene una razón con el movimiento rectilíneo, porque, por supuesto, una línea recta no está en razón ni es comparable con una curva: esta falsedad (porque no tiene valor para el nombre de opinión) demuestra que Aristóteles fue ignorante, no solo de los más profundos y abstractos descubrimientos de la geometría, pero también de los más elementales principios de esta ciencia.”

Galileo, De Motu Antiquora [12]

La imposibilidad de poder comparar el movimiento rectilíneo con el circular planteada por Aristóteles, -y que Alberto de Sajonia pasó por alto- fue un elemento esencial a la hora de separar la física celeste de la terrestre: el movimiento circular se daba exclusivamente en el cielo según el filósofo. Es imposible saber si Aristóteles ignoraba la definición del número π o si aplicaba una clasificación demasiado rigurosa a las formas, pero la equivalencia de una línea curva con una línea recta se conocía desde los tiempos de los Babilónicos.

Galileo juzgaba duramente Aristóteles porque lo compara con Arquímedes: mientras el primero apelaba a criterios estéticos para formular hipótesis místicas el segundo basaba su trabajo en demostraciones matemáticas rigurosas.

Arquímedes (-287 a -212) en su texto “Sobre la flotación de los cuerpos” realizó demostraciones geométricas –involucrando propiedades que tienen equivalentes modernos en el peso, la densidad y la incompresibilidad- para explicar el fenómeno de la flotación de los cuerpos en el agua. El concepto de equilibrio hidrostático le permitió reducir el problema a figuras geométricas (figura 7) eliminando otras variables superfluas en el problema, dando una explicación satisfactoria y fácilmente verificable.

Los planteamientos de Arquímedes resultaban en explicaciones mejor sustentadas y que eran verificables con experimentos, los planteamientos de Aristóteles en cambio eran muchos casos difíciles de probar o refutar. Galileo percibió esta cualidad y con el tiempo hizo uso extensivo no solo de los argumentos de Arquímedes sino que también del método demostrativo-experimental [14].

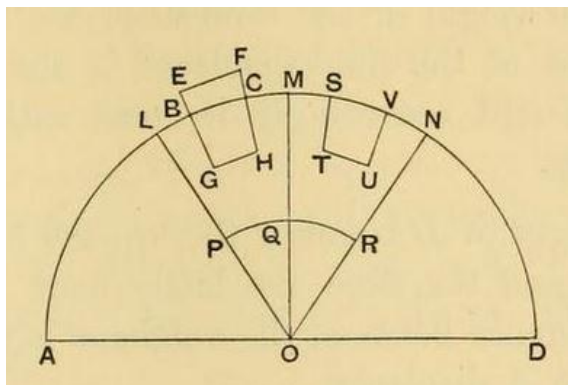


Figura 7: Proposición quinta de Arquímedes en “On floating bodies” fuente: https://www.stmarys-ca.edu/sites/default/files/attachments/files/On_Floating_Bodies.pdf abril 2016

Sobre la flotación de Arquímedes fue un texto clave no solo por el método usado también por el tema tratado: el Cosmos propuesto por Aristóteles podría ser explicado por el fenómeno de la flotación sin necesidad de hablar de lugares naturales o de la pesadez o liviandad de los elementos.

Arquímedes podría explicar ese mismo Cosmos con medidas y geometría: la liviandad o la pesadez de los 4 elementos se tradujeron en algo equivalente a la densidad relativa. De esta forma el tratado sobre flotación escapa a los problemas filosóficos de las substancias transformándolas en cantidades eliminando del análisis muchas consideraciones superfluas que complicaron a la Filosofía Natural de Aristóteles.

Para Galileo la explicación geométrica de la flotación le permite refutar a Aristóteles proponiendo mejores explicaciones a los fenómenos. Pasado un tiempo descubre que toda la Filosofía Natural Aristotélica se basa en una epistemología con objetivo y métodos errados: ambiciona conocer las causas últimas de las cosas partiendo de la observación cotidiana y la discusión filosófica.

Galileo emprende la tarea de reemplazar ese sistema y muchos años después expresa en El Ensayador:

“Philosophy is written in this grand book, the universe, which stands continually open to our gaze. But the book cannot be understood unless one first learns to comprehend the language and read the letters in which it is composed. It is written in the language of mathematics, and its characters are triangles, circles, and other geometric figures without which it is humanly impossible to understand a single word of it; without these, one wanders about in a dark labyrinth.”

The Assayer, Galileo Traducción de Stillman Drake

Ver esas formas geométricas no puede lograrse con la simple observación cotidiana: el trabajo de Tartaglia es una muestra de lo difícil que es hacerlo bien. Generar una geometría o explicación matemática válida para un fenómeno requiere la construcción de un experimento que permita medir y comparar la geometría propuesta con la realidad. Galileo llamó a esta actividad “experiencia exquisita” diferenciándola de la experiencia que solían realizar los filósofos naturales: mientras en la “experiencia exquisita” había que realizar un montaje específico para obtener información, en la experiencia de los filósofos se observaba sin intervenir porque se suponía que eso sería más cercano a lo natural.

Galileo en su libro *Dos nuevas Ciencias* expresa que todo lo que ocurre en mundo tiene que ser obligatoriamente natural y que solo lo imposible no es natural⁸: esta noción juega un papel central en la validación del experimento para obtener el conocimiento: los seguidores de Aristóteles tenían profundamente enraizada la idea que existían cosas en el Universo que eran naturales -como la caída de los cuerpos más pesados- y que existían cosas no naturales - como el lanzamiento de una piedra-. Esa separación entre cosas naturales y las no naturales invalidaban los experimentos [5] : además de innecesarios para llegar al conocimiento, se suponía que los experimentos afectaban lo natural.

El uso de la demostración matemática y el experimento tienen implícita una epistemología nueva: se puede conocer solo lo que se puede medir, sobre ella se fundamenta la Ciencia.

Esta epistemología produjo una separación entre la Filosofía y la Filosofía Natural por el hecho de que se requería una formación en matemáticas y se renunciaba a conocer las causas últimas por lo menos en del mundo natural.

El nuevo método demostrativo-experimental permitió que Galileo retomara el problema de las trayectorias pero esta vez por fuera de la dinámica Aristotélica: los movimientos violento y natural ya no eran válidos como hipótesis y desaparecen de los escritos de Galileo.

⁸ “[...] one must admit then that a vacuum is sometimes produced by violent motion [*violenza*] or contrary to the laws of nature, (although in my opinion nothing occurs contrary to nature except the impossible, and that never occurs).” [38]Galileo, *Two new Sciences*

Es muy probable que Galileo a partir de sus experiencias en Pisa se diese cuenta que no se obtenía conocimientos sobre la naturaleza probando a lanzar objetos pesados desde un lugar alto: los resultados variarían y no se podría medir todo lo que se deseaba.



Figura 8: Galileo haciendo el experimento del plano inclinado. Origen imagen: Clases profesor Carlos Augusto Hernández [15].

Galileo encontró en el plano inclinado la forma de experimentar con la caída: en su *De Motu* había demostrado geoméricamente que un cuerpo que rueda en el plano inclinado sufre una forma de caída libre retardada. Para realizar las mediciones usó el tempo musical para medir el tiempo -un método mostrado en la figura 8- descubriendo que el espacio recorrido en la caída en el plano sería proporcional al cuadrado del tiempo transcurrido.

Buscando entender el movimiento de los proyectiles Galileo analizó la trayectoria separándolo en dos partes: un proyectil tendería a subir y a caer por alguna causa (que no interesaba en ese momento) pero además se movería de manera horizontal hacia adelante (por razones que no tenía claras). Descubrió que la composición de esos dos movimientos tendría que ser una parábola, curva conocida desde los griegos, como se muestra en la figura 9 y 10.

Esa forma geométrica era la trayectoria de los proyectiles no los triángulos de Aristóteles o las formas compuestas de Alberto de Sajonia y Galileo tenía experimentos muy bien pensados para demostrar esa afirmación.

Saber la forma de la trayectoria de los proyectiles no fue suficiente para Galileo quien continuó investigando las causas de ese fenómeno: en el texto de *Dos nuevas ciencias*

analiza el concepto del ímpetu y sus repercusiones sobre la teoría Aristotélica. En palabras de un personaje en su texto señala la contradicción entre el ímpetu y la Filosofía Natural:

Simplicio: [...] A lo largo de todo el argumento habéis hecho una suposición que no os será concedida fácilmente por la escuela peripatética pues es contrarísima a Aristóteles. Esta consiste en tomar como cosa conocida y manifiesta que el proyectil separado del proyectador continúa el movimiento por una virtud impresa en él por el mismo proyectador. Dicha virtud impresa es tan odiosa a la filosofía peripatética como el paso de un accidente de un sujeto a otro. En esta filosofía se afirma, como creo que sabéis, que el proyectil es llevado por el medio que, en nuestro caso, viene a ser el aire. Por tanto, si la piedra lanzada desde la cima del mástil tuviera que seguir el movimiento de la nave, sería necesario atribuir tal efecto al aire, y no a la virtud impresa en él. Pero vos suponéis que el aire no sigue el movimiento de la nave, sino que está tranquilo. Además, el que lo deja caer no ha de lanzarlo ni darle ímpetu con el brazo, sino que simplemente debe abrir la mano y dejarlo. De este modo, ni por la virtud impresa en él por el proyectador, ni por causa del aire, podrá la piedra seguir el movimiento de la nave y, por tanto, quedará atrás.

Galileo Diálogos sobre los dos máximos sistemas del mundo: ptolemaico y copernicano

Galileo percibió que el ímpetu era una invención ingeniosa de los comentaristas quienes buscaban salvar la dinámica antigua pero ignoraron sistemáticamente las consecuencias de ese concepto.

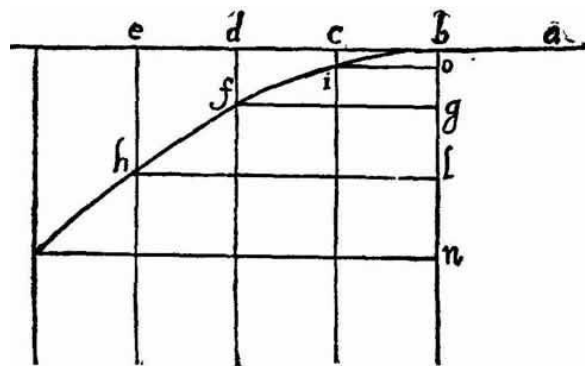


Fig. 108

Figura 9: Trayectorias balísticas según Galileo. Fuente: <http://oll.libertyfund.org/titles/galilei-dialogues-concerning-two-new-sciences> abril 2016

Por sus experimentos con planos y esferas metálicas Galileo sabía que un cuerpo en ausencia de oposición mantendría ese ímpetu, cualquiera que fuera su origen o naturaleza: los cuerpos siguen su movimiento en línea recta y a una velocidad constante. Entonces Galileo propuso la experiencia de dejar caer un objeto pesado desde el mástil de un barco que se mueve a velocidad constante: para el observador en

el barco el cuerpo caerá verticalmente con velocidad horizontal cero, para un observador en la playa el cuerpo seguirá una trayectoria parabólica.

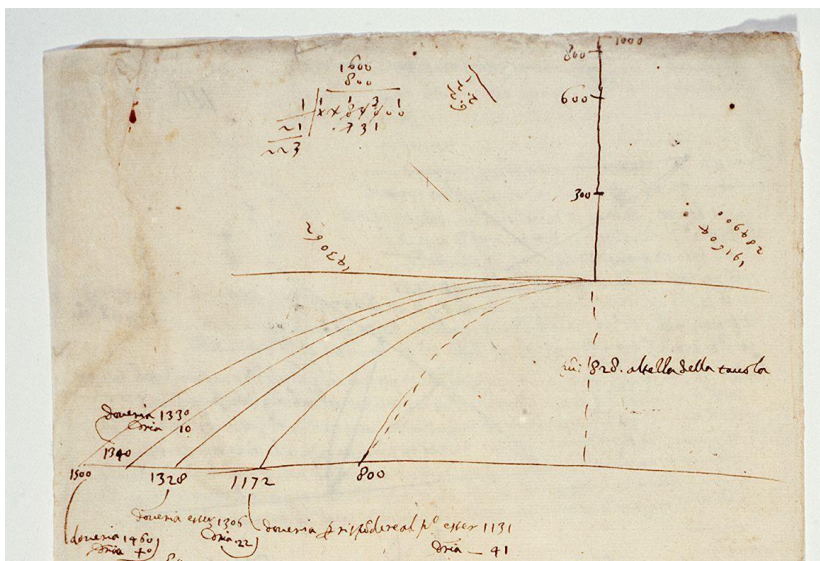


Figura 10: Trayectorias parabólicas según Galileo. Fuente http://141.14.130.22/cgi-bin/toc/toc.x.cgi?dir=galil_gal72_X01_it_1600&step=thumb. Marzo 2015

La equivalencia entre un observador que se mueve y uno que está en reposo le permitió reconsiderar el problema del movimiento de la Tierra: si se moviese en línea recta a velocidad constante la caída de los cuerpos sería igual en un planeta en movimiento como en uno estático.

Estas ideas no acabaron por si solas con el sistema geocéntrico de Tolomeo y Aristóteles pero sentaban las bases para la nueva ciencia de la dinámica.

La formulación de las leyes del movimiento

Newton no descubrió las leyes del movimiento que tienen su nombre, tampoco fue el primero en formularlas y esto lo aclara él mismo en el segundo escolio de su obra “Los principios matemáticos de la filosofía natural”. En este dice que las dos primeras leyes son debidas al trabajo de Galileo porque son las leyes que gobiernan el tiro parabólico: una composición de un movimiento uniformemente acelerado explicado por la segunda ley y un movimiento en dirección horizontal a velocidad constante explicado por la primer ley [16].

La tercera ley del movimiento Newton la formula con base a experimentos de choque entre cuerpos, en estos se descubrió la ley de la conservación del momentum por científicos contemporáneos y colegas de Newton.

$$m_1 \vec{v}_{i1} + m_2 \vec{v}_{i2} = m_1 \vec{v}_{f1} + m_2 \vec{v}_{f2}$$

Usando este principio se deduce que toda fuerza tiene un par de reacción. Una de las cuestiones interesantes es que Newton y sus colegas al igual que Galileo lograron medir las variables como la velocidad sin tener los instrumentos ideales para ello: para la época no había forma de medir el tiempo con una precisión de segundos.

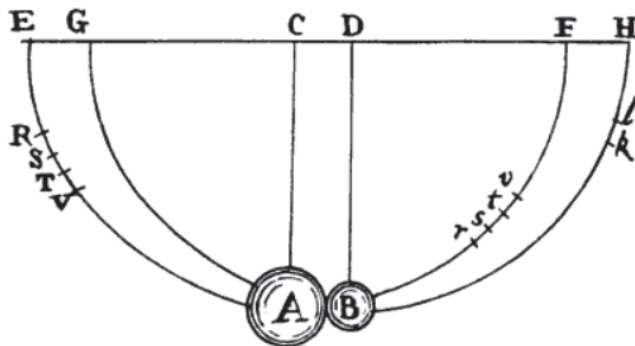


Figura 11: Formulación de la tercera ley del movimiento. Fuente [16]

Newton hace una descripción del método experimental describiendo que dos esferas se dejan caer desde diferentes puntos de la trayectoria curva como se ve en la figura 11. Esto implica que la velocidad que alcanzan al chocar es proporcional a la distancia recorrida por cada esfera desde que se suelta hasta que llega a chocar en la parte más baja de la trayectoria, entonces se realiza una medición de velocidad solo midiendo la distancia sin necesidad de usar un reloj.

Siendo la fuerza una tasa de cambio del momentum Newton establece que si se conserva el momentum antes y después del choque entonces eso implica que cualquier cambio que se haya producido en el sistema de los dos cuerpos debe anularse a sí mismo.

De ahí se deduce que la fuerza del choque entre los dos cuerpos debe ser de igual magnitud y de direcciones opuestas de manera que para el sistema cuerpos A+B esas fuerzas sumen cero. Esto a la vez permite explicar que para cada cuerpo como sistema separado resulte un cambio neto en la cantidad de movimiento correspondiendo al rebote que sufren después de chocar.

Este ingenioso método experimental de los péndulos y la deducción de una ley del movimiento por el pensamiento lógico matemático es una muestra de la aplicación de los métodos de los que Galileo fue pionero. Si bien la conversión hacia la nueva ciencia no fue completa y pasaron muchos siglos antes de que el método deductivo-experimental se impusiera, ya en 1687 con la publicación de los Principia era claro que la revolución científica se estaba dando y que continuaría la búsqueda iniciada por los pensadores griegos.

1.2 Aspectos teóricos de las leyes de Newton

El estudio del movimiento de los cuerpos macroscópicos que se mueven a una velocidad mucho menor a la de la luz hace parte de la Mecánica Clásica (figura 12). Es la razón de ser de las ramas Cinemática y Dinámica de esta mecánica.

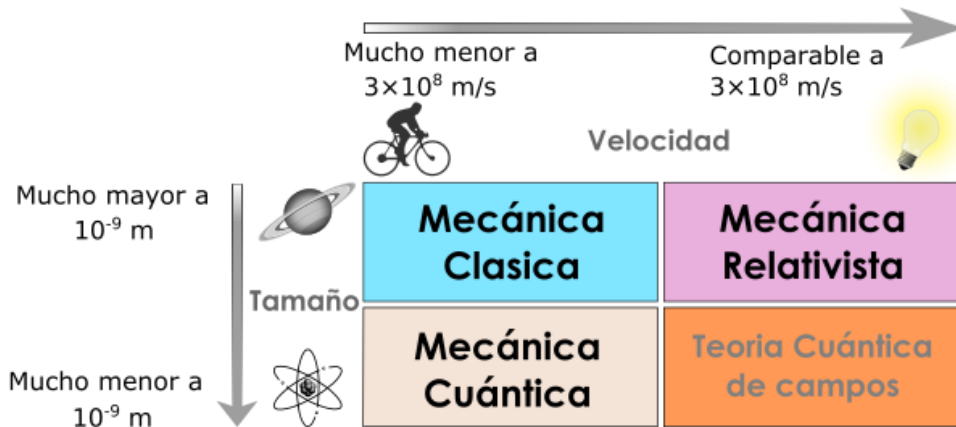


Figura 12. Fuente Wikipedia. Fuente <https://en.wikipedia.org/wiki/Physics> abril 2016

La Cinemática es el lenguaje con el cual se describe de manera precisa el movimiento de un cuerpo en el espacio. La Dinámica estudia las causas por las que se produce el movimiento de los cuerpos basándose en las leyes de Newton.

Todas las fuerzas son debidas a interacciones entre las partículas fundamentales, estas interacciones se clasifican en cuatro tipos:

- a. **Interacción gravitacional:** es de alcance ($1/r^2$), está asociada a la masa de las partículas. Algunas teorías suponen la existencia de un ente análogo al fotón que transmite la gravedad.
- b. **Interacción electromagnética:** de largo alcance ($1/r^2$), se debe a la carga eléctrica de los cuerpos. Se transmite por fotones.
- c. **Interacción débil:** de alcance muy corto (1×10^{-15} m), se debe a la interacción de las partículas subatómicas. Es una faceta de la interacción electromagnética, su unificación con ella es llamada interacción electro-débil.
- d. **Interacción fuerte:** de alcance muy corto (1×10^{-15} m), se debe a la interacción de las partículas subatómicas y es la responsable de mantener confinadas las cargas positivas de los protones junto a los neutrones.

En la vida diaria las fuerzas que se pueden percibir son de dos tipos: las debidas a las interacciones electromagnéticas y la gravedad. La primera se manifiesta de diversas formas, es la causante de las interacciones entre los átomos, moléculas y sus electrones. Las interacciones Débil y Fuerte tiene alcances demasiado pequeños y sus efectos están confinados al núcleo del átomo.

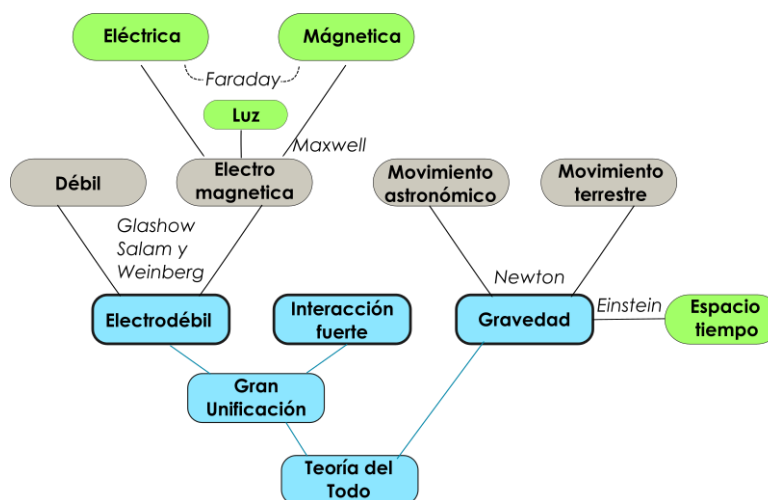


Figura 13 Tres fuerzas fundamentales y sus posibles unificaciones (en azul) [17].

En la antigüedad se pensaba que la naturaleza era diferente en el cielo, Newton unificó esos dos espacios al demostrar que se mueven bajo la misma fuerza, la gravedad. Los fenómenos eléctricos se suponían diferentes a los magnéticos, Maxwell unificó estas dos fuerzas con sus teorías del electromagnetismo y descubrió que la luz es una faceta de esa fuerza.

