

**LA BICICULTURA COMO ELEMENTO ORGANIZADOR DE
EXPERIENCIAS ALREDEDOR DE LA ROTACIÓN: UNA
APROXIMACIÓN AL CONCEPTO DE MOMENTO ANGULAR PARA LA
CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIÓN SOBRE LA ESTABILIDAD DE LA
BICICLETA Y DE LA CULTURA CIUDADANA**

KEVIN CRISTOFER ROJAS SALAZAR

OMAR DANILO VARGAS GUTIERREZ

Director

MG. JOHN EDUARD BARRAGÁN

Trabajo de grado