Estas y otras unificaciones han conducido a que en la actualidad definamos solo cuatro interacciones o fuerzas fundamentales que se espera que a su vez sean las facetas de una sola fuerza que puede que exista o no. En la figura 13 se presenta un resumen de como se ha ido reduciendo la cantidad de fenómenos y como se espera que a futuro quede solo una fuerza como origen de las interacciones que se observan y miden.

1.2.1 Primera ley de Newton

“Todo objeto continúa en su estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta, a menos que sea obligado a cambiar ese estado por fuerzas que actúen sobre él.”

Paul Hewitt, *Física Conceptual*. [1]

Una de las propiedades de la materia es la de oponerse al cambio de velocidad, esto se ha denominado inercia. En un espacio donde haya ausencia de interacciones una partícula que se pueda mover libremente se mantendrá a velocidad constante o en estado de reposo sin que haya una manifestación física con la que se pueda diferenciar entre esos estados.

La única forma que un cuerpo cambie su velocidad es bajo el efecto de un contacto directo con otras partículas o la influencia de un campo gravitatorio o electromagnético. Este evento puede diferenciarse del movimiento a velocidad constante por la presencia de fuerzas medibles.

Este fenómeno sirve para definir lo que es un marco de referencia inercial: en ausencia de fuerzas externas y siendo observado desde un marco de referencia a evaluar, si un objeto permanece en reposo o en movimiento a velocidad constante—siendo libre de moverse- entonces ese marco de referencia es inercial durante el periodo que dure esa observación. En caso de que el cuerpo se acelere con respecto al marco elegido, sin que exista una fuerza que origine ese cambio en velocidad, se dice que el sistema es no inercial. [18]

Los marcos de referencia acelerados por fuerzas diferentes a la gravedad son marcos de referencia no inerciales, en ellos se observaran fuerzas que no pueden explicarse por un campo o un contacto entre cuerpos, estas fuerzas ficticias surgen del cambio de velocidad del marco de referencia. Estos marcos requieren la introducción de fuerzas ficticias para que la formulación de la segunda y tercer leyes de Newton pueda aplicárseles.

El caso es diferente para los marcos acelerados por la gravedad dado que la gravedad interactúa con todas las partículas de un sistema acelerándolas a la misma tasa. Esta última situación fue considerada por Newton en un corolario de las leyes del movimiento que formuló en su libro:

COROLLARY VI

“If bodies moved in any manner among themselves, are urged in the direction of parallel line by equal accelerative forces, they will all continue to move among themselves, after the same manner as if they had not been urged by these forces.

For these forces acting equally (with respect to the quantities of the bodies to be moved), and in the direction of parallel lines, will (by Law II) move all the bodies equally (as to

velocity), and therefore will never produce any change in the positions or motions of the bodies among themselves.” [16]

Los marcos de referencia asociados a cuerpos pequeños que orbitan o que caen de manera libre en un campo gravitatorio no pueden diferenciarse de los inerciales. Mientras todas las partículas materiales del sistema se aceleren a la misma velocidad (incluyendo observador, objeto y nave) no habrá aceleración relativa entre ellas entonces la velocidad del objeto de prueba observado con respecto al marco de referencia evaluado no cambiará. Un observador en el interior del marco de referencia en caída libre no medirá anomalía alguna mientras las diferencias en el campo gravitacional sean poco importantes (fuerzas de marea).

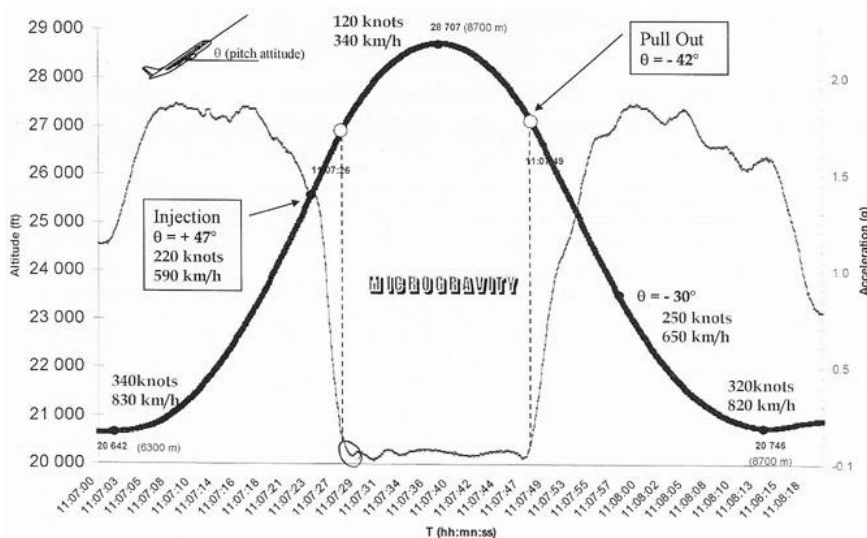


Figura 14 Vuelo parabólico un ejemplo de un marco de referencia inercial fuente

http://www.blubblubb.net/tropos/tropos_docu.html marzo 2015

En la figura 14 se muestra la trayectoria de un vuelo en tiro parabólico donde los pasajeros viajan en caída libre, mientras el avión se lanza en tiro parabólico. Durante ese lapso el avión se comporta como un marco de referencia inercial a pesar de estar acelerado por la gravedad todo el tiempo. En el momento en que el avión empieza a acelerar debido al empuje de sus motores o a la fuerza del aire en las alas entonces se comporta como un marco de referencia no inercial.

El planeta Tierra no es estrictamente un marco inercial no solo debido a las fuerzas de marea, la rotación sobre su eje también hace necesaria la inclusión de fenómenos como las fuerzas ficticias (Coriolis).

Marco de referencia, posición y desplazamiento

Un marco de referencia es un conjunto de convenciones que permiten describir eventos y posiciones desde el punto de vista de un observador. En la mecánica clásica es suficiente con definir un sistema de coordenadas para definir posiciones en el espacio con respecto a un punto de origen convenido. Los eventos se describen suponiendo que el tiempo es absoluto es decir que es imperturbable y que transcurre de manera constante, puede ser medido con algún instrumento que haga las veces de reloj.

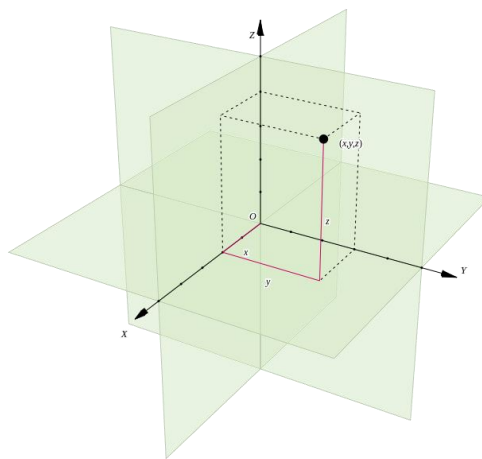


Figura 15 Posición de un punto en un sistema de coordenadas cartesianas fuente Wikipedia https://en.wikipedia.org/wiki/Frame_of_reference marzo 2015

La posición es un lugar que ocupa un punto con respecto al origen del sistema coordinado elegido y define el lugar que ocupa una partícula (figura 15). La partícula es la idealización que se hace de un cuerpo que en la realidad ocupa algún volumen, ese punto debe corresponder con el centro de gravedad del cuerpo y posee la misma masa.

El desplazamiento es el cambio de posición en un intervalo de tiempo dado, vectorialmente resulta de la resta de los vectores de posición final e inicial de la partícula:

$$\Delta\vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1$$

Velocidad y aceleración

La velocidad mide una tasa de cambio, en este caso se mide el cambio de posición de una partícula. Puede ser medida como un valor promedio o como un valor instantáneo.

La velocidad media corresponde al desplazamiento dividido sobre el tiempo que ha durado el recorrido.

$$\vec{v}_m = \frac{\overrightarrow{\Delta p}}{\Delta t}$$

La velocidad instantánea corresponde a la derivada de la función posición con respecto al tiempo:

$$\vec{v}_i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\overrightarrow{\Delta p}}{\Delta t} = \frac{dp}{dt}$$

La velocidad media corresponde al desplazamiento dividido sobre el tiempo que ha durado el recorrido.

$$\vec{a}_m = \frac{\overrightarrow{\Delta v_i}}{\Delta t}$$

La aceleración instantánea:

$$\vec{a}_i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\overrightarrow{\Delta v}}{\Delta t} = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2p}{dt^2}$$

1.2.2 Segunda ley de Newton

“La aceleración de un objeto es directamente proporcional a la fuerza neta que actúa sobre él, tiene la dirección de la fuerza neta y es inversamente proporcional a la masa del objeto”.

Paul Hewitt, Física Conceptual. [1]

La segunda ley define que sucede con un cuerpo cuando está bajo el efecto de una o varias fuerzas a la vez. Si las fuerzas se equilibran entonces el cuerpo mantendrá su velocidad con respecto al marco de referencia inercial desde donde se observa. Si existe desequilibrio entonces el cuerpo se acelerará de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_{neta}}{m}$$

$$\vec{F}_{neta} = \sum \vec{F}$$

Para realizar esa sumatoria de fuerzas se utiliza el método del diagrama de cuerpo libre que es una simplificación en dos dimensiones de una situación real.

En el DCL se supone que el cuerpo es una partícula puntual sin dimensión que se halla en el centro de un sistema de ejes cartesianos alienados de acuerdo a la conveniencia del usuario.

A partir de esa partícula se dibujan las fuerzas que afectan al cuerpo estudiado. Por último se suman vectorialmente las fuerzas.

Ejemplo

Tenemos un bloque de 10 kg sobre una rampa movible que tiene una inclinación de 30° y una masa 25kg. No hay rozamiento en ninguna de las superficies. ¿Con cuánta fuerza horizontal se debe empujar el conjunto bloque y rampa para que el bloque se mantenga “pegado” a la rampa?

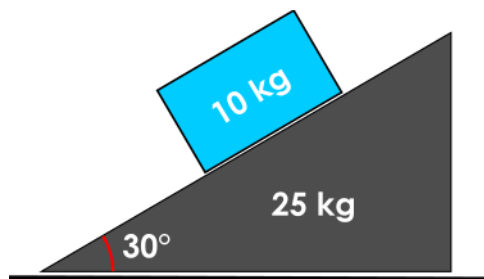


Figura 16 Gráfica de la situación problema planteada en el ejemplo.

Este ejercicio a pesar de la simplicidad de su planteamiento resulta ser bastante complejo, el hecho de que la rampa se mueva introduce complicaciones (figura 16). Por ejemplo en el caso que la fuerza horizontal sea nula el bloque se deslizara por el peso y la rampa también lo hará empujada por el bloque.

El diagrama de cuerpo libre en este caso es una herramienta muy útil, mostrado en la figura 17. El cuerpo de interés en este problema es el bloque, entonces se dibujan el peso y la fuerza normal que ejerce la rampa sobre el bloque:

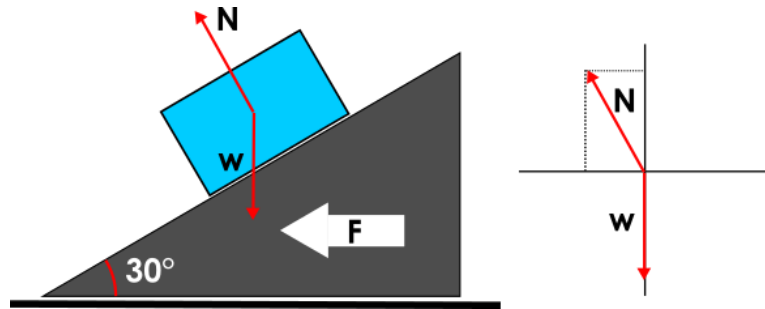


Figura 17 Diagrama de cuerpo libre del problema ejemplo.

De acuerdo a la segunda ley la fuerza neta resultante será siempre:

$$\vec{F}_{neta} = \sum \vec{N} + \vec{w} \quad (1)$$

Que es equivalente a:

$$\vec{F}_{neta\ x} = \sum \vec{w}_x + \vec{N}_x \quad (2)$$

$$\vec{F}_{neta\ y} = \sum \vec{w}_y + \vec{N}_y \quad (3)$$

De acuerdo al planteamiento del problema se busca que el bloque mantenga la misma posición con respecto a la rampa es decir que no se deslice. Para ello la condición necesaria es que el bloque tenga una fuerza neta cero en el eje vertical:

$$\vec{F}_{neta\ y} = \sum \vec{w}_y + \vec{N}_y = 0N \quad (4)$$

La componente vertical de la fuerza normal N_y debe igualar el peso del bloque como se ve en la figura 18:

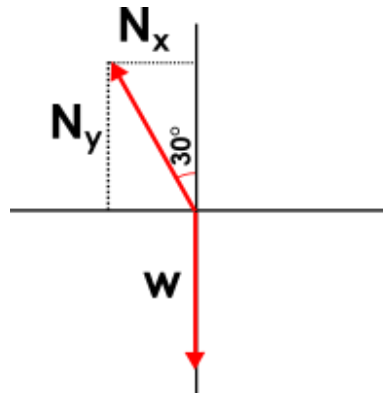


Figura 18 Diagrama de cuerpo libre del problema ejemplo

$$\vec{w}_y = \vec{N}_y = \vec{N} * \cos 30^\circ \quad (5)$$

Entonces la fuerza normal N debe ser:

$$\vec{N} = \frac{10 \text{ kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{\cos 30^\circ} \quad (6)$$

Dado que el bloque está pegado a la rampa ambos deben moverse con la misma aceleración, resultado de la fuerza neta en el eje x, es claro que la única fuerza que contribuye es la normal:

$$\vec{N}_x = \frac{10 \text{ kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * \text{sen } 30^\circ}{\cos 30^\circ} \quad (7)$$

Con este dato finalmente se puede hallar la aceleración del conjunto y por tanto la fuerza buscada.

Las siguientes son fuerzas usadas en el análisis para la construcción de DCL, surgen de alguna de las interacciones fundamentales de la naturaleza y se presentan en situaciones particulares:

Peso

Todos los cuerpos con masa son atraídos por la masa de terrestre con una magnitud que varía dependiendo del lugar donde se mida. El valor exacto de la atracción gravitacional local varía por ejemplo con la latitud y factores geológicos, pero para situaciones donde

no se requiere alta precisión se define que la aceleración de un cuerpo en caída libre es de 9.8 m/s^2 .

El peso es la fuerza que resulta de multiplicar la masa del cuerpo por la aceleración de la gravedad y suele denominarse con la letra w y marca la plomada local que no siempre apunta al centro de la Tierra. En otros planetas existirá una fuerza análoga pero de magnitud proporcional a la masa y a su radio.

$$\vec{w} = m\vec{g}$$

Fuerza de tensión

Es una fuerza que se presenta cuando dos puntos están atados por una cuerda o elemento similar que intenta separar los extremos de la misma. Esta interacción explica el funcionamiento de las poleas y maquinas similares como en la figura 19.

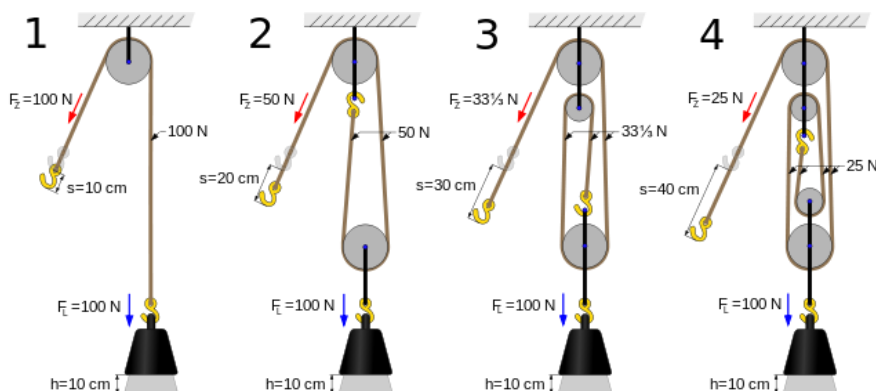


Figura 19 Polipastos de varios tipos Wikipedia <https://es.wikipedia.org/wiki/Polipasto> marzo 2015

Fuerza elástica

Matematizada por la ley de Hooke se produce en los resortes y elementos elásticos lineales donde se puede relacionar la magnitud de la fuerza con la elongación del resorte.

$$\vec{F} = -k\vec{X}$$

Fuerza normal y de rozamiento

Estas fuerzas se presentan cuando hay contacto entre dos superficies planas de dos cuerpos diferentes.

La fuerza normal tiene dirección perpendicular a las superficies y es la que da soporte para que los cuerpos no se atraviesen entre sí. La fuerza de rozamiento es la que se presenta cuando los cuerpos sufren fuerzas que hacen intentan o hacen que las superficies deslicen una sobre la otra.

1.2.3 Tercera ley de Newton

“Siempre que un objeto ejerce una fuerza sobre un segundo objeto, el segundo objeto ejerce una fuerza de igual magnitud y dirección opuesta sobre el primero.” [1]

Paul Hewitt, Física Conceptual.

La tercera ley se refiere a las interacciones que se dan entre los cuerpos cuando se ejercen fuerzas: se constituyen pares de fuerzas llamados de acción-reacción. La interacción puede darse en 2 formas: cuando los cuerpos están separados, o cuando los cuerpos están en contacto.

Cuando los cuerpos están separados la interacción se da exclusivamente por la fuerza gravitacional o por la fuerza electromagnética. En cualquier caso habrá un par de fuerzas de sentido contrario y de la misma magnitud, cada cuerpo estará bajo el efecto que ejerce el otro cuerpo de manera que los diagramas de cuerpo libre serán como en la figura 20 en el caso de las fuerzas de atracción gravitacional entre la Tierra y el Sol. El Sol atrae la tierra con una fuerza G y la Tierra atrae al Sol con una fuerza de la misma magnitud pero de dirección opuesta. Las fuerzas en este caso no se anulan por estar aplicadas a cuerpos diferentes.

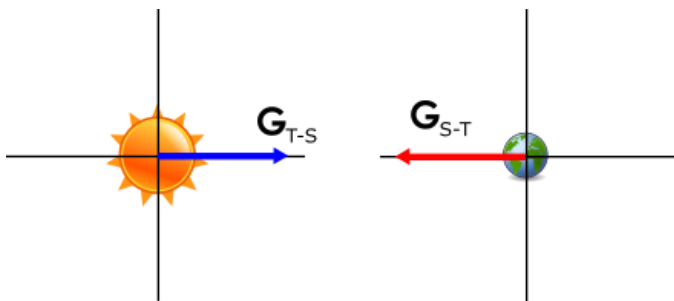


Figura 20 Diagramas de cuerpo libre para el Sol (izquierda) y para la Tierra (derecha) ignorando el efecto de los demás cuerpos del sistema solar.

Ejemplo

Una aparente violación a las leyes de la física aparece en la figura 21

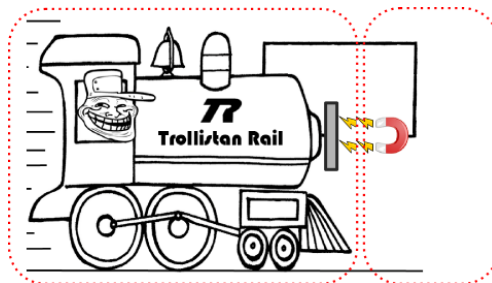


Figura 21 El tren del troll.

Según la interpretación que se espera del espectador la situación sería la siguiente: se fija en frente del tren un imán de manera que se mantenga a distancia fija. Si el tren avanza entonces el imán se mantendrá a x distancia desplazándose también. El imán es suficientemente fuerte para atraer al tren, entonces si el imán se desplaza hará que todo se mueva hacia delante de manera indefinida sin importar que haya rozamiento.

La explicación de la falsedad de este planteamiento recae en la tercera ley de Newton. Dividiendo el problema en dos sistemas uno a la derecha de la figura 21 que es el imán y otro a la izquierda que es el tren, podremos reducir el problema a términos de la dinámica.

La interacción evidente entre el tren y el imán es la atracción magnética, si se dejase colgando libremente el imán este se movería hacia el tren hasta unirse a él. Según la tercera ley habrá una fuerza recíproca del imán al tren y del tren al imán. Otra interacción menos evidente se da por la necesidad de mantener al imán separado a una distancia fija del tren, esto se lograría con algún tipo de brazo inelástico.

Esta segunda interacción constituirá un contacto que transmitirá entre el tren y el imán una interacción muy similar a un par normal cuando dos cuerpos están en contacto, es decir las fuerzas de atracción estarán equilibradas por otro par acción reacción resultado de ellas y la conexión entre los dos sistemas.

Experimento realizado por Newton y contemporáneos

Newton formuló su tercera ley poniendo como ejemplo un experimento con los péndulos que chocan que fue realizado inicialmente por otros miembros de la Royal Society [16]. Para ello hacían un montaje con dos pesos colgantes como se ve en la siguiente imagen.

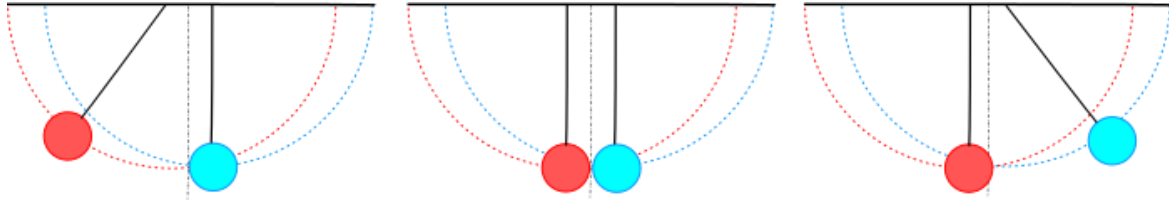


Figura 22 Experimento de los péndulos en choque de Newton.

Newton por la teoría de la caída libre sospechaba que los cuerpos acelerarían hasta alcanzar cierta velocidad dependiendo únicamente de la altura de la que caían pero en el caso del péndulo desconocía la relación exacta entre altura y velocidad.

En la actualidad sabemos que por teorema conservación de la energía se pueden relacionar esas dos variables como se muestra en la ecuación 3:

$$m * g * h = \frac{m * v^2}{2} \quad (1)$$

$$\frac{m * g * h}{m} = v^2 \quad (2)$$

$$v = \sqrt{g * h} \quad (3)$$

Newton probablemente desconocía esta fórmula y el teorema pero de alguna manera (que desconocemos) relacionó la altura con la velocidad y descubrió que la cantidad de movimiento se conserva.

$$m_1 \vec{v}_{i1} + m_2 \vec{v}_{i2} = m_1 \vec{v}_{f1} + m_2 \vec{v}_{f2} \quad (4)$$

Por ejemplo si se tiene dos masas del mismo peso como se muestra en la figura 22 y se dejaba una esfera quieta (azul) y se levantaba la otra (roja) hasta alguna altura deseada y se suelta entonces chocará con la otra y el resultado sería que la esfera en movimiento transmitiría su momento completamente a la esfera que estaba quieta.

Esto sucederá por la conservación del momento:

$$\vec{p}_{f1} - \vec{p}_{i1} = \vec{p}_{f2} - \vec{p}_{i2}$$

$$\Delta\vec{p}_1 = \Delta\vec{p}_2$$

Si el cambio del momento es la fuerza por el tiempo entonces significa que en cada cuerpo se presenta una fuerza igual magnitud pero de diferente dirección que en caso de la esfera en movimiento va en dirección contraria a él y por tanto la detiene dejándola en reposo y en el caso de la esfera que estaba en reposo la pone en movimiento:

$$\vec{f} * t = \Delta\vec{p}$$

Haciendo experimentos adicionales donde cambien los pesos y las alturas variables se puede hallar que en el choque se da un par de fuerzas de acción y reacción que garantizan la conservación del movimiento.

2. Referentes conceptuales

2.1 La enseñanza de la ciencia en las normas colombianas.

Apelando a una revisión somera de los decretos históricos⁹ sobre programas curriculares de la educación media, puede decirse que la enseñanza de la ciencia en Colombia ha sido una constante en los últimos 50 años: ha imperado una formación académica que resulta en que la mayoría de bachilleres colombianos recibieran alguna formación en física. La única excepción a esta regla fueron institutos como los INEM¹⁰ con currículos diversificados y formación vocacional que en algunas modalidades excluyeron esta materia de sus programas.

La ley general de educación vigente (115 de 1994) incluyó la formación en ciencias naturales como un área obligatoria en la educación básica (1 a 9 grado) y media (10 y 11 grado) continuando la tradición de enseñar ciencias en el colegio. Los fundamentos filosóficos del área están declarados en los “lineamientos curriculares” y su implementación práctica se orienta con los “estándares básicos de competencia” [19].

El Decreto 230 de 2002 que reglamentó la elaboración del currículo reitera que este debe ajustarse a los parámetros dictados por los lineamientos curriculares y en los estándares

⁹ Antes de 1976 los currículos eran sancionados por el Presidente, a partir del decreto 88 de 1976 se creó una unidad especializada dentro del MEN dedicada a la construcción de los currículos que se promulgaron por resolución del MEN. Desde 1994 dentro de la filosofía de autonomía institucional consagrada en la ley 115 de 1994 cada institución educativa se encarga construir su propio currículo de acuerdo a los lineamientos señalados (decreto 1860 de 1994). Los decretos históricos sobre el currículo de educación básica y media son Decreto 45 de 1962, Decreto 80 de 1974, Decreto 1419 de 1978, Decreto 1002 de 1984.

¹⁰ Los INEM fueron una experimentación sobre planes de estudios con la idea ofrecer una educación básica y media de estilo vocacional. Ver art. 5 decreto 1085 de 1971, art 2 decreto 370 de 1970.

básicos del área: estos documentos expresan las metas que esperan obtenerse en la enseñanza en ciencias.

Los estándares curriculares en ciencias (publicados en 2004) clarificaron y ordenaron varios de los conceptos previamente expuestos en los lineamientos curriculares (publicados en 1998). Su función fue la de proponer metas verificables y universales que permitiesen igualar los niveles de calidad en todos los planteles [19]. En teoría los estándares permiten una medición de calidad educativa por parte de entidades como ICFES y por los mismos estudiantes y sus familias [20].

Los estándares buscan que se logre una enseñanza diferente a la tradicional donde se el estudiante hacía una acumulación de información que periódicamente era medida por el sistema para determinar el éxito del proceso. En los estándares se consideran las habilidades, los conocimientos y las actitudes que se han mejorado durante el proceso educativo aplicando una concepción de la educación como la formación para adaptarse a entornos cambiantes e inesperados.

De acuerdo a los estándares en ciencias naturales los fenómenos básicos de la dinámica deben ser estudiados desde la primaria permitiendo al estudiante identificar los “tipos de movimiento en seres vivos y objetos, y las fuerzas que los producen” [2] al terminar su tercer año. Este aprendizaje continúa con niveles crecientes de complejidad y de abstracción culminando en el último grado con una competencia como la de modelar “matemáticamente el movimiento de objetos cotidianos a partir de las fuerzas que actúan sobre ellos” que podría demostrar un estudiante graduado del bachillerato.

2.2 Alfabetización científica.

En Estados Unidos y en otros países industrializados la enseñanza de la ciencia es asunto de debate público desde que se hizo evidente -durante la Guerra Fría- la importancia del liderazgo tecnológico [21]. A principio de los ochentas la noción de ciencia para todos (Science for all) se volvió una prioridad en el debate internacional: una propuesta de ampliar a todos los currículos la enseñanza de las ciencias, no solo para los estudiantes interesados en carreras de ciencia o ingeniería [22].

La idea de ciencia para todos se convirtió en la respuesta perfecta a las preocupaciones relacionadas con la falta de competitividad en Estados Unidos y se denominó “*scientific literacy*”, que puede traducirse como alfabetización científica, aunque no es el único término usado para referirse a este tema ni existe una definición unánime¹¹ [23].

Con el tiempo la alfabetización científica asumió la misma importancia que la alfabetización literaria y se espera de ella resultados similares o mejores en cuanto a la mejora en la calidad de vida de las personas y el desarrollo de los países, por ello se realizan pruebas internacionales por parte de organismos como la OECD para lograr una medida del nivel de alfabetización científica de la población de los países participantes.

Según los lineamientos de la prueba PISA para 2015 la alfabetización científica es el constructo teórico central para su evaluación en ciencias [24]. La medida de la alfabetización consiste en demostrar cierto nivel en tres competencias:

1. Explicar los fenómenos científicamente: requiere un conocimiento de las principales teorías científicas, de sus objetivos y de las preguntas abiertas en el área.
2. Evaluar y diseñar búsquedas científicas: requiere tener la habilidad de identificar preguntas que pueden ser respondidas por la investigación científica; saber identificar si en una investigación se han utilizado los procedimientos adecuados y proponer formas en que se pudiesen abordar estas cuestiones.
3. Interpretar datos y evidencias científicamente: poder interpretar y evaluar científicamente datos y evidencias. Tener la habilidad de evaluar la validez de las conclusiones.

La alfabetización científica se convirtió en una prioridad en las políticas educativas de varios países: en la argumentación normativa y en el debate público se asumen supuestos que Peter Fensham agrupa bajo dos tesis [25].

- La tesis pragmática: Que la formación en ciencias es una herramienta de la competitividad. Se argumenta que se debe educar a todos los ciudadanos para

¹¹ Bonfil Olivera en su traducción [37] del artículo “The lesson every child need not learn” [21] de Shamos hace una larga discusión acerca de los términos equivalentes de la frase “*scientific literacy*”.

desempeñarse en un entorno moderno donde dominan los productos de la ciencia y la tecnología.

- La tesis democrática: Que la enseñanza de la ciencia es una herramienta para construir una mejor democracia. Se argumenta que en discusiones relacionadas con la ciencia o sus productos resultaran mejores decisiones si participan ciudadanos que tengan formación en ciencias y que estén informados de las problemáticas que aquejan su sociedad.

2.2.1 Alfabetización científica en Colombia.

En Colombia el debate público sobre la educación se da en los momentos de “crisis” cuando el país recibe malas noticias en pruebas internacionales y los columnistas se afanan en opinar -sin saber mucho del tema- mientras algunos expertos intentan aclarar la marea caótica de críticas y propuestas que surge¹². Estos eventos periódicos nunca han resultado en una reflexión seria y duradera.

Según Cajiao la investigación sobre educación en las Universidades colombianas no es mejor que el debate público, la cantidad de investigaciones sobre educación es insuficiente [26]. En medio de ese panorama resulta que la alfabetización científica es un tema poco discutido y los referentes nacionales son difíciles de hallar, existen algunos trabajos pero son de aplicación del concepto alfabetización científica. En el debate público no se plantea el tema de la alfabetización científica a pesar de que es un esfuerzo que se viene haciendo desde varias generaciones atrás.

La discusión sobre la alfabetización científica en Colombia se aplazó porque el analfabetismo fue la gran preocupación hasta hace menos de treinta años: los temas específicos sobre la educación como la reforma del currículo empezaron a convertirse temas importantes en la medida que aumento la escolarización. Los pasos iniciales hacia políticas de alfabetización científica se dieron con la formulación de la ley general de

¹² “Colombia, por desgracia, tiene una penosa historia de mediocridad y falta de interés en su educación, que se refleja en la pobreza de sus políticas públicas, en la miopía de los debates sobre el tema y en la proclividad a las soluciones coyunturales que eluden la necesidad de grandes cambios” Francisco Cajiao en “El “sistema” educativo que no existe en Colombia” [26].

1994: Colombia pasó en un corto tiempo de enfrentar la alfabetización literaria a enfrentar el reto de alfabetización científica.

En la misma época de la ley general de educación se dio la aportación de Eduardo Posada F. y Rodolfo Llínas con su informe “Ciencia y educación para el desarrollo” para la informalmente llamada “Comisión de sabios”. A lo largo de su libro se presenta a la enseñanza en ciencias como un análogo de la alfabetización literaria: en algunos apartes se habla del abrirse a la cultura universal como resultado de la educación en ciencias, tal como se puede acceder a la literatura después de obtener dominio del lenguaje¹³. Se presenta a la enseñanza en ciencia como una nueva llave para lograr una revolución cultural aplazada.

2.2.2 Las razones para enseñar ciencias según las normativas

“En una sociedad como la actual, caracterizada por el desarrollo científico-tecnológico acelerado e intenso, es insensato pensar que un ser humano se pueda desarrollar en forma plena si no cultiva su capacidad para pensar científicamente.” [27]

En esta frase los autores de los lineamientos curriculares¹⁴ asumen que ser competente en ciencias es tanto o más indispensable que saber leer.

Si bien en la normatividad y en el debate públicos no se habla de alfabetización científica si se incluyen muchas frases que se pueden clasificar fácilmente en las tesis señaladas por Fensham, por ejemplo:

“Si se analizan exhaustivamente los fines de la educación podemos concluir que la educación en ciencias y en tecnología tiene como finalidad central el desarrollo del

¹³ *“La sociedad colombiana necesita transformarse en una sociedad más abierta a la cultura universal, más moderna, competitiva, democrática y equitativa, capaz de orientar y controlar su destino. Ciencia y tecnología desempeñan un papel central en el proceso de transformación requerido. La ciencia –entendida como sistema de conocimientos, formas de pensamiento, instituciones y actores, prácticas, condiciones e intereses- no puede seguir siendo un factor exógeno a nuestra sociedad” Posada F., Llínas “Misión Ciencia, educación y desarrollo” [41]*

¹⁴ Andrés Betancourt Morales del grupo Federici de la UN -que aporta una de las pocas reseñas que se pueden conseguir en internet sobre los Lineamientos Curriculares [42]- también cita esta frase y otras similares encontradas en los lineamientos como ejemplos de visión científicista de la vida diaria. Según su opinión el conocimiento científico no es la única fuente de desarrollo pleno ni de solución de problemas.

pensamiento científico, como herramienta clave para desempeñarse con éxito en un mundo fuertemente impregnado por la ciencia y la tecnología” [2].

Los estándares curriculares en ciencias siguen esta misma línea argumentativa cuando presentan las justificaciones de enseñar ciencias: *“Vivimos una época en la cual la ciencia y la tecnología ocupan un lugar fundamental en el desarrollo de los pueblos y en la vida cotidiana de las personas. Ámbitos tan cruciales de nuestra existencia como el transporte, la democracia, las comunicaciones, la toma de decisiones, la alimentación, la medicina, el entretenimiento, las artes e, inclusive, la educación, entre muchos más, están signados por los avances científicos y tecnológicos.”*

Estas frases encierran las dos tesis: expresan la necesidad de usar la educación para apoyar la competitividad y esperan una mejora en la democracia y la toma de decisiones gracias a ella.

Con estos argumentos se plantea para la enseñanza de las ciencias de este país el objetivo que todos los egresados del bachillerato logren construir el pensamiento científico que les permita manejar los fundamentos de la ciencia: buscamos la alfabetización científica sin decirlo claramente y evitamos discutirlo públicamente.

En Colombia rara vez se ha cuestionado que tan realista pueden ser los ambiciosos objetivo sobre apropiación de la ciencia que adornan los documentos oficiales.

2.2.3 Retos y metas de la alfabetización científica

Intentar que cada humano pueda entender el mundo físico es una tarea loable pero las justificaciones no son todas válidas ni coherentes con ese objetivo. Las motivaciones para la alfabetización científica seguidas por los países y organizaciones internacionales no son inmunes a las dudas.

Atkin y Helms en su análisis en el documentos “Testing in mathematics and science—for everyone”¹⁵ -escrito en 1992 para la prueba internacional TIMSS- cuestionaron la

¹⁵ Por desgracia este documento no se halla publicado en línea a pesar de ser citado en bastantes trabajos. Se toma el relato realizado por Peter Fensham [22].

analogía, entre la alfabetización literaria y la alfabetización científica. La analogía según ellos se cumple solo parcialmente:

- La analogía es válida por ser ambos aprendizajes de un lenguaje hermético en el que se codifica una información. Por ejemplo una persona sin una formación básica en ciencias se verá imposibilitada de descifrar la tabla periódica o las ecuaciones del electromagnetismo.
- La analogía no es válida cuando se pretende mostrar a la alfabetización en ciencias como imprescindible. Los paradigmas de la facilidad de uso y de facilidad de acceso a la información permiten que el lego replique varias tareas que antiguamente estaban reservadas para expertos en una ciencia o técnica. Esto se debe a que la economía de mercado ha impuesto que los productos tecnológicos para ser exitosos deben ser diseñados para ser usados por una cantidad creciente de personas: hasta los aviones comerciales poseen ayudas de vuelo que hacen prescindible en la práctica altos niveles de alfabetización científica.

Shamos en su artículo “The lesson every child need not learn” de 1988 [21] aclara porque las tesis pragmática y democrática usadas para justificar la alfabetización en ciencias no son válidas: los individuos no requieren con tanta necesidad las ciencias para tener éxito en la vida diaria ni en sus carreras, las sociedades no requieren que todos sus ciudadanos tengan formación científica para ser competitivas y por último no resulta un cambio en los mecanismos democráticos por el hecho de que haya una mayoría de ciudadanos mejor formados en ciencias dada la complejidad de los sistemas de gobierno y de las problemáticas planteadas.

Los sistemas educativos hacen demasiado énfasis en los aspectos prácticos de la ciencia haciendo extensiva la idea que lo que es necesario para el país también es necesario para cada uno de sus ciudadanos. Si bien está demostrado que los avances científicos son indispensables y benefician a una sociedad como un todo no es tan claro que esos beneficios no vayan a llegar a quienes carecen de formación científica, antes al contrario.

La realidad es que ser analfabeta científico no llega a ser tan limitante como ser analfabeto literario: saber que la materia está hecha de átomos, que los seres vivos de células y que la Tierra se mueve tiene muy poco impacto en la resolución de los problemas de la vida diaria.

Sigo esperando el momento en que tenga que utilizar esto ...



Figura 23 Meme publicado en internet referente a la decepción entre lo que plantea la educación y lo que sucede en la vida diaria. Fuente <http://www.redimágenes.com/sigo-esperando-el-momento-que-tenga-que-utilizar-esto-en-la-vida-real/>

Tarde o temprano los estudiantes o egresados del bachillerato descubren por sí mismos que los argumentos utilitaristas para aprender ciencias no son ciertos, que la ciencia no es la herramienta indispensable en la vida moderna como argumentan de manera repetitiva las normativas.

2.3 El reto del aprendizaje significativo en física

El aprendizaje significativo es una teoría constructivista formulada originalmente por el investigador David Ausubel como oposición al aprendizaje por memorización. Según Marco Antonio Moreira investigador en la enseñanza de la física:

“[entendemos] el concepto de aprendizaje significativo, como aquel en el cual nuevos conocimientos adquieren significados a través de la interacción con conocimientos específicamente relevantes ya existentes en la estructura cognitiva del aprendiz [...]”

¿Al fin que significa aprendizaje significativo? [28]

Esta teoría sobre el aprendizaje supone un proceso de construcción del conocimiento donde los conceptos nuevos se anclan en una estructura de conocimientos previos e interactúan con ella para modificarse mutuamente.

Ese conocimiento previo en física es diferente al de otras áreas de la ciencia siendo más amplio y persistente dado que resulta de las interpretaciones sobre el mundo físico que

nos rodea: la omnipresencia de este hace que ese conocimiento sea adquirido de manera constante e inconsciente.

Hestenes y Halloun llamaron al conocimiento previo como “sentido común” [29] mientras otros autores lo llaman de una forma más precisa como “ideas intuitivas” dado que se parecen a la intuición¹⁶: se sabe algo aunque no se tenga idea de cómo o porque se sabe.

Las ideas intuitivas son persistentes porque encajan íntimamente con la experiencia y posee un poder explicativo enorme en el ámbito de la vida cotidiana a pesar de no ser científicamente correctas. Existen otros conocimientos previos como los obtenidos de manera consciente por ejemplo al ver documentales o leer libros pero estos conocimientos son más fáciles de adaptar a los nuevos aprendizajes.

Las ideas previas no se pueden eliminar ni olvidar y entran en constante conflicto con el conocimiento científico que por lo general es contra intuitivo. Para que haya aprendizaje significativo de la física se requiere una resignificación¹⁷ de las ideas intuitivas permitiendo al estudiante ser capaz de interpretar el mundo de acuerdo al conocimiento científico que le ofrece la física.

El aprendizaje significativo en física implica el reto de acomodar ese cumulo de ideas previas y funcionales a un nuevo cuerpo de conocimientos que muchas veces se antoja teórico y hasta abstracto. Esta situación significa reduce significativamente las probabilidades de que una propuesta didáctica en enseñanza de la física tenga éxito.

¹⁶ “Each student entering a first course in physics possesses a system of beliefs and intuitions about physical phenomena derived from extensive personal experience. This system functions as a common sense theory of the physical world which the student uses to interpret his experience, including what he uses and hears in the physics course.” [29]

¹⁷ “Cuando las estrategias de cambio conceptual son bien sucedidas, en términos de aprendizaje significativo, lo que hacen es agregar nuevos significados a las concepciones ya existentes, sin borrar o reemplazar los significados que ya tenían”. [35]

3. Propuesta didáctica

3.1 Contexto de la propuesta


Muchos jóvenes al terminar su bachillerato no han obtenido las destrezas y conocimientos esperados para ese grado escolar en el área de ciencias [4]. Algunos de ellos aspiran continuar su educación en la universidad y esas deficiencias en su formación académica son un obstáculo para cumplir ese objetivo.

Como solución a esta situación los jóvenes y sus familias buscan una educación nivelatoria que les permita rendir en las pruebas de estado o en los exámenes de admisión de las universidades para conseguir un cupo. Esta necesidad ha generado un mercado de educación nivelatoria donde se ofrecen opciones que van desde las simples monitorias personales por parte de estudiantes más avanzados hasta los cursos pagos y presenciales en institutos privados (pre-icfes, pre-universitarios, etc).

A pesar de la variedad de esos servicios la mayoría son pagos y presenciales por lo que no son viables para muchos jóvenes. Como respuesta a esta situación en el año 2009 el autor del presente trabajo creó el sitio web Analizandoeexamen.com.co como una forma de aprovechar las ventajas de las tecnologías de la información compartiendo materiales de estudio que por esa época solo eran compartidos de mano en mano.

Este proyecto ha crecido de manera paulatina con la agregación de contenidos especialmente información relevante para los aspirantes a la Universidad Nacional, información que se compiló de varias fuentes públicas. Con el tiempo el sitio web se posicionó en internet como una opción para encontrar información sobre el proceso de admisión.

Analizando el examen de admisión



13
días desde
Examen admisión 2016-2 (3 de abril)

Navegación

- Leyes de Newton
- Preparación para el examen
 - Análisis de imágenes
 - Simulacros de examen
- ¿Como es el Examen de la UN?**
 - Consejos para el examen

Descargas:

- Calificación del examen: Interpretación y comparativas de resultados
- Estadísticas, Carreras y cupos ofertados 2014-2
- Mapa del sitio

Varios

- Mapa Universidad Nacional de Colombia
- El método de Aristarco

¿Como es el Examen de la UN?

El Examen de Admisión de la Universidad Nacional de Colombia, es una prueba de selección múltiple parecida a la prueba Saber 11 del ICFES: evalúa conocimientos y habilidades académicas que se pueden desarrollar en el bachillerato. En el proceso de admisión de la UNAL sirve para elegir a los aspirantes que en teoría tienen más capacidad para estudiar una carrera de universitaria de pregrado.

El examen se diferencia del Saber 11 por su formulación y objetivo: las preguntas esta correlacionadas por una temática dándole un carácter a cada versión del examen: algunas han tenido temas como la astronomía, gastronomía, algún país, temas de actualidad y científicos entre muchos.

El examen no es una prueba fácil, si fuera fácil habría demasiados empates y sería imposible seleccionar a los aspirantes. Como en los deportes extremos hay que saber manejar el vértigo del primer contacto para terminar la prueba de la mejor manera posible: suele pasar que de entrada nos encontramos con preguntas muy complejas que se deben analizar con calma para responderlas.

Estructura: conocimientos y habilidades evaluadas.

El examen tiene 120 preguntas que deben ser contestadas en un tiempo máximo de tres horas y media (210 minutos). La prueba está basada en una formulación de las preguntas por "materias" que en el caso de la prueba de admisión se denominan componentes (con base a ellos se realiza la calificación del examen). Las preguntas están organizadas por secciones:



Temática Común con 40 preguntas organizadas alrededor de dos lecturas cortas que sirven para evaluar cuatro componentes (25+5+5+5 preguntas). La primera lectura trata de temas relacionados o con las Ciencias Naturales o con la Tecnología, va acompañada de gráficas o tablas que pueden o no ser relevantes a la hora de resolver las preguntas. La segunda lectura trata temas de las ciencias sociales, no viene acompañada de gráficas o cuadros. Con base a los planteamientos y los contextos creados con las lecturas se formulan las preguntas pertenecientes a Matemáticas (5), Ciencias (5), Sociales (5) o Análisis Textual (25) sin que sea fácil determinar a cual pertenece cada una.

Continúan otras cuatro secciones que a diferencia de la anterior, buscan evaluar cada una solo un componente y se denominan de acuerdo al mismo: Matemáticas (20), Ciencias Naturales (20), Ciencias Sociales (20) y Análisis de Imagen (20). El componente de Imagen tiene como particularidades: ser uno de los componentes con menos preguntas (20) y ser el único en el que se pueden identificar claramente todas las preguntas que lo forman.

Figura 24 Sitio en Google sites del proyecto Analizando el examen.

Considerando la acogida del proyecto el autor del presente trabajo se propuso generar nuevo contenido didáctico en línea que sirva para que los aspirantes de manera autónoma nivelen sus vacíos en la formación académica del bachillerato.

El sitio web Analizandoelexamen.com.co (figura 24) ha sido visitado por más de 700.000 usuarios desde que fue creado, de acuerdo con las estadísticas entregadas por Google Analytics¹⁸ con el cual se ha hecho seguimiento permanentemente.

Según Analytics (figura 25) el 36% de esos usuarios regresa al menos una vez después del primer acceso. El promedio de páginas visitadas en el sitio es de 2.12 por sesión, cada una de ellas con una duración promedio de 3:17 minutos. Desde 2009 se ha dado

¹⁸ Google Analytics es un aplicativo en línea que sirve para medir el tráfico en sitios web. Entrega estadísticas sobre varias métricas creadas con base a las consultas binarias que reciben los servidores que alojan el sitio web al que se le hace seguimiento. Estas consultas corresponden al envío de una cadena de caracteres codificados por parte de un computador, servidor, teléfono o similar.

un total de algo más de 2.3 millones de vistas de las páginas que hacen parte del sitio Analizando.

El presente trabajo hace parte de ese proceso de generación de contenidos didácticos como una nueva etapa en este proyecto personal sin ánimo de lucro.

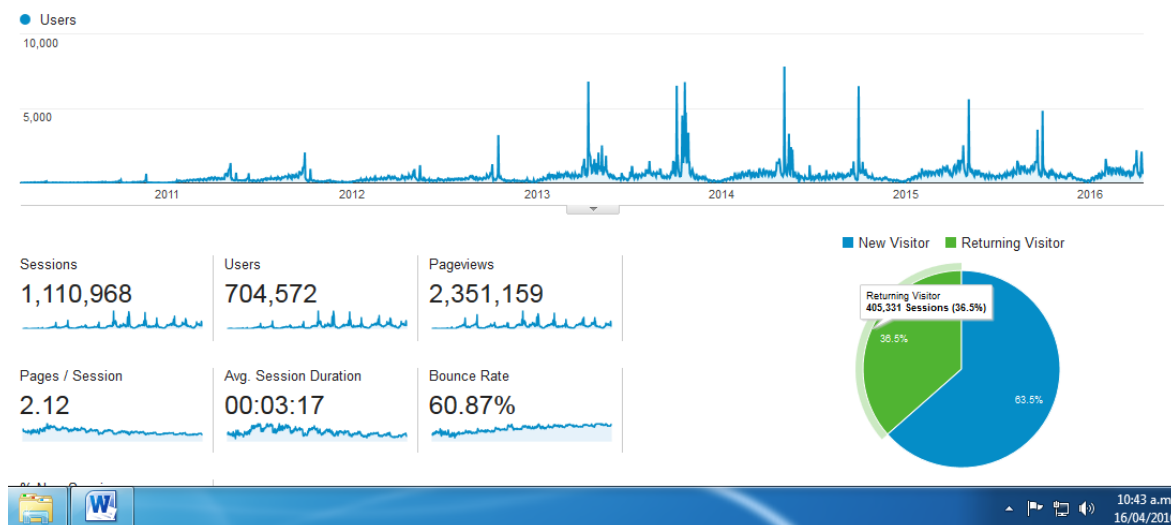


Figura 25 Pantalla de análisis de Google Analytics sobre el sitio web Analizando el examen.

3.2 Metodología

El presente trabajo se desarrolló por medio de las siguientes etapas:

- Etapa 1 Consideración antecedentes.
- Etapa 2 Implementación de una prueba diagnóstica del estado de conocimientos de los jóvenes acerca de las leyes del movimiento o de Newton.
- Etapa 3 Diseño de una propuesta didáctica y su publicación en internet.
- Etapa 4 Construcción del documento final para ser presentado como requisito de grado.

3.2.1 Etapa 1 Consideración antecedentes

Esta propuesta didáctica está implementada exclusivamente en internet. La población objetivo está compuesta por las personas que buscan información por ese medio sobre las pruebas de admisión de las universidades. Solamente en el caso de la Universidad Nacional se presentan anualmente más de 100.000 aspirantes que son potenciales usuarios de esta iniciativa como se ve en la figura 26.

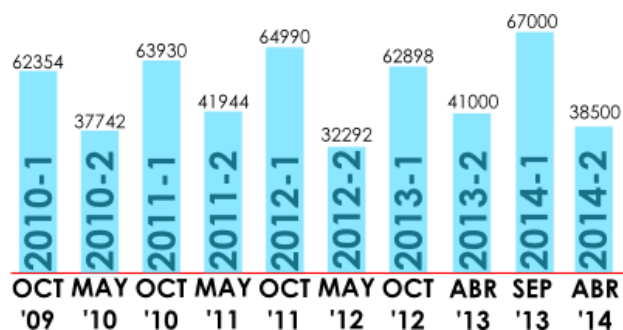


Figura 26 Aspirantes inscritos al examen de la UNAL. Información compilada por el autor.

Es lícito suponer que la mayoría de esos usuarios son bachilleres o estudiantes de últimos grados con una edad mayor a los 15 años, colombianos procedente de diversos estratos sociales pero con una participación mayoritaria de población urbana de estratos medio bajo estas últimas características coincidentes con la población con acceso permanente a internet.

Proposición de un entorno virtual

Durante el uso del sitio web Analizando se hizo evidente la limitación que tiene el formato de sitio web de Google Apps: los usuarios tienen opciones mínimas para interactuar con el creador del contenido y viceversa. El aplicativo de Google carece de opciones para crear espacios de interacción como foros, grupos de discusión o simples comentarios en las páginas del sitio lo que sería ideal para responder a los usuarios.

Como respuesta a ello y con la idea de mejorar el acceso y permanencia de los usuarios al sitio se realizó un experimento con una herramienta de la WEB 2.0: se eligió la red social Facebook de manera que se pudiese agregar interactividad por medio de un grupo abierto y público llamado “Analizando el examen” (<https://www.facebook.com/groups/AnalizandoEE>).

El grupo se creó en enero de 2015 y bajo la dinámica de invitar a unos pocos usuarios iniciales, al final se logró obtener 11.200 usuarios al 18 de abril de 2016 sin necesidad de hacer mayor promoción para conseguirlos.

Para su administración se decidió desde un principio evitar al máximo las acciones de control teniendo en cuenta la teoría de la “creepy treehouse” [30] (que puede traducirse como “la casa del árbol que causa miedo”).¹⁹ Las únicas acciones realizadas fueron las expulsiones cuando el usuario claramente pertenecía a un programa automatizado (bot) o cuando un usuario realizaba publicaciones que condujeran a la clausurar el grupo por parte de la red social.

Por último se pensó en agregar un curso en la plataforma Coursesites con la idea de aprovechar las ventajas que ofrece un LMS a este proyecto, entre ellas la automatización en la valoración de las pruebas diagnósticas y la posibilidad de individualizar los usuarios aprovechando la exigencia de esa plataforma de crear un perfil por usuario que quiera hacer uso de sus cursos.

La elección de estos tres servicios constituye la construcción de un entorno virtual para aprovechar las potencialidades de cada servicio como se muestra en la figura 27:



Figura 27 Razones para agregar Coursesites y un grupo de Facebook a un sitio web existente para construir un entorno virtual.

3.2.2 Etapa 2 Prueba diagnóstica

Desde el planteamiento inicial del presente trabajo final se consideró diseñar de cero una prueba diagnóstica cuyo resultado de diseño es la prueba que se presenta en el anexo 5.2. Estudiando la literatura acerca del tema de enseñanza de las leyes de Newton

¹⁹ Este fenómeno se refiere al uso invasivo que se hace de las redes sociales por parte de las instituciones, docentes y demás figuras de autoridad en el espacio de los más jóvenes imponiendo una interacción social que pretende ser amigable pero que en realidad esta mediada por las mismas relaciones de poder que se dan en el aula o en los entornos formales.

se reconsideró esa idea y se decidió trabajar sobre una versión modificada del Force Concept Inventory [31].

▪ **Force Concept Inventory (Inventario de los conceptos sobre el fenómeno fuerza)**

Este inventario fue publicado por primera vez en 1992 y se publicó una versión revisada en 1995. Fue el resultado de las investigaciones de los profesores Hestenes y Halloun sobre las ideas intuitivas de los estudiantes matriculados en cursos introductorios a la física. Estos autores basaron su trabajo en una teoría sobre las ideas intuitivas que dice que las previas de los estudiantes se asemejan en parte o en todo a alguna de las teorías históricas que existieron en la antigüedad para explicar el fenómeno del movimiento [31]. El FCI pretende determinar cuáles son esas ideas intuitivas bajo el supuesto que el estudiante contesta a las preguntas de manera consistente, es decir que tiene una justificación para elegir entre las 5 opciones disponibles.

El FCI ha sido estudiado y analizado a su vez por varios investigadores que han validado o criticado los supuestos de la prueba y su pertinencia como herramienta de medición.

Para este trabajo se realizó una modificación de las preguntas para hacerlas coincidir con el contexto local, además se realizó una reelaboración total en las imágenes de apoyo que en el original ya muestran el paso de los años. Las preguntas 16 y la 20 fueron modificadas completamente como se muestra en el anexo 5.1.

Experimento sobre Coursesites con la aplicación de la prueba diagnóstica.

Realizar una prueba de selección múltiple en internet es una tarea que puede realizarse usando una gran variedad de opciones disponibles en línea, gratuitas o pagas. En el entorno virtual elegido hay dos aplicaciones con la capacidad de hacer este tipo de pruebas como son por un lado Coursesites y por otro lado el sitio web Analizando el examen.

Esta etapa tenía el doble propósito de diagnosticar a los usuarios pero también de diagnosticar el comportamiento de ellos ante el LMS Coursesites: teniendo en cuenta que los usuarios se enfrentarían al LMS en un contexto bien diferente al del colegio o universidad su comportamiento en este caso podría ser diferente.

La población para realizar el experimento se obtuvo en el sitio web Analizando que recibe miles de visitantes al mes. Estos usuarios visitan diferentes páginas en el sitio Analizando pero una que recibe más vistas es “[descargas](#)”: según Google Analytics en el periodo de marzo 31 de 2015 a marzo 31 de 2016 tuvo más de 50.000 visitas únicas²⁰.

Se pensó que la reacción de los usuarios visitantes de la página “descargas” ante la tarea de realizar un simulacro en una página web o de hacerlo Coursesites serviría como indicio de cómo sería la reacción de este tipo de usuarios ante un LMS comparada con la interacción ya conocida con la página web.

Para el experimento se pusieron tres links en la página cada uno marcado como se ve en la figura siguiente.

Figura 28 experimento con Coursesites en la página web de descargas sitio Analizando el examen

La idea es que el usuario al ver la página se decida a elegir una de las tres opciones:

- El link marcado como “simulacro I” conduce al diagnóstico implementado con las herramientas de Google Apps (Sitio web analizando + formularios google).

²⁰ Las métricas sobre uso de internet se basan en los comandos que son enviados desde un computador conectado a internet. No se puede discriminar cuantas visitas son recurrentes de un mismo usuario desde varios dispositivos o desde dispositivos a los cuales se les han borrado las marcas que los identifiquen como terminales de visita recurrente. Un computador público puede aparecer como un usuario recurrente con varias visitas lo cual puede que no corresponda a la realidad contando varios usuarios como uno solo.

- El link marcado como “simulacro II” conduce al diagnóstico implementado con la plataforma Coursesites.
- El link marcado como “simulacro III” conduce a otra prueba diferente basada en las herramientas de Google Apps al igual que la opción “simulacro I”.

El usuario en el menú no sabe que plataforma está eligiendo ni de que se trata el simulacro así que las tres opciones pueden parecerle en principio igual de válidas. El tercer link sirve para verificar si poner una opción en primer lugar (arriba) determinaría que fuese escogida de manera preferente por los usuarios reduciendo dramáticamente el número de visitantes entre más abajo estuviese la opción.

Herramientas de Google “Simulacro I”

El sitio web Analizando está alojado en el servicio Google Sites que es parte de la suite de productividad Google Apps. La suite ofrece una gran cantidad de aplicativos, entre los principales están:

- Un servicio para la creación y publicación de páginas web Google Sites
- Procesador de texto, hoja de cálculo y creador de presentaciones en línea.
- Servicios de almacenamiento de archivos, correo electrónico y calendario.

Google sites es una herramienta gratuita en línea de creación y publicación de páginas web orientada al trabajo en equipo. Funciona con base a plantillas y menús lo que permite que cualquier persona con una formación básica en ofimática logre construir un sitio web fácil de usar y de aspecto sencillo y elegante.

La prueba diagnóstica FCI fue montada en una página del sitio Analizando para mostrar las preguntas y con un formulario hecho en la aplicación Forms de Google Apps.

Cuando el usuario visitante elige el enlace “simulacro I” aparece el formulario que lo invita a responder las preguntas que aparecen oprimiendo un enlace, como se ve en la figura 29. El usuario debe tener abiertas dos ventanas de navegador al tiempo: una con el formulario donde debe llenar elegir las respuestas y otra una página del sitio Analizando que va a mostrar las preguntas.

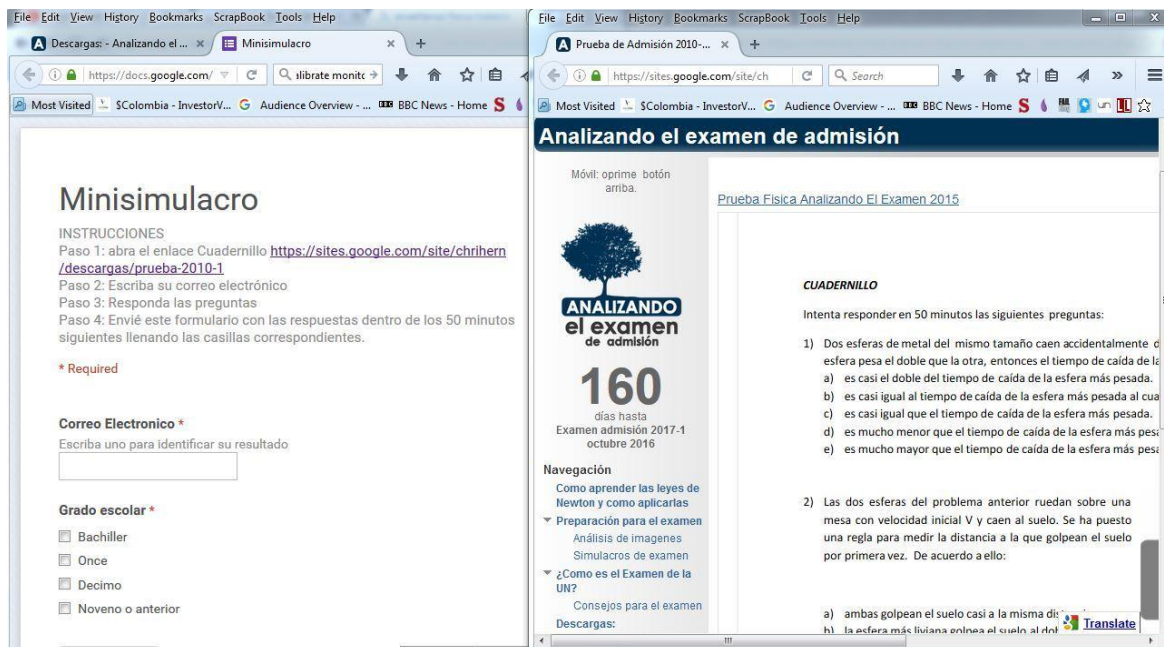


Figura 29 Formulario de respuestas en Google Forms y página web de preguntas

A pesar de la aparente complejidad de usar dos ventanas la cantidad de respuestas recibidas al diagnóstico FCI durante el periodo del 13 de marzo de 2015 al 15 de abril de 2016 fue masiva: **4155** formularios enviados.

Coursesites “Simulacro II”

Coursesites es una plataforma ofrecida por la empresa Blackboard que sirve para crear, publicar y administrar cursos en línea de manera gratuita (hasta 5 cursos) sin requerir vinculación con institución educativa alguna. A estas plataformas se les denomina LMS "Learning management system".

Entre las ventajas de esta plataforma está la posibilidad de realizar pruebas de manera masiva que son calificadas automáticamente por el sistema. Entre sus desventajas esta que al ser una plataforma cerrada no puede ser visitada por los buscadores de internet como Google haciendo invisibles los contenidos en los resultados de sus búsquedas.

Los cursos en esa plataforma pueden ser vistos como visitante pero las pruebas como el “Simulacro II” requieren que el interesado se vincule al LMS y se inscriba al curso que ofrece la prueba. Cuando el usuario visitante de la página de descargas de Analizando elige el enlace “simulacro II” aparece la pantalla que se muestra en la siguiente figura:



Figura 30 Pantalla de bienvenida al curso en Coursesites al curso.

Esa pantalla no es clara para un usuario nuevo. En ella se da la opción de seguir hacia el contenido –que es lo que desea el usuario nuevo–, auto inscribirse –que sirve para que usuarios nuevos o antiguos se matriculen- o iniciar sesión– que es útil únicamente a los usuarios antiguos. Adicional a esa dificultad en este proyecto una versión inicial del curso²¹ no funcionó por causas técnicas.

El registro en la plataforma implica un tiempo y esfuerzo adicional que pocos usuarios están dispuestos a realizar. En esta plataforma durante el periodo del 13 de marzo de 2015 al 15 de abril de 2016 se inscribieron 41 usuarios al curso de las cuales solo 22 presentaron el diagnostico.

Suponiendo que los usuarios decidían favoreciendo los enlaces de acuerdo a su orden en la lista se supondría que el enlace de control denominado “Simulacro III” obtendría un resultado menor de visitas que el enlace “Simulacro II”. Al revisar el archivo de este simulacro se encontró que durante el periodo del 13 de marzo de 2015 al 15 de abril de 2016 se recibieron 410 formularios de respuesta. Esto indica que si bien el orden puede afectar la cantidad de participantes que eligen una u otra opción esta no fue la causa de la participación marcadamente baja en el simulacro montado en la plataforma Coursesites.

Teniendo en cuenta las dificultades técnicas iniciales y los resultados obtenidos en este experimento se decidió no utilizar el LMS Coursesites para publicar la propuesta didáctica ni se realizaron subsiguientes experiencias con los usuarios inscritos.

²¹ Para acceder a este curso oprima el link en el texto o busque [chrihern Coursesites] en google y acceda al curso llamado “Física en contexto: leyes de Newton”

El LMS Coursesites presenta ventajas sobre los mecanismos ofrecidos por los servicios de Google Apps pero ellas no se ajustan a uso que se le pretendía dar en el presente proyecto.

Resultados de los usuarios ante el diagnóstico.

En la plataforma Google Apps los resultados de los formularios de preguntas son compilados en una hoja de cálculo en la misma plataforma. Esa app de hoja de cálculo es versátil pero no tiene aún el poder de cómputo de una hoja de cálculo de Excel, entonces se procedió a pasar toda la información del origen a un archivo de Excel. El bloque de **4155** registros fue copiado una hoja de Excel donde fueron generados los análisis que siguen.

En total fueron enviados 4155 formularios de respuesta al diagnóstico FCI (anexo 5.1). Dado que el formulario permitía dejar respuestas en blanco esto dio la oportunidad de encontrar indicios del comportamiento de los usuarios frente a las preguntas de la prueba.

Analizando los datos de respuestas faltantes se construyó un histograma de frecuencia de formularios por la cantidad de respuestas faltantes (eje horizontal de 1 hasta 30 respuestas faltantes).

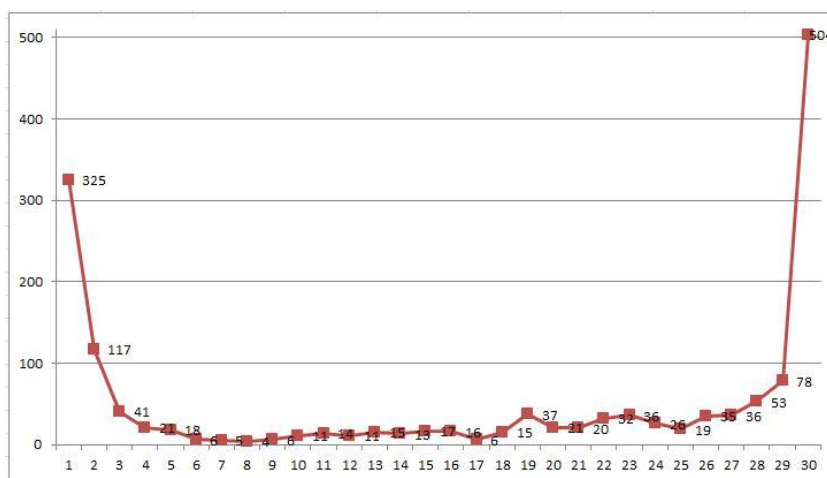


Figura 31 Cantidad de formularios incompletos entregados (eje vertical) de acuerdo a la cantidad de respuestas faltantes (eje horizontal).

En el histograma (figura 31) hay un pico a la derecha correspondiente a los formularios enviados no diligenciados con 504, la decisión de enviarlo vacío fue deliberada porque para enviar el formulario se debe escribir un correo e indicar un grado escolar además de pasar 30 espacios de respuestas para oprimir el botón de envío.

Por esta razón se depuro a los formularios que tuvieran 14 o menos respuestas eliminando los registros los 504 vacíos además de otros 424 formularios que tenían de 1 a 14 respuestas.

De la depuración resultaron 3224 formularios aceptables para análisis que son la base de estas estadísticas que siguen. Estos formularios poseen un promedio de 29.44 respuestas lo que da un 0.56 de respuestas no completadas como promedio.

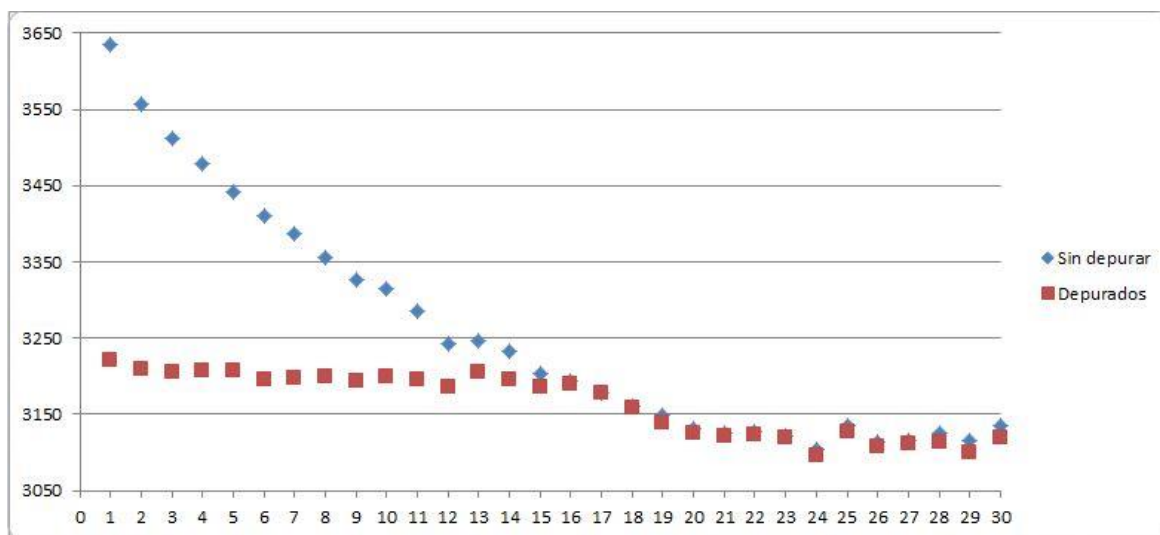


Figura 32 Cantidad de respuestas dadas por cada una de las preguntas realizadas

Para corroborar que esta depuración fue acertada se realizó el histograma mostrado en la figura 32 que contiene la cantidad de respuestas recibidas por cada pregunta dada de la 1 a la 30. La curva azul corresponde al histograma del grupo de formularios sin depurar, la curva roja corresponde al grupo de formularios que permanecieron después de la depuración.

El histograma del grupo sin depurar muestra que el comportamiento de algunos usuarios es el de abandonar la prueba en las primeras preguntas, siendo la probabilidad de abandono decreciente a medida que se avanza: para la pregunta 16 es poco probable que haya abandono de la prueba.

El histograma del grupo de formularios depurados muestra que el rango entre las cantidades de respuestas por cada pregunta se reduce dramáticamente haciendo que el efecto de abandono prematuro señalado por el histograma sin depurar se reduzca.

En cuanto a los resultados de los usuarios en la prueba FCI se realizó una calificación de usando una hoja de cálculo en el programa Excel: para ello se hizo un cuadro de comparaciones donde se marca como correcto o incorrecto el resultado de la elección del usuario en cada una de las 30 preguntas realizadas. En caso de que no hubiese opción marcada se asigna un valor de incorrecto para completar las 30 respuestas.

De acuerdo a esa tabla se obtuvieron los histogramas mostrados en la siguiente figura: el histograma de arriba corresponde a la cantidad de respuestas recibidas por cada una de las 30 preguntas. Los histogramas de la figura 33 corresponden al porcentaje de usuarios que acertaron la respuesta dada.

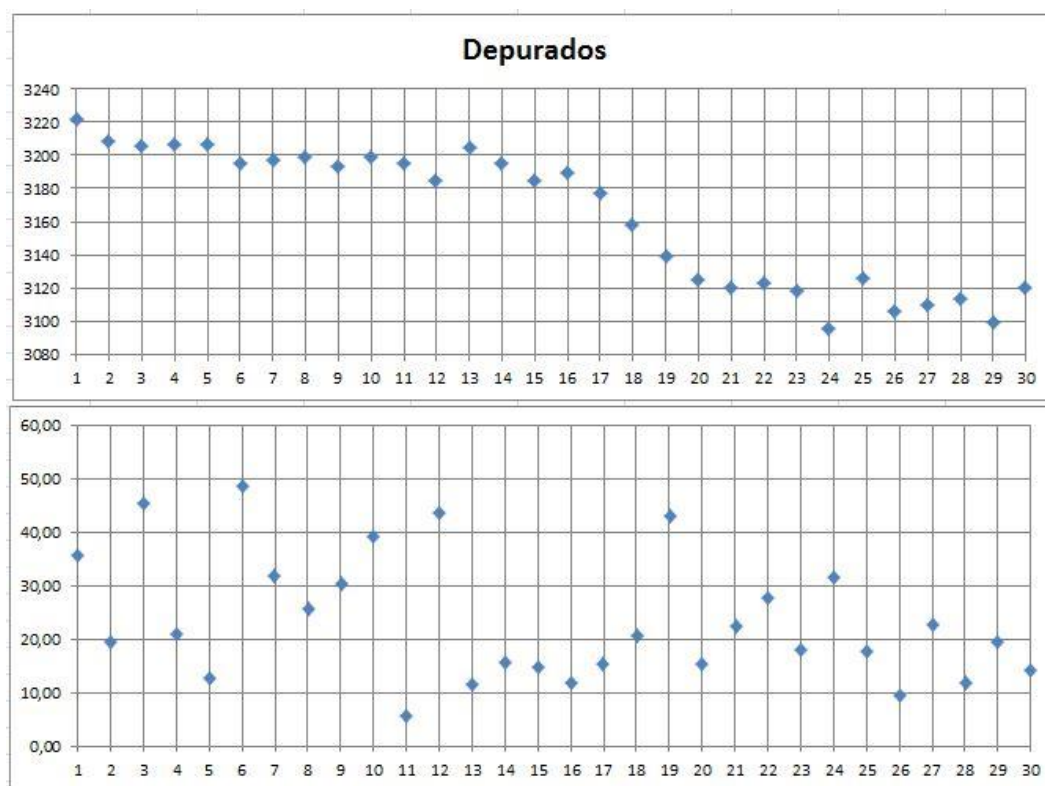


Figura 33 Histogramas de los formularios con 16 o más respuestas.

El histograma de aciertos muestra que en ninguna pregunta se obtuvo que un 50% o más de usuarios respondiese correctamente: la respuesta con más fácil corresponde a al

tema de la fuerza centrífuga. La pregunta que menos personas acertaron es la 11 que corresponde a la determinación de las fuerzas sobre un cuerpo.

Analizando por temáticas las 30 preguntas de acuerdo a análisis del FCI [32], los porcentajes de personas que acertaron son (en negrilla):

- 1)- Segunda ley caída libre, sin resistencia del aire: 1, 3, 13 **25.8%**
- 2)- Segunda ley (impulso): 8 **25.8%**
- 3)- Segunda ley ($a=0$): 9-11, 17, 23, 24, 25, 29 **20.1%**
- 4)- Segunda ley (a diferente de 0): 21, 22, 26, 27, 29, 30 **19.6%**
- 5)- Movimiento circular o de circular a movimiento lineal: 5-7, 18 **28.7%**
- 6)- Movimiento parabólico: 2,6, 12, 14 **32.1%**
- 7)- Tercera ley: 4, 15, 16, 28 **15.1%**
- 8)- Cinemática: 19, 20 **29.4%**

Los puntajes son muy bajos en todas las agrupaciones de temas, ninguna parece destacar.

Al tomar los resultados de los 3224 formularios se obtuvo Boxplot mostrado en la siguiente figura:

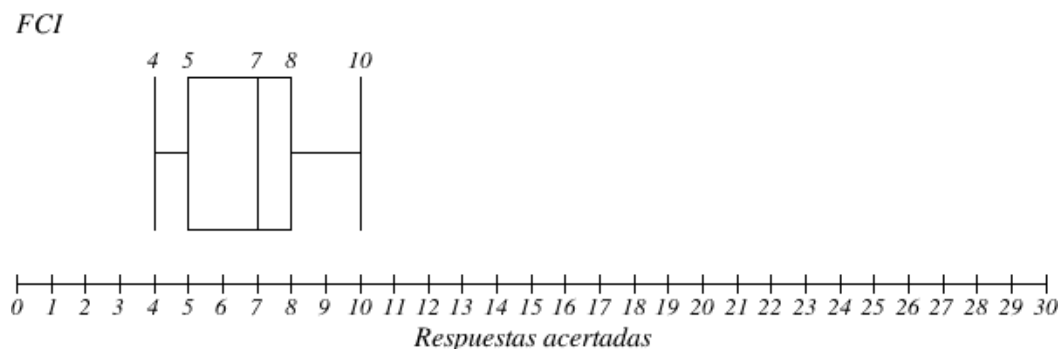


Figura 34 Boxplot de la distribución de puntajes en la población depurada de usuarios.

Se ve que la media está en 7 aciertos y con una cola de 9 percentil de 4 aciertos y otra cola de 91 percentil con 10 aciertos así se tiene al 82% de la población entre 4 y 10 aciertos lo que resulta en un nivel muy bajo con respecto a manejar los conocimientos de la dinámica formulada por Newton.

Este diagnóstico sustenta directamente la idea que es necesario que los usuarios del sitio web Analizando nivelen sus conocimientos en física. Además estas estadísticas indican por el lado positivo que una porción apreciable de ellos muestra algún interés en hacerlo.

3.2.3 Etapa 3 Diseño de la propuesta didáctica

Esta propuesta didáctica está dirigida a jóvenes que buscan material en internet para estudiar de manera autónoma. Esto supone un trabajo en dos frentes: por un lado la propuesta debe ajustarse a las dinámicas de internet como medio. Por otro lado debe buscarse que la propuesta tenga en cuenta el aprendizaje autónomo que es característico de esta población particular.

Propuestas existentes en internet.

En internet hay miles de sitios sobre física que van desde textos muy simples hasta clases grabadas en salones con estudiantes universitarios. Los usuarios descubren estos contenidos principalmente por buscadores de sitios web como son Google, Bing, Yahoo search entre otros.

Siendo Google el buscador dominante en el mercado tiene la capacidad de influenciarlo: mediante sus algoritmos elige los sitios más visitados o más citados presentándolos como los más pertinentes, los usuarios a su vez refuerzan esa elección suponiendo esos resultados como los más útiles constituyendo un círculo que puede ser virtuoso o vicioso.

El siguiente es el resultado usando “Leyes de Newton” en Google.com.co para la sección de sitios web a abril de 2016:

1. Wikipedia en español. [Enlace](#) En el primer puesto se encuentra el artículo “Leyes de Newton” de la enciclopedia en línea. En su versión actual (junio 2015) el artículo está basado en un resumen parcial del libro Principia de Newton desde las definiciones hasta el planteamiento de las leyes.
2. SAEM Thales (España) [Enlace](#) Es una página con un diseño bastante antiguo, se limita a la enunciación de las definiciones de las tres leyes.
3. Hyperphysics (Estados Unidos -traducción) [Enlace](#) Hace una definición de las tres leyes y presenta algunos ejemplos e imágenes.
4. Profesor en línea (Chile) [Enlace](#) Inicia el tema basándose en el material de Wikipedia acerca de Newton. Posteriormente hace una definición de las tres leyes usando imágenes escaneadas de un viejo libro de texto.
5. Biblioteca de investigaciones [Enlace](#) Es una compilación de materiales de diversas páginas web especialmente las fuentes 1 y 2 de este listado.

En este caso el círculo es más bien vicioso y aparte de la propuesta 1 y 3 las demás reutilizan contenido de las primeras.

En el caso de los videos buscando en google.com.co la opción de videos encontramos los primeros a abril de 2016:

1. “Leyes de Newton” (cuenta Profe en c@sa) duración: 12:00. Un presentador realiza una revisión de las fuerzas y aborda las leyes para terminar con ejercicios. Para enseñar las leyes da una definición convencional y ejemplos convencionales. Calidad didáctica: regular.
2. “Leyes de Newton” (cuenta Quantumfracture) duración: 2:17 Animación con voz en off. Presenta las leyes por medio de un breve y simplificado recuento histórico sobre el problema del movimiento. El estilo es de las gráficas es bastante contemporáneo con la cultura de internet. Calidad didáctica: muy bueno.
3. “Las leyes de Newton” (cuenta Matemovil) duración: 6:52 Un presentador frente a un tablero realiza una revisión de las leyes con enfoque a la resolución de problemas escolares. Las definiciones son convencionales y realiza pequeños ejercicios. Calidad didáctica: regular.
4. “Experimentos sobre las 3 leyes de newton” (cuenta Jorge Jiménez) duración: 4:01 Un presentador realiza demostraciones frente a la cámara para mostrar las leyes del movimiento. Dos de las demostraciones muestran fenómenos que poco tienen que ver con las leyes. Calidad didáctica: malo, parece corresponder a una tarea escolar.
5. “Las Tres leyes de Newton stv” (cuenta Jonathan Mejía) duración: 4:38. Mashup de contenidos de orígenes desconocidos. Entre lo más relevante esta una animación que explica de manera precisa la primera ley de newton aclarando sus ámbitos de aplicación. Calidad didáctica: variable. La animación es buena.

Estas listas muestran que internet en español es un medio que todavía carece de material de calidad con respecto a la enseñanza de las leyes de Newton. Publicar propuestas didácticas mejor fundamentadas podría desplazar mucho material que no tiene ni rigor ni la mejor calidad didáctica.

Organización del contenido de la propuesta didáctica

En muchos libros de texto las leyes de Newton son presentadas en orden secuencial en un solo capítulo. Para complementarlas se incluye de manera entrelazada otros temas relacionados como se muestra en el índice de abajo copiado del libro “Physics for scientist and engineers” de Tipler [33].

Newton's Laws

- 4-1 Newton's First Law: The Law of Inertia
- 4-2 Force and Mass
- 4-3 Newton's Second Law
- 4-4 The Force Due to Gravity: Weight
- 4-5 Contact Forces: Solids, Springs, and Strings
- 4-6 Problem Solving: Free-Body Diagrams
- 4-7 Newton's Third Law
- 4-8 Problem Solving: Problems with Two or More Object

Los autores de este libro intentan tejer los contenidos del capítulo por medios de frases cortas que se pierden en medio de largos textos, por ejemplo para relacionar las leyes se usa una breve frase en el párrafo introductorio del capítulo:

Newton's laws relate the forces objects exert on each other, and relate any change in the motion of an object to the forces that act on it. [33]

Dado que el lector puede pasar por alto esa frase entonces le queda la tarea al profesor de mostrar una visión general de lo que significan las leyes como un todo en unión con los temas de física relacionados. Esto sucede así porque libro de texto está concebido como auxiliar de una clase magistral.

Teniendo en cuenta que la audiencia de esta propuesta es la de un público que hace aprendizaje autónomo entonces la estructura tipo libro no parece la adecuada. Además por el medio usado es posible que los usuarios se cansen en los primeros contenidos sin que lleguen al final donde se supone que debe darse el redondeo del tema que muestre las leyes en relación a lo demás.

Teniendo en cuenta eso se presenta las leyes de Newton de forma diferente: se han estructurado las páginas del sitio web de acuerdo a un esquema de relaciones.

Para ello se construyó el “diagrama del bus” que muestra la relación del constructo teórico de las leyes con el resto de elementos de la dinámica y cinemática. En él se

intentó sintetizar a modo de mapa conceptual todos los conceptos frecuentemente tratados en la enseñanza de este tema.



Figura 35 Diagrama del bus: las leyes del movimiento y su relación con los demás elementos de la cinemática y la dinámica.

El diagrama se basa en una generalización de los problemas de aplicación de las leyes de Newton así: en los problemas se plantea un espacio físico con límites indeterminados que se denominara Universo y que contiene todos los elementos del planteamiento. Dentro de ese Universo se escoge un sistema que es del interés del análisis, se denominara móvil: puede ser cualquier elemento o conjunto de elementos que están dentro del Universo y que se agrupan con un límite claramente establecido como se muestra con la línea roja en la figura 35.

Las leyes del movimiento relacionan ese móvil con el resto del Universo: las interacciones entre ambos están mediadas por las leyes del movimiento que determinan el comportamiento de las interacciones que pasan el límite que separa al móvil del resto del Universo.

Este diagrama contiene la mayoría de conceptos incluidos en los capítulos de dinámica de los libros y los organiza en tres grandes áreas: las variables del móvil, las leyes del movimiento y las fuerzas que provienen del resto del universo.

A partir del diagrama del bus se organizaron las principales páginas web de la propuesta en el sitio www.Analizandoexamen.com.co como se muestra en la siguiente figura:

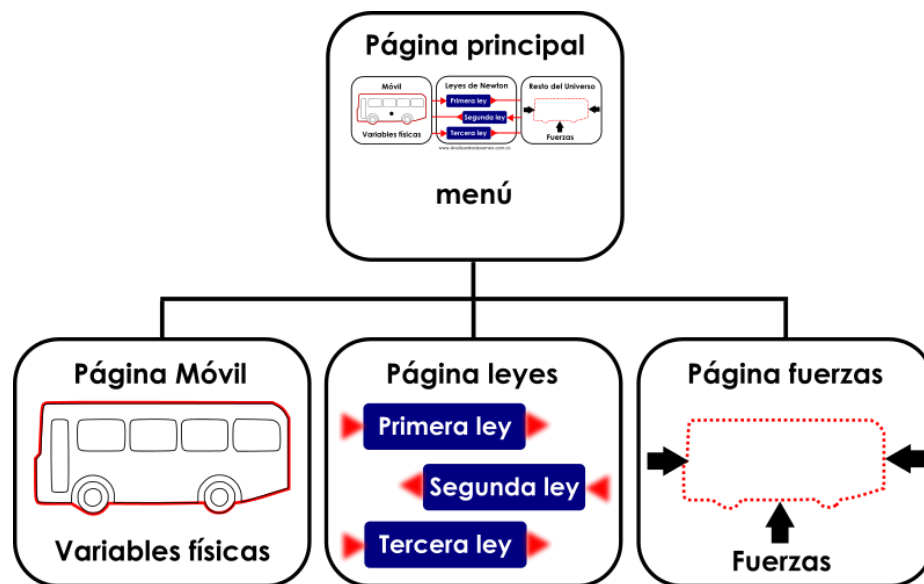


Figura 36 Esquema de distribución de las páginas web.

El esquema de distribución mostrado en la figura 36 sirve para mostrar los contenidos teóricos de manera organizada además de evitar su fragmentación en demasiadas subpáginas.

En la página correspondiente al móvil se explicaran las variables físicas como la velocidad, la posición, la masa y su diferencia con el peso, la inercia y el concepto de centro de gravedad.

En la página de las leyes irán las tres leyes de Newton haciendo énfasis que son conceptos interrelacionados.

En la página correspondiente al resto del Universo se explicara la naturaleza de la fuerza, cuales son y que es un diagrama de cuerpo libre.

Contenido de la propuesta didáctica

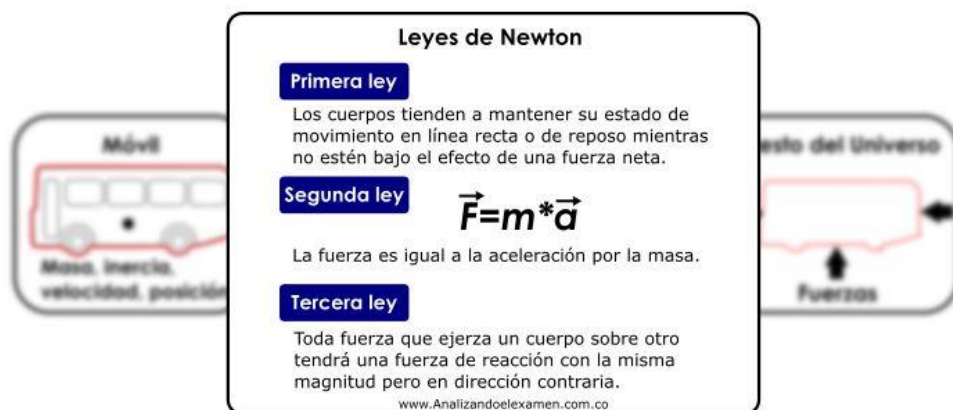
Para la propuesta didáctica se decidió desde un principio un enfoque llamado Física Conceptual que tiene su máximo exponente en el libro homónimo de Paul Hewitt [1]. Este enfoque pretende enseñar de una manera que puede parecer menos rigurosa que la tradicional: en Estados Unidos se percibe como un estilo light de enseñar física entonces se ofrece para estudiantes que desean titularse en áreas diferentes a las ciencias o las ingenierías.

La razón de escoger la física conceptual es encontrar una forma de enseñar física que responda a un sentido: las ecuaciones por si solas no forman la física, son los conceptos detrás de ellas las que forman este cuerpo de conocimiento.

Esta forma de enseñanza se basa fuertemente en el discurso y presenta los conceptos e ideas en forma de textos largos lo que hace temer que en un medio como internet no funcioné situación que será tema de análisis en la siguiente sección.

El contenido ha sido integrado por medio de relaciones: las leyes de Newton en relación con otros conceptos de la Dinámica como se presentan en el diagrama del bus.

Leyes del movimiento y que significan



Newton no fue el primero en pensar que el movimiento de los cuerpos respondiese a las leyes que llevan su nombre pero si fue el primero en aplicar estas leyes para explicar el movimiento de los planetas.

Eso sucedió a finales de los mil seiscientos ósea más de 2000 años después que se formularan las primeras hipótesis sobre el movimiento. Cabe preguntarse ¿porque no descubrieron estas leyes mucho antes si son tan sencillas de expresar?

Esta pregunta también podría ser ¿Por qué es tan difícil comprender estas leyes si se ven tan simples? Esta página intenta responder esos dos interrogantes.

Figura 37 Imagen del encabezado en la página web sobre las leyes de Newton del sitio Analizando el examen

En cada página resultante de la distribución del diagrama de bus se presenta una imagen (figura 37) que refiere a esa distribución como un elemento para presentar el contenido y a la vez dar la idea que se trata de un elemento parcial de un esquema más general.

Resultados de la publicación de una versión previa de la propuesta didáctica

El siguiente análisis se refiere a los datos sobre el tráfico de internet que se obtuvo con la publicación en el sitio web Analizando de una versión previa de la propuesta didáctica presentada en este trabajo.

En marzo de 2015 se publicó una primera versión de la propuesta didáctica (anexo 5.3), esta estuvo en línea hasta abril de 2016. Esta versión se caracterizaba por una estructura convencional que separaba las leyes por página web a las cuales que se accedían con un menú en la página web que se muestra en la figura siguiente:



Figura 38 Menú de la propuesta didáctica previa

Adicional a esas tres páginas, se creó una otra sobre la historia de las leyes al que se accedía por otro enlace que no se ve en la figura.

Este conjunto de 4 páginas web fueron analizadas con ayuda de Google Analytics²² obteniéndose las estadísticas correspondientes al periodo 25 de marzo de 2015 y el 15 de abril de 2016 que se muestran en la siguiente figura:

²² Google Analytics es un medidor de tráfico en sitios web que entrega estadísticas sobre varias métricas analizadas con base a las consultas que reciben los servidores que alojan el sitio web al que se le hace seguimiento. Estas consultas corresponden al envío de una cadena de caracteres codificados por parte de un computador, servidor, teléfono o similar por lo cual pueden o no corresponder con un usuario humano que esté operando esos dispositivos. Nota del autor.

	Vistas de pagina	Tiempo promedio	Ingresos	% rebote	% Salida	
Página primera ley de Newton	3242	00:04:14	344	66,86	34,51	3595
Página segunda ley de Newton	1129	00:05:07	93	73,12	33,10	1276
Página tercera ley de Newton	778	00:03:32	71	66,20	22,58	859
Página historia leyes de Newton	518	00:03:48	48	72,92	28,93	557
Total	5667		556			

Figura 39 estadísticas correspondientes a las 4 páginas de la propuesta didáctica entre el 25 de marzo de 2015 y el 25 de abril de 2016.

Cada renglón corresponde a una página web. Las métricas son las siguientes:

Vistas de página se refiere a la cantidad de computadores o teléfonos desde donde los usuarios accedieron a esa página en particular, para simplificarlo se asume que hay un usuario por cada aparato ósea que fueron por ejemplo 3242 visitantes para la primera página. Sumando las visitas de las 4 páginas de la propuesta se obtuvieron 5667 visitas de página que son el 1.26% de las vistas de página totales logradas en el sitio en el periodo 25 de marzo de 2015 y el 15 de abril de 2016.

Tiempo promedio se refiere a la cantidad de tiempo que duró en pantalla la página en cuestión por cada vista de página. Puede asumirse que fue el tiempo que los usuarios leyeron o vieron las imágenes o videos de una página correspondiente.

El promedio de tiempo en la página indica que hubo interacción con el contenido: los promedios en este sub-grupo son 3:32 minutos para el menos y 5:07 minutos para el mayor lo que es un fuerte indicio que el contenido es relevante para algunos usuarios que han visitado estas páginas.

Ingresos se refiere a la cantidad de personas que entraron desde otros sitios web, es decir que tuvieron el primer contacto con el sitio Analizando por medio de esta página.

La métrica de ingresos indica que el contenido logró poca o nula visibilidad en internet, es decir que en buscadores como Google debe aparecer bastante abajo en los resultados y que no existen enlaces desde otros sitios web que refieran este contenido. Cabe aclarar que no se hizo ninguna promoción sobre estas páginas para obtener visitas que hubiese mejorado este indicador.

% rebote corresponde al porcentaje de la métrica anterior en el que el usuario no continuó explorando el sitio y salió en la misma página del ingreso.

Los porcentajes altos de rebote indican que esos pocos visitantes externos de la métrica ingresos no encontraron relevante el contenido visitado en el sitio.

% salida corresponde al porcentaje de la métrica Vista de página correspondiente a usuarios que abandonan el sitio en esta página dada.

Los porcentajes de salida muestran que los contenidos tienen una valoración que no es negativa dado que al visitar la página la mayoría de usuarios opta por continuar en el sitio yendo a otras páginas.

Globalmente estos resultados indican que existe una demanda por parte de los usuarios de la página Analizandoexamen.com.co hacia este tipo de contenidos y que hay un público que hace uso de los contenidos publicados.

Con respecto a la ausencia de entradas significa que no es fácil posicionar un contenido en internet: se depende fuertemente de los buscadores como Google que funcionan con algoritmos e indicadores que relacionan popularidad con pertinencia dejando por fuera la calidad de los contenidos.

Resultados de la creación del grupo en Facebook

En la propuesta original se consideró la construcción de un entorno virtual que incluiría la página web existente y se le agregaría un curso en el LMS Coursesites y un grupo “Analizando el examen” (<https://www.facebook.com/groups/AnalizandoEE>) en la red social Facebook.

El grupo para tal efecto fue creado en enero de 2015 con el objetivo inicial de generar un mecanismo para mejorar la interacción de los usuarios con la página web. Para referir a esos usuarios hacia el grupo de Facebook se creó un botón en la página de descargas como se ve en la siguiente figura:

Analizando el examen de admisión

Móvil: oprime botón arriba.



ANALIZANDO... preguntas, respuestas, opiniones y más... en el grupo de FB

Simulacro corto

Abra la hoja de respuestas y siga las instrucciones, contando el tiempo resuelva las preguntas propuestas.

- [Simulacro I](#)
- [Simulacro II](#)
- [Simulacro III](#)

Figura 40 Imagen de la página web con el botón para ir al grupo de Facebook

Para medir el éxito con respecto a referir usuarios de la web hacia el grupo se realizó en abril de 2016 una encuesta en el grupo acerca de la opinión que tenían los usuarios del grupo acerca del sitio web Analizandoexamen.com.co. Los resultados se muestran en la figura siguiente:



Figura 41 Imagen de la página web con el botón para ir al grupo de Facebook

Con una muestra de 150 personas un 66% (100) manifestó que desconocía la página web, un 11% que no la había visitado, un 11% que la había visitado alguna vez pero no volvió a hacerlo y por ultimo un 10% manifestó que la visitaba con alguna frecuencia.

Esta encuesta es un indicio que la población de visitantes de la página web es minoría en el grupo lo que puede ser una ventaja porque permitiría promocionar el contenido de la página entre personas que aún no lo conoce.

La desventaja es que hay poca integración entre la página y el grupo en la red social: las dinámicas entre ambos son diferentes y los contenidos que publican los usuarios rara vez

referencian los contenidos de la página web. El objetivo inicial de interactuar con los usuarios del sitio web se cumple solo parcialmente y la problemática de la falta de canales de interacción en la página web permanece sin resolverse.

El grupo en la red social Facebook resulto siendo un subproducto exitoso y ahora funciona como una entidad diferente en la cual los contenidos publicados por los usuarios responden a intereses particulares y temporales y se constituyó en un canal de información paralelo sobre el proceso de admisión de la Universidad Nacional y temas relacionados.

4. Conclusiones

El presente trabajo surgió como una propuesta para aportar al mejoramiento del nivel en formación en ciencias de los egresados del bachillerato usando un medio masivo como internet. La propuesta se enfocó en la población de jóvenes que están interesados en continuar sus estudios por cuenta propia después de salir del bachillerato.

Como resultado de la consulta de los referentes conceptuales para el presente trabajo esa motivación inicial de participar en la mejora en el nivel en ciencias resulta dudosa ante las debatibles justificaciones de la alfabetización científica que se realiza en el bachillerato. Adicional a esto el cambio de visión del mundo esperado con la alfabetización científica es más difícil de lograr debido al reto que representa el aprendizaje significativo en física.

El objetivo de esta propuesta de diseñar y llevar una propuesta didáctica sobre las leyes de Newton a una población significativa de interesados se logró. Se diseñó una propuesta didáctica que contiene elementos novedosos como el uso del diagrama del bus para organizar y relacionar los contenidos con el objetivo de mejorar la comprensión de los conceptos que están detrás de los enunciados de las leyes de Newton. La valoración de la efectividad de este tipo de diseño será materia de futuros trabajos.

La publicación de una propuesta didáctica y las tareas relacionadas como la prueba diagnóstica en línea con un Force Concept Inventory modificado lograron una audiencia significativa: la prueba fue respondida más de 4100 participantes en un periodo de 13 meses. Se logró más de 5600 vistas a las páginas que contenían una versión previa de propuesta didáctica.

Se comprobó que el sitio web www.Analizandoexamen.com.co tiene el potencial para ser usado como plataforma de publicación para otras propuestas didácticas. Por otro lado se verificó que el posicionamiento de nuevos contenidos en internet requiere esfuerzos adicionales de promoción: la propuesta no logró obtener visitas por medio de buscadores o referencias de otros sitios web.

5. Anexos

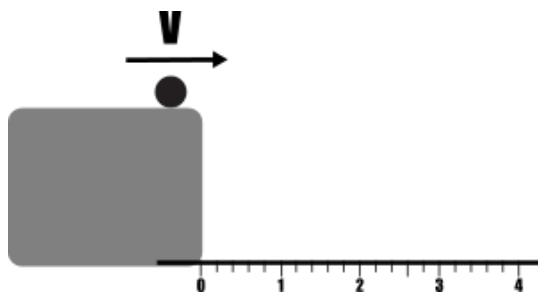
5.1 Inventario de conceptos sobre fuerza

CUADERNILLO

Intenta responder en 50 minutos las siguientes preguntas:

- 1) Dos esferas de metal del mismo tamaño caen accidentalmente desde un quinto piso al mismo tiempo. Si una esfera pesa el doble que la otra, entonces el tiempo de caída de la esfera más liviana_____
 - a) es casi el doble del tiempo de caída de la esfera más pesada.
 - b) es casi igual al tiempo de caída de la esfera más pesada al cuadrado (t^2).
 - c) es casi igual que el tiempo de caída de la esfera más pesada.
 - d) es mucho menor que el tiempo de caída de la esfera más pesada.
 - e) es mucho mayor que el tiempo de caída de la esfera más pesada.

- 2) Las dos esferas del problema anterior ruedan sobre una mesa con velocidad inicial V y caen al suelo. Se ha puesto una regla para medir la distancia a la que golpean el suelo por primera vez. De acuerdo a ello:

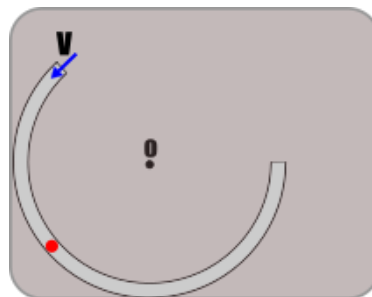


- a) ambas golpean el suelo casi a la misma distancia.
- b) la esfera más liviana golpea el suelo al doble de la distancia que la esfera más pesada.
- c) la esfera más liviana golpea el suelo a la mitad de la distancia que la esfera más pesada.
- d) la esfera más liviana golpea el suelo a una distancia mucho mayor que la otra esfera.
- e) ambas golpean el suelo a una distancia que es casi igual a la altura de la caída.

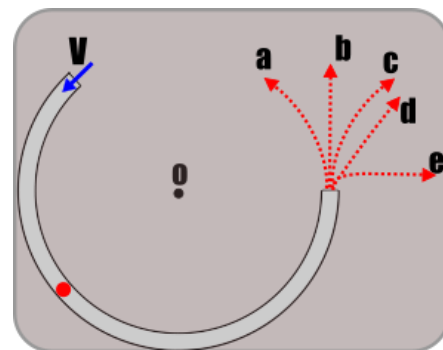
- 3) Una piedra que se deja caer desde el techo de un edificio de pocos pisos hasta la calle, es cierto que mientras cae:
- alcanza una velocidad máxima poco después de ser soltada, desde ese momento cae con una velocidad constante.
 - aumenta su velocidad constantemente porque la atracción gravitatoria de la tierra también aumenta.
 - aumenta su velocidad de manera constante porque una fuerza de gravedad constante actúa sobre ella.
 - cae debido a la tendencia natural de todos los objetos a descansar sobre la superficie de la tierra.
 - cae a velocidad constante porque todos los cuerpos sin importar su peso caen a la misma velocidad.
- 4) Un camión grande choca de frente con un automóvil. Durante la colisión:
- la fuerza que el camión ejerce sobre el automóvil es mayor que la de la fuerza que el auto ejerce sobre el camión.
 - la fuerza que el automóvil ejerce sobre el camión es mayor que la de la fuerza que el camión ejerce sobre el auto.
 - no se ejercen fuerzas, el auto es aplastado porque se interpone en el camino del camión.
 - el camión ejerce una fuerza sobre el automóvil pero el auto no ejerce ninguna fuerza sobre el camión.
 - el camión ejerce una fuerza de la misma intensidad sobre el auto que la que el auto ejerce sobre el camión.

USE LA DESCRIPCIÓN Y LA FIGURA ADJUNTAS PARA CONTESTAR LAS DOS PREGUNTAS SIGUIENTES (5 y 6).

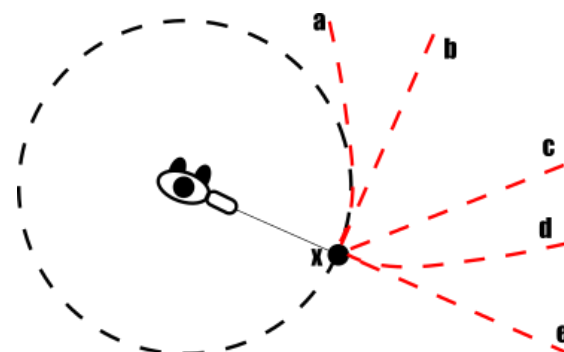
- 5) Un tubo metálico curvado se ajusta con tornillos sobre una mesa, dentro del mismo viaja una esfera a velocidad constante V . El tubo no ofrece ninguna resistencia al paso de la esfera. ¿Durante el recorrido al interior del tubo que fuerzas afectan a la esfera?
- Únicamente la gravedad.
 - la gravedad y una fuerza que la desvía hacia el punto "o".
 - la gravedad y una fuerza en la dirección del movimiento.
 - la gravedad, una fuerza que la desvía hacia el punto "o" y una fuerza en la dirección del movimiento.
 - la gravedad, una fuerza que la desvía alejándola del punto "o" y una fuerza en la dirección del movimiento.



- 6) La esfera sale del tubo y rueda sobre la mesa que es lisa y no ofrece resistencia al movimiento. ¿Cuál de los caminos indicados seguirá de forma más aproximada la esfera después de salir del tubo?



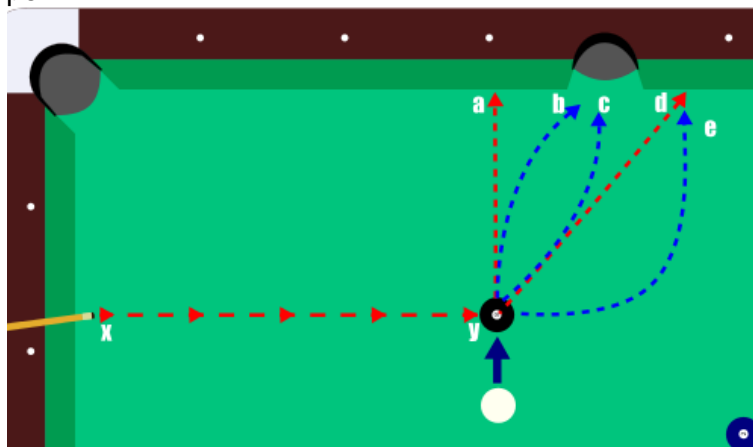
- 7) Una persona hace rotar a su alrededor una esfera metálica atada a una cuerda como se muestra en la figura (vista desde arriba). En el punto "x" la cuerda se rompe en un punto muy cercano a la esfera. ¿Qué camino seguirá de forma más aproximada la bola tras la ruptura de la cuerda y hasta antes de tocar al suelo?



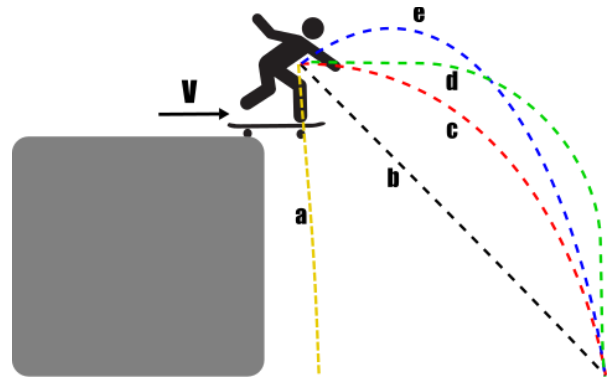
USE LA DESCRIPCIÓN Y LA FIGURA ADJUNTAS PARA CONTESTAR LAS CUATRO PREGUNTAS SIGUIENTES (8 a 11).

La figura muestra una bola desplazándose con velocidad constante en línea recta desde el punto "x" al punto "y" sobre una mesa de billar. La mesa está bien hecha y el paño no se opone en ninguna forma al movimiento. Cuando la bola llega al punto "y", recibe un repentino golpe de la bola blanca en la dirección de la flecha gruesa que le transmite impulso de un solo golpe.

- 8) ¿Cuál de los caminos seguirá de forma más aproximada la bola negra después de recibir el golpe?



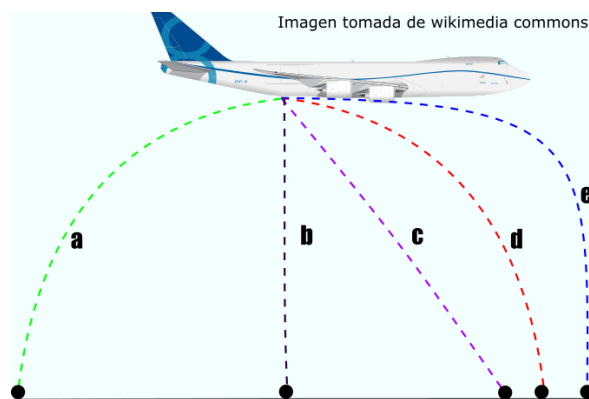
- 9) Si la bola negra se estaba moviendo a 4 m/s y recibe un impulso de la bola blanca de 3 m/s entonces la velocidad de la bola negra a partir del punto "y" es:
- Igual a 4 m/s
 - Igual a 3 m/s sin importar la velocidad que trae la bola negra
 - Igual a $4\text{m/s} + 3\text{m/s}$
 - menor que 3 m/s
 - algún valor entre 4 m/s y 7 m/s
- 10) Teniendo en cuenta que la mesa está bien hecha y que el paño no se opone en ninguna forma al movimiento, entonces la velocidad de la bola negra a entre el punto "y" y hasta antes de llegar a tocar el borde de la mesa es:
- es constante.
 - aumenta continuamente.
 - disminuye continuamente.
 - cambia de dirección en una curva y disminuye
 - cambia de dirección en una curva pero se mantiene
- 11) De nuevo teniendo en cuenta que la bola rueda sobre una mesa que no se opone de ninguna forma al movimiento. Después de ser empujada, la bola negra es afectada por las siguientes fuerzas:
- 1: Solo por la fuerza de la gravedad.
 - 1: la gravedad y 2: una fuerza en dirección del movimiento
 - 1: la gravedad, 2: una fuerza en dirección del movimiento y 3: una fuerza de la mesa que evita que la bola siga cayendo a través de su superficie.
 - 1: La gravedad y 2: una fuerza de la mesa que evita que la bola siga cayendo a través de su superficie.
 - ninguna. (la bola no es afectada por ninguna fuerza).
- 12) Un skater sale de una plataforma con una velocidad V en la dirección marcada en la figura ¿Cuál de los caminos seguirá de forma más aproximada?



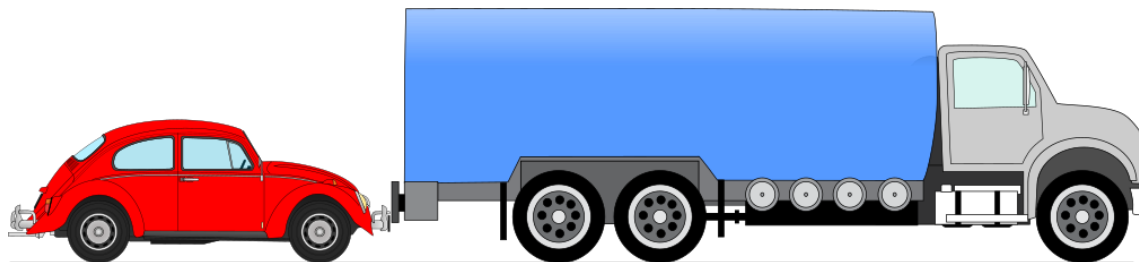
- 13) Un chico lanza hacia arriba una esfera de acero. Considere el movimiento de la esfera mientras permanece en el aire, ¿cuál o cuáles fuerzas afectan a la esfera?
- una fuerza hacia abajo debida a la gravedad junto con una fuerza hacia arriba que disminuye continuamente.
 - una fuerza hacia arriba que disminuye continuamente durante el trayecto en que sube la esfera.

- c) una fuerza de gravedad que aumenta con la cercanía de la esfera a la tierra.
- d) una fuerza hacia abajo constante debida a la gravedad durante todo el trayecto junto a una fuerza hacia arriba que disminuye continuamente durante el trayecto en que sube la esfera.
- e) sólo una fuerza hacia abajo y constante, debida a la gravedad.

14) Un avión vuela a baja altura y deja caer una carga pequeña y muy pesada. Un observador en el terreno observa la caída del objeto, ¿qué camino seguiría de forma más aproximada dicha carga tras caer del avión?

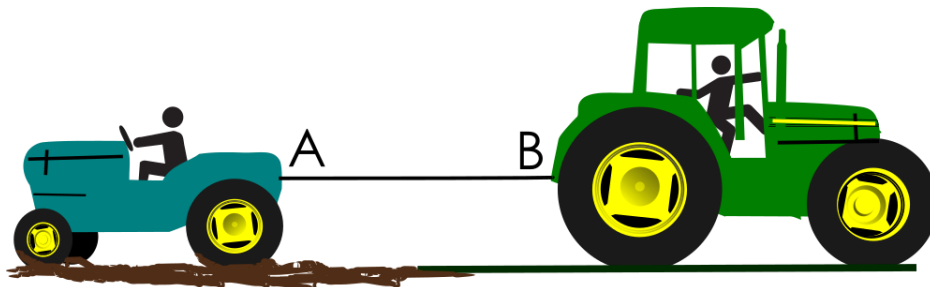


USE LA DESCRIPCIÓN Y LA FIGURA ADJUNTAS PARA CONTESTAR LAS DOS PREGUNTAS SIGUIENTES (15 y 16). Un camión grande se avería en la carretera y un pequeño automóvil lo empuja de regreso a la ciudad.

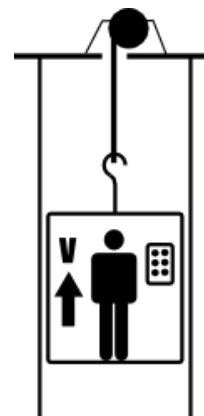


- 15) Mientras el automóvil que empuja al camión acelera para alcanzar la velocidad de marcha:
- a) la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es igual a la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
 - b) la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es menor que la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
 - c) la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es mayor que la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
 - d) dado que el motor del automóvil está en marcha, éste puede empujar al camión, pero el motor del camión no está funcionando, de modo que el camión no puede empujar al auto. El camión es empujado hacia adelante simplemente porque está en el camino del automóvil
 - e) ni el camión ni el automóvil ejercen fuerza alguna sobre el otro. El camión es empujado hacia adelante simplemente porque está en el camino del automóvil.

- 16) El tractor grande está jalando con una velocidad V a un tractor pequeño que esta varado y sin gasolina en medio de una zona de barro espeso (que se opone a su movimiento). Durante esta situación:

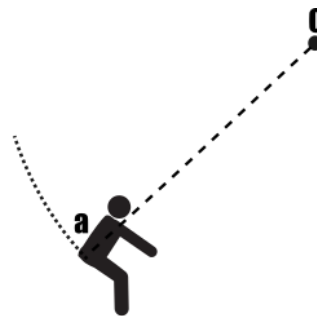


- a) la fuerza que el tractor B ejerce sobre el tractor A es mayor que la fuerza que el tractor A ejerce sobre el tractor B.
- b) la fuerza que el tractor A ejerce sobre el tractor B es mayor que la fuerza que el tractor B ejerce sobre el tractor A.
- c) ninguno ejerce una fuerza sobre el otro porque ambos se mueven a velocidad V en la misma dirección.
- d) el tractor B ejerce fuerza sobre el tractor A pero el tractor A no ejerce ninguna fuerza sobre el tractor B dado que A esta varado.
- e) el tractor B ejerce una fuerza de la misma intensidad sobre el tractor A que la que el tractor A ejerce sobre el tractor B.
- 17) Un ascensor sube por su hueco a velocidad V por medio de un cable de acero. En esta situación, las fuerzas que actúan sobre el ascensor son tales que:
- a) la fuerza hacia arriba ejercida por el cable es mayor que la fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
- b) la fuerza hacia arriba ejercida por el cable es igual a la fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
- c) la fuerza hacia arriba ejercida por el cable es menor que la fuerza hacia abajo debida a la gravedad
- d) la fuerza hacia arriba ejercida por el cable es mayor que la suma de la fuerza hacia abajo debida a la gravedad y una fuerza hacia abajo debida al aire.
- e) ninguna hay fuerzas. (El ascensor sube porque el cable se está acortando, no porque el cable ejerza una fuerza hacia arriba sobre el ascensor).



18) La figura adjunta muestra a un chico columpiándose en una cuerda, en ese momento está bajando y pasa por el punto A. ¿Cuáles de las siguientes fuerzas afectan al chico en ese instante?:

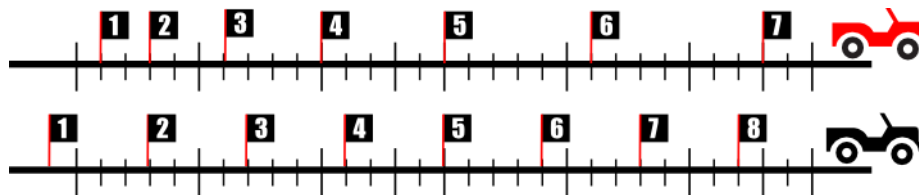
- (1) Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
- (2) Una fuerza ejercida por la cuerda dirigida de A hacia O.
- (3) Una fuerza en la dirección del movimiento del chico.
- (4) Una fuerza en la dirección de O hacia A.



¿Cuál(es) de dichas fuerzas actúa(n) sobre el chico en la posición A?

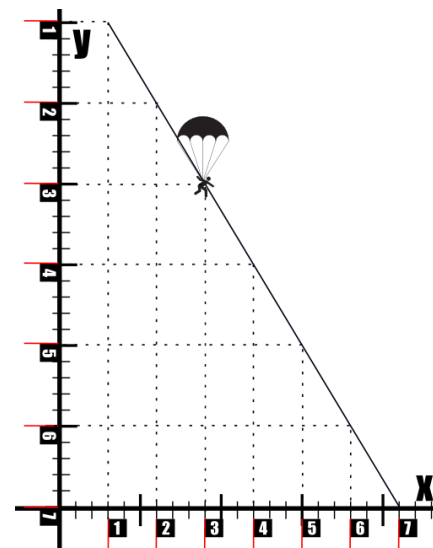
- a) sólo la 1.
- b) 1 y 2.
- c) 1 y 3.
- d) 1, 2 y 3.
- e) 1, 3 y 4.

19) Dos camperos recorren una pista y su posición se marca a intervalos de tiempo iguales y sucesivos con las banderas numeradas ¿Los velocímetros de los dos camperos marcarán en algún momento la misma velocidad?



- a) Nunca
- b) Sí, en el instante 6 porque han recorrido la misma distancia en el mismo periodo de tiempo.
- c) Sí, durante todo el periodo comprendido entre 2 y 5.
- d) Sí, pero solo en los instantes 2 y 5.
- e) Sí, pero solo en algún instante durante el intervalo de 3 a 4.

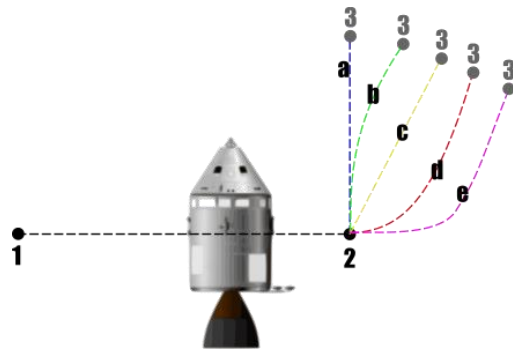
20) Un paracaidista se acerca al suelo y es observado desde tierra. Se realiza una gráfica donde se marca la posición del paracaidista con respecto al eje "x" y al eje "y" a intervalos de tiempo de 5 segundos. La aceleración del paracaidista medida en cada eje se relaciona con la del otro eje así:



- a) la aceleración en "y" es mayor que la aceleración en "x".
- b) la aceleración en "x" es igual a la aceleración en "y" siendo mayores que cero.
- c) la aceleración en "x" es mayor que la aceleración en "y".
- d) la aceleración en "x" es igual a la aceleración en "y". Ambas aceleraciones son cero.
- e) la aceleración no puede descomponerse, solo se puede medir en dirección de la trayectoria.

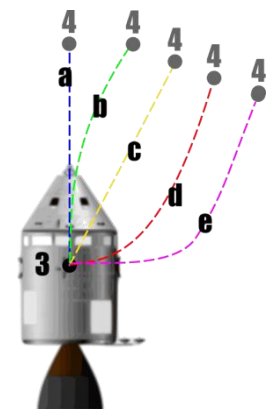
USE LA DESCRIPCIÓN Y LA FIGURA ADJUNTAS PARA CONTESTAR LAS CUATRO PREGUNTAS SIGUIENTES (21 a 24).

Una nave flota a la deriva (libre del efecto de fuerzas externas) en el espacio exterior desde el punto "1" hasta el punto "2", como se muestra en la figura. En la posición "2", el motor se enciende y produce un empuje constante sobre la nave). El empuje constante se mantiene hasta que la nave alcanza un punto "3" en el espacio.



- 21) ¿Cuál de los siguientes caminos representa mejor la trayectoria de la nave entre los puntos 2 y 3?
- 22) Mientras la nave se mueve desde la posición "2" hasta la posición "3" la magnitud de su velocidad es:
- a) constante.
 - b) continuamente creciente.
 - c) continuamente decreciente.
 - d) creciente durante un rato y después constante.
 - e) constante durante un rato y después decreciente.

- 23) En el punto "3" el motor de la nave se para y el empuje se anula inmediatamente.
¿Cuál de los siguientes caminos seguirá la nave después del punto "3"? (ver imagen)



- 24) A partir de la posición "3" la velocidad del cohete es:

- a) constante.
- b) continuamente creciente.
- c) continuamente decreciente.
- d) creciente durante un rato y después constante.
- e) constante durante un rato y después decreciente

25) Una mujer empuja de manera constante una caja grande. Como resultado, la caja se mueve sobre el piso a velocidad constante V . Entonces la fuerza horizontal aplicada por la mujer:



- a) tiene la misma magnitud que el peso de la caja.
- b) es mayor que el peso de la caja.
- c) tiene la misma magnitud que la fuerza total que se opone al movimiento de la caja.
- d) es mayor que la fuerza total que se opone al movimiento de la caja.
- e) es mayor que el peso de la caja y también que la fuerza total que se opone a su movimiento.

26) Si la mujer de la pregunta anterior duplica la fuerza horizontal constante que ejerce sobre la caja para empujarla sobre el mismo piso horizontal, la caja se moverá:

- a) con una velocidad constante que es el doble de la velocidad V de la pregunta anterior.
- b) con una velocidad constante que es mayor que la velocidad V de la pregunta anterior, pero no necesariamente el doble.
- c) con una velocidad que es constante y mayor que la velocidad V de la pregunta anterior durante un rato y después con una velocidad que aumenta progresivamente.
- d) con una velocidad creciente durante un rato, y después con una velocidad constante.
- e) con una velocidad continuamente creciente.

27) Si la mujer de la pregunta 25 deja de aplicar de repente la fuerza horizontal sobre la caja, ésta:

- a) se parará inmediatamente.
- b) continuará moviéndose a una velocidad constante durante un rato y después frenará hasta pararse.
- c) comenzará inmediatamente a frenar hasta pararse.
- d) continuará a velocidad constante.
- e) aumentará su velocidad durante un rato y después comenzará a frenar hasta pararse.

28) Dos personas se sientan cara a cara en dos sillas de oficina que son idénticas: A tiene una masa de 55 Kg y B tiene una masa de 41 Kg, A coloca sus pies descalzos sobre las rodillas de B, tal como se muestra en la imagen. Seguidamente A empuja súbitamente con sus pies hacia adelante, haciendo que ambas sillas se muevan. Durante el empuje, mientras las personas están aún en contacto:



- ninguno ejerce fuerza sobre el otro.
- A ejerce una fuerza sobre el B, pero B no ejerce ninguna fuerza sobre Z
- ambos ejercen una fuerza sobre el otro, pero B ejerce una fuerza mayor.
- ambos estudiantes ejercen una fuerza sobre el otro, pero A ejerce una fuerza mayor.
- ambos personas ejercen la misma cantidad de fuerza sobre el otro.

29) Una silla de oficina vacía está en reposo sobre el suelo. Considérense las siguientes fuerzas:

- Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
- Una fuerza hacia arriba ejercida por el suelo.
- Una fuerza neta hacia abajo ejercida por el aire.

¿Cuál(es) de estas fuerzas actúa(n) sobre la silla de oficina?

- sólo la 1.
- 1 y 2.
- 2 y 3.
- 1, 2 y 3.
- ninguna de las fuerzas. (Puesto que la silla está en reposo no hay ninguna fuerza actuando sobre ella).

30) A pesar de que hace un viento muy fuerte, una futbolista consigue golpear un balón de modo que pasa la línea de media cancha y cae en el campo de su oponente.

Considérense las siguientes fuerzas:

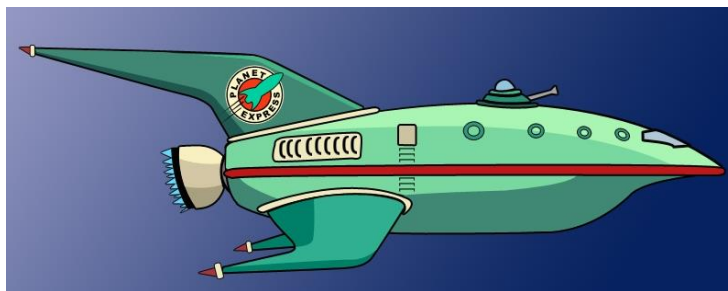
- Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
- Una fuerza por el "golpe".
- Una fuerza ejercida por el aire.

¿Cuál(es) de estas fuerzas actúa(n) sobre la pelota después de que ésta deja de estar en contacto con el pie y antes de que toque el suelo?

- sólo la 1.
- 1 y 2.
- 1 y 3.
- 2 y 3.
- 1, 2 y 3

5.2 Diagnostico versión inicial

1. Bender y sus amigos viajan en la nave de Planet express a una velocidad V cuando sus motores dejan de funcionar en una región alejada de la Galaxia (donde está libre del efecto de fuerzas externas) ¿qué sucederá con la nave?

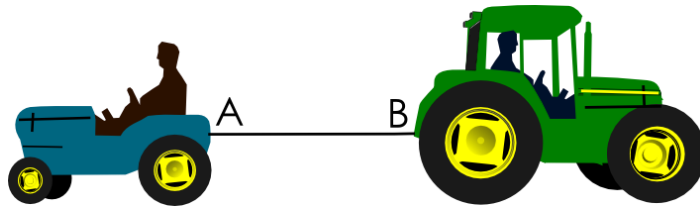


- a. Se detendrá de manera inmediata.
 - b. Continuará a la velocidad V .
 - c. Mantendrá su velocidad durante un tiempo y después empezará a detenerse.
 - d. Empezará a reducir su velocidad hasta llegar a 0.
2. Un tiempo después Leela logra poner en funcionamiento el motor de la nave a un 50% de la capacidad que tenía antes de que se apagara, entonces...
 - a. La nave retomará el viaje a la velocidad V .
 - b. La nave aumentará su velocidad mientras el motor permanezca encendido.
 - c. La nave después de un tiempo viajará a la velocidad $V/2$
 - d. La nave perderá velocidad igualmente porque la potencia no es suficiente.
 3. Un camión tiene una plataforma metálica donde se coloca un trozo pesado de hielo que se está derritiendo y por lo tanto resbala fácilmente sobre el metal. El camión arranca a toda potencia, ¿Qué dirección tienen las fuerzas que afectan al bloque de hielo en el momento que el camión arranca?



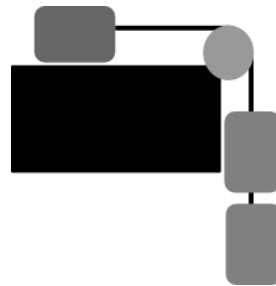
- a. Hacia arriba y hacia la derecha.
- b. Hacia arriba, hacia la derecha y hacia abajo.
- c. Hacia arriba y hacia abajo.
- d. Hacia la izquierda.

4. Dos tractores jalan una cadena en direcciones opuestas. En el punto A se instala un aparato que mide la fuerza de tensión en esa punta de la cadena. En el punto B se instala otro aparato que mide la fuerza en la otra punta de la cadena. De acuerdo a esto:

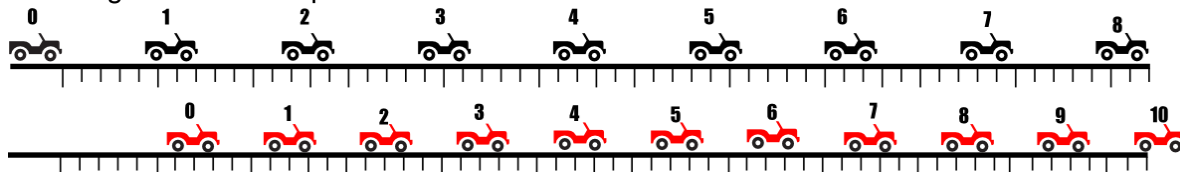


- a. A mide la fuerza del tractor pequeño y B mide la fuerza del tractor grande.
 - b. A mide la fuerza del tractor grande y B mide la fuerza del tractor pequeño.
 - c. A y B miden la misma fuerza que es la suma de la fuerza de los dos tractores.
 - d. A y B miden la misma fuerza que es la resta de la fuerza de los dos tractores.
5. Se tiene un montaje de tres bloques con masas exactamente iguales conectados por una cuerda. No hay fricción en el sistema. ¿Cuál es la aceleración de ese sistema si m es la masa de cada uno de los bloques y F es la fuerza con la que son atraídos los bloques a la Tierra?

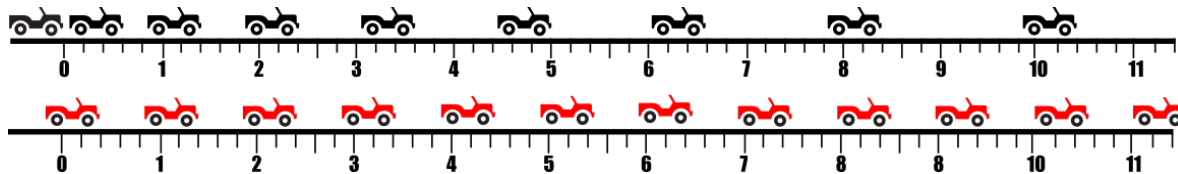
- a. $F/(2*m)$
- b. $3*F/(2*m)$
- c. F/m
- d. $2*F/(3*m)$



6. Se marcan las posiciones de dos autos sobre una pista a intervalos regulares de tiempo. El número indica el momento al que corresponde cada marca, de acuerdo a la imagen es verdad que:

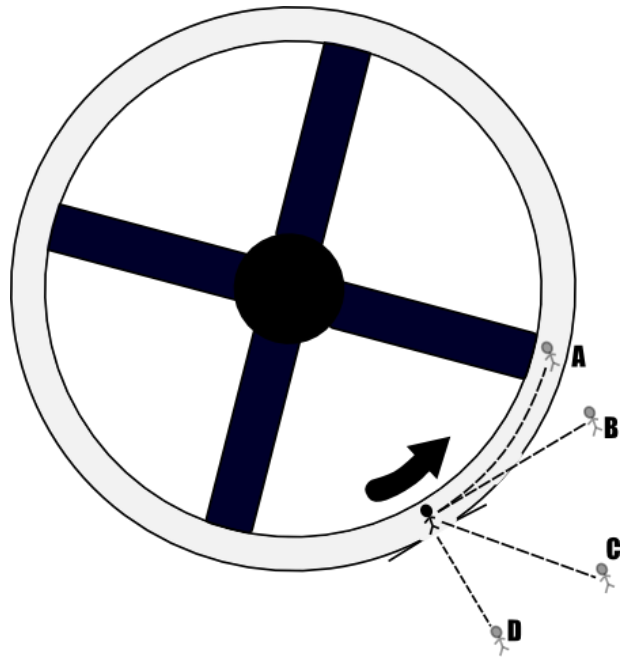


- El auto negro recorre menos distancia que el auto rojo en el mismo periodo de tiempo.
 - El auto rojo siempre va adelante del auto negro.
 - Las velocidades de los dos autos son iguales en el instante 4.
 - El auto negro tiene una velocidad mayor que el auto rojo.
7. Se marcan las posiciones de dos autos sobre una pista a intervalos regulares de tiempo. En este caso personas diferentes han hecho las marcas y han usado periodos de tiempo diferentes obteniendo esta gráfica, acuerdo a ella es verdad que:



- Los dos autos tienen aproximadamente la misma velocidad cuando los carros pasan de 1 a 2.
- La velocidad del carro negro es mayor a la del rojo después de pasar el punto marcado con 2.
- El carro rojo tiene velocidad constante y el negro acelera.
- Los dos carros recorren la misma distancia cuando llegan al punto marcado con 6 unidades.

9. Para simular la gravedad se construyó una nave con forma de rueda que rota a una velocidad constante y hace que sus pasajeros sientan una fuerza que los presiona contra el exterior del casco. HAL9000 (el computador malvado que guía la nave) quiere deshacerse de un pasajero abriendo una compuerta que se encuentra justo debajo de él. ¿qué trayectoria tomará el desafortunado pasajero?



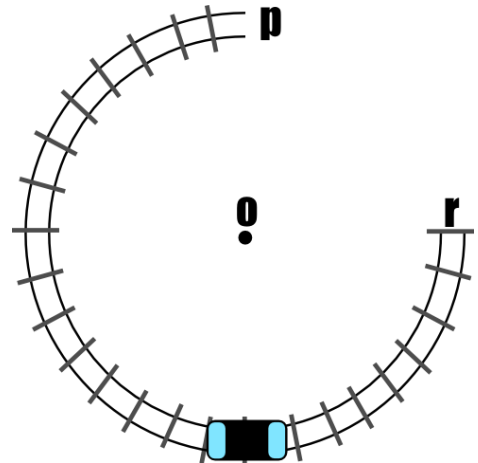
10. La figura adjunta muestra un carro del metro que recorre un segmento de vía circular trazado con centro en el punto "o". Las vías y el carro están bien mantenidas por lo cual la fricción es cero y el carro recorre entre las vías a una velocidad constante sin usar su motor.

Considérense las diferentes fuerzas siguientes:

- I. Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
- II. Una fuerza ejercida por las vías y dirigida del punto donde está el carro hacia O.
- III. Una fuerza en la dirección del movimiento del carro.
- IV. Una fuerza que tiende a sacar al carro de las vías alejándolo del punto "o".

¿Cuál(es) de dichas fuerzas actúa(n) sobre el carro?

- V. I y II.
- VI. I y III.
- VII. I, II y III.
- VIII. I, III y IV.



5.3 Contenido propuesta didáctica previa publicada en 2015

Copia de apartes del contenido publicado en el sitio web.

[Preparación para el examen](#) > [Leyes de Newton](#) >

Primera ley de Newton

Sabemos que mover un objeto pesado es difícil: para que comience a moverse se necesita mucha fuerza. ¿Pero qué sucede cuando un objeto pesado se está moviendo a gran velocidad y necesitamos detenerlo?

Un avión de pasajeros como el de la foto y video (Airbus A320) pesa 43 toneladas y va a una velocidad cercana a los 250 km/h cuando inicia su aterrizaje. En condiciones normales se acerca a la pista con la velocidad mínima que le permita sostenerse en el aire y cuando toca el suelo empieza a reducir su velocidad con la ayuda de los frenos en sus llantas y en las alas, detenerlo de esta forma parece una tarea fácil.

Este accidente pone en evidencia que detener este avión puede ser tan difícil como para arriesgar la integridad del aparato y sus ocupantes. El avión tuvo que aterrizar de emergencia porque su tren de aterrizaje delantero estaba dañado.

Un avión al aterrizar se mueve gracias a la INERCIA: los motores han dejado de empujar el avión desde mucho tiempo antes. La inercia se debe a la masa, por lo tanto un objeto masivo como un avión de pasajeros tiene mucha INERCIA lo que se hace evidente en las imágenes al final de vídeo donde se muestra el efecto de haber frenado el avión principalmente con el tren delantero: la mitad de los rines han desaparecido contra la pista junto con trozos grandes de los neumáticos.

INERCIA: es la propiedad de la materia de oponerse a los cambios de velocidad en magnitud, en dirección o en ambos.



No todos los entes físicos tienen materia, por ejemplo existen partículas sin masa como los fotones que carecen de inercia. Protones y neutrones tienen una masa similar de una Unidad de Masa Atómica mientras los electrones tienen una masa de $1/1830$ UMA. La materia ordinaria al estar compuesta por átomos que a su vez formados por esas partículas, entonces tiene masa e inercia.

La oposición al cambio de velocidad que implica la inercia está representada en la necesidad aplicar una fuerza proporcional a la cantidad de masa para cambiar la velocidad.

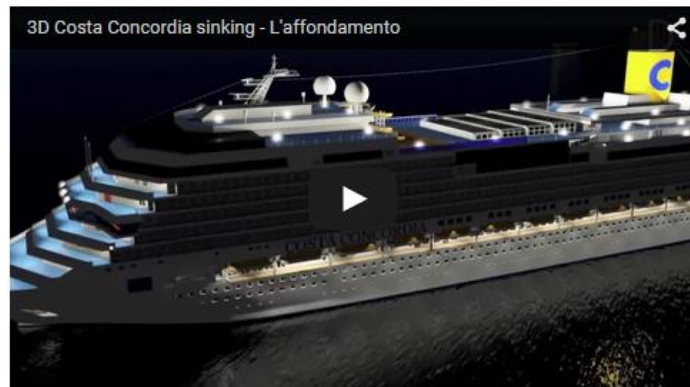
Entre más masa posea un objeto más difícil es aumentar o reducir su velocidad (cambio en la magnitud). Por ejemplo un barco carguero de cientos de miles de toneladas no puede reducir su velocidad rápidamente sin importar la inminencia de un accidente.

Ninguno de los dos barcos puede cambiar su velocidad de manera rápida para salir del problema e inevitablemente chocan debido a la inercia propia y la de las cargas que llevan.

Cambiar la dirección también supone un cambio de la velocidad (aunque se mantenga la magnitud), por lo tanto la inercia se opone. El crucero Costa Concordia en 2012 se acercó a una isla para pasar frente a una localidad costera, para ello debía cambiar de curso girando algunos grados a la derecha.

El barco se acercó demasiado y trató de girar en el último momento pero no pudo cambiar la dirección de su trayectoria lo suficientemente rápido por lo que terminó rozando contra las rocas cercanas a la costa. El barco posteriormente se hundió.

Todos los cuerpos tienen inercia, nosotros tenemos inercia y podemos experimentarla de manera vivida cuando nos montamos en un vehículo. Los cambios de velocidad podemos sentirlos dependiendo de la intensidad con la que se presenten: en un vehículo que se mueve suavemente (como se supone que debería ser el transporte público) no sentimos los cambios en la velocidad. Puede que percibamos con los sentidos otras señales de los cambios pero nuestra masa no nos dice nada. En un vehículo que se mueve fuertemente (como es realmente el transporte público) sentimos fácilmente los cambios en la velocidad. No hay necesidad de usar otros sentidos para percibir cuando el



vehículo aumenta o reduce la velocidad porque nuestro cuerpo sufre los efectos de la inercia.

Todo objeto continúa en su estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta, a menos que sea obligado a cambiar ese estado por fuerzas que actúen sobre él.

[Preparación para el examen](#) > [Leyes de Newton](#) >

Segunda ley de Newton

Que sucede cuando tenemos que mover una carga pesada desde el reposo. Todo depende de la fuerza que tengamos disponible.

Por ejemplo en un tren la idea es que una locomotora jale una serie de vagones para trasladarlos sobre una vía a una velocidad de cruceo, es decir la velocidad a la que se realizara la mayor parte del viaje. Para ello debe aumentar su velocidad de cero hasta la velocidad deseada.

Si la vía está bien mantenida y los vagones tienen sus ruedas bien aceitadas el tren se moverá hasta con una fuerza relativamente pequeña. Esto se ve en el video en el que unos trabajadores intentan enganchar los vagones a la locomotora y empiezan a rodar solos por la fuerza que puede producir un pequeño desnivel en el terreno.



Una fuerza pequeña como esa tardaría demasiado en cambiar la velocidad de los vagones, entonces se necesita de una fuerza mayor para mover desde el reposo al tren. Una locomotora puede hacerlo, a pesar de ello el cambio de velocidad es lento dado que es una gran carga con mucha inercia.

Si se engancharse otra locomotora adicional el tren cambiaría de velocidad el doble de rápido porque habría el doble de fuerza para mover la carga. Si se pusieran tren locomotoras acelerarían el triple de rápido.

Si el tren tuviera menos vagones o estuviesen desocupados el tren cambiaría de velocidad más rápido. La locomotora sola alcanzaría la velocidad de crucero lo más rápidamente posible, con un vagón lo haría más lento y cada vez que se agregue un vagón lo hará más lento.

Estas combinaciones entre fuerza y carga están relacionadas cuantitativamente en la segunda ley de Newton:

“La aceleración de un objeto es directamente proporcional a la fuerza neta que actúa sobre él, tiene la dirección de la fuerza neta y es inversamente proporcional a la masa del objeto”.

Paul Hewitt, Física Conceptual.

Por ejemplo un Volkswagen Escarabajo lo han convertido en una trimoto (trike) entonces le han quitado parte de su peso al cambiar parte de su carrocería por un simple manubrio y han dejado el mismo motor que tenía anteriormente. Según esta ley del movimiento el vehículo modificado tendrá la misma fuerza pero dividida sobre un peso menor entonces podrá cambiar su velocidad más rápido que el vehículo original. La aceleración aumenta porque el peso al que se le cambia la velocidad ha disminuido.



Fuerza Neta:

La ley se refiere a una fuerza neta porque dos o más fuerzas pueden ocurrir sobre el mismo objeto: por ejemplo podemos amarrar un par de tractores y poner a ambos a jalar en direcciones contrarias. La fuerza neta con la que se desplazaran ambos tractores será la suma vectorial de sus fuerzas, si las fuerzas son iguales y se anulan

entonces la fuerza neta sería cero y los tractores se mantendrán en reposo. Si alguno de los dos tractores es capaz de aplicar más fuerza con sus ruedas sobre el suelo entonces hará que ambos tractores se muevan con una aceleración igual a la fuerza neta. En la gráfica de la derecha tenemos un ejemplo de lo que es la fuerza neta.



- Historia de las leyes de Newton

El grabado a la derecha corresponde a la interpretación del siglo XIX de cómo se supone que veían en la era pre científica el Universo. En realidad los antiguos tenían un modelo más elaborado y no fue tan sencillo como llegar al límite del mundo para descubrir que había detrás del telón del firmamento.

Antes de Galileo los intelectuales creían que el Universo era finito y que tenía un límite en la llamada esfera de las estrellas fijas. Se suponía que todo el espacio estaba lleno de materia y que no existía el vacío: los planetas se movían engarzados en unas esferas que se contenían las unas a las otras como las capas de una cebolla.



La Tierra se suponía que era esférica y el centro de un Universo que resultaba pequeño en comparación con el real. Estas suposiciones nos parecen equivocadas frente a lo que sabemos actualmente pero nada de lo que se puede observar en el cielo nocturno a simple vista permite descubrir si es la tierra o el cielo lo que se mueve, saber eso fue lo que permitió dar el primer paso para saber que Universo es mucho más grande de lo que supone el modelo de cebolla que Aristóteles junto a Tolomeo formularon.

El movimiento para Aristóteles

El movimiento para Aristóteles

Aristóteles (-384 a -322) fue el más influyente de los filósofos griegos. Muchas de sus obras han sobrevivido en forma de lo que algunos creen son notas de clase o manuales para su Liceo. Estos escritos fueron compilados en el Corpus Aristotelicum que en regiones como Latinoamérica fue un material educativo hasta la segunda mitad del siglo XVIII.

Varios filósofos griegos habían intentado explicar el mundo físico antes de Aristóteles, entre ellos Demócrito (-460 a -370) quien propuso que todo estaría compuesto de átomos que permanecerían en el vacío, idea que se acerca mucho a las teorías modernas. A pesar de ese aparente adelantamiento a su tiempo los filósofos griegos (incluyendo a Aristóteles) basaron sus teorías en el pensamiento especulativo y tenían pocas o ninguna prueba a favor o en contra de alguna teoría más allá de algunas observaciones cotidianas.

Bibliografía

- [1] P. Hewitt, Física Conceptual, Mexico: Pearson Education, 2007.
- [2] MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL, Formar en ciencias ¡El desafío!, Bogotá: MEN, 2004.
- [3] Ministerio de educación nacional, «Ministerio de educación nacional,» 2004. [En línea]. Available: http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-116042_archivo_pdf3.pdf. [Último acceso: 2015].
- [4] OECD, «PISA 2012 results,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/pisa-2012-results-overview.pdf>. [Último acceso: 2015].
- [5] D. Lindberg, Los inicios de la ciencia occidental, Barcelona: Editores Paidós, 2002.
- [6] L. C. Arboleda, «Sobre una traducción inedita de los principia al castellano hecha por mutis en la nueva granada circa 1770.,» *Ideas y Valores*, nº 74-75, pp. 119-142, 1987.
- [7] «Stanford Encyclopedia of Philosophy,» Stanford University, 2003. [En línea]. Available: <http://plato.stanford.edu/entries/philoponus/#2.2>. [Último acceso: 4 3 2015].
- [8] J. Freely, Before Galileo: The Birth of Modern Science in Medieval Europe, Nueva York, 2013.
- [9] Open Library, «The Nova scientia: Transcription and Translation,» 1558. [En línea]. Available: <http://edition-open-access.de/sources/6/12/index.html>. [Último acceso: 2015].
- [10] M. Valleriani, «Metallurgy, Ballistics and Epistemic Instruments,» 2011. [En línea]. Available: <http://edition-open-access.de/sources/6/3/index.html>. [Último acceso: mayo 2015].
- [11] M. Camerota y M. Helbing, «Galileo and Pisan Aristotelianism: Galileo's "De Motu Antiquiora" and the Quaestiones de Motu Elementorum of the Pisan Professors,» *Early Science and Medicine*, pp. 319-365, 2000.
- [12] G. Galilei, «ECHO cultural heritage online,» 2011. [En línea]. Available: <http://archimedes.mpiwg-berlin.mpg.de/cgi-bin/mjschief/galileo/browse?key=1290109&context=10>. [Último acceso: 2013].
- [13] G. Galilei, De Motu Antiquorum, Pisa, 1610.
- [14] P. Palmieri, «The Cognitive Development of Galileo's Theory of Buoyancy,» *Archive for History of Exact Sciences*, pp. 189-222, 2005.
- [15] C. A. Hernandez, *Clase Origenes de la ciencia 2012-2*, Bogotá: Notas de clase, 2012.

-
- [16] I. Newton, *Mathematical Principles of Natural Philosophy*, Los Angeles: U. California Press, 1934.
- [17] S. Thorton, *Modern Physics*, Boston: Brooks/Cole, 2013.
- [18] R. Serway, *Physics for Scientists and Engineers*, Belmont, California USA: Brooks/Cole, 2010.
- [19] Ministerio de Educacion Nacional, «Al tablero: Estándares curriculares, un compromiso con la excelencia,» 2002. [En línea]. Available: <http://www.mineducacion.gov.co/1621/article-87872.html>. [Último acceso: 3 4 2015].
- [20] ICFES, «Alineacion del examen SABER 11,» ICFES, 2013. [En línea]. Available: www.icfes.gov.co/. [Último acceso: 3 4 2015].
- [21] M. Shamos, «The lesson every child need not learn,» *The sciences*, vol. 28, nº 4, pp. 14-20, 1988.
- [22] P. Fensham, «Time to Change Drivers for Scientific Literacy,» *Canadian Journal of Science*, 2002.
- [23] AAAS, «Science for all Americans,» AAAS, 1989. [En línea]. Available: <http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/chap14.htm>. [Último acceso: 2015].
- [24] OECD, «Draft PISA 2015 Science Framework,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Science%20Framework%20.pdf>. [Último acceso: mayo 2015].
- [25] P. Fensham, «Engagement with Science: An international issue that goes beyond knowledge,» 2004. [En línea]. Available: <http://www.dcu.ie/smec/plenary/Fensham,%20Peter.pdf>. [Último acceso: 2015].
- [26] F. Cajiao, «Revista Razón Pública,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.razonpublica.com/index.php/econom%C3%ADa-y-sociedad/8404-el-%E2%80%9Csistema%E2%80%9D-educativo-que-no-existe-en-colombia.html>. [Último acceso: 2015].
- [27] MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL, *Lineamientos Curriculares, Ciencias Sociales Y Ciencias Naturales*, Bogotá: consultado en <http://www.mineducacion.gov.co/1621/article-89869.html>, 1998.
- [28] M. A. Moreira, «¿AL FINAL, QUÉ ES APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO?,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/alfinal.pdf>. [Último acceso: 2015].
- [29] I. A. Halloun y D. Hestenes, «The initial knowledge state of college,» *American Journal of Physics*, vol. 11, nº 53, p. 1043, 1985.
- [30] A. P. Jeff Cain, «Using Facebook as an Informal Learning Environment,» *American Journal Pharmaceutics Education*, 2011.
- [31] D. Hestenes, G. Swackhamer y M. Wells, «Force Concept Inventory,» *The physics*

- teacher*, vol. 30, nº 3, pp. 141-158, 1992.
- [32] D. Hestenes, «ASU Modeling Instruction & MNS Degree Programs: legacy site,» Arizona University, 2010. [En línea]. Available: http://modeling.asu.edu/R&E/FCI-RevisedTable-II_2010.pdf. [Último acceso: 2015].
- [33] P. Tipler y G. Mosca, *Physics for scientist and engineers*, New york: W. H. freeman, 2008.
- [34] American Institute of Physics, «High School Physics Textbooks, Resources and Teacher Resourcefulness,» *Focus on*, 2014.
- [35] M. Moreira, «CAMBIO CONCEPTUAL: ANÁLISIS CRÍTICO Y PROPUESTAS A LA LUZ DE LA TEORÍA DEL».
- [36] T. Solbes J., «La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química,» *Historia y epistemología de las ciencias*, vol. 14, nº 1, p. 103, 1996.
- [37] B. Olivera, «La lección innecesaria,» 2007. [En línea]. Available: <http://www.somedicyt.org.mx/medios/hemerobiblioteca-virtual.html?view=document&id=43:shamosbreve&catid=23:artic>. [Último acceso: 2016].
- [38] G. Galilei, A. De salvio y H. Crew, *Dialogues Concerning Two New Sciences*, New york: Mac Millan, 1914.
- [39] Aristotle, «Classics Archive On the heavens,» MIT, 2000. [En línea]. Available: <http://classics.mit.edu/Aristotle/heavens.2.ii.html>. [Último acceso: marzo 2015].
- [40] Aristoteles, «Classics Archive The physics,» MIT, 2000. [En línea]. Available: <http://classics.mit.edu/Aristotle/physics.html>. [Último acceso: abril 2015].
- [41] E. Posada Florez y R. Llinas, *Ciencia y educación para el desarrollo*, Bogotá: Carvajal, 1994.
- [42] A. B. Morales, «Grupo Federici,» 2004. [En línea]. Available: http://www.grupofederici.unal.edu.co/documentos/Rese_a_Lineamientos_ciencias.pdf. [Último acceso: marzo 2015].
- [43] J. H. Lienhard, «Engines of our ingenuity,» 1997. [En línea]. Available: <http://www.uh.edu/engines/epi166.htm>. [Último acceso: marzo 2015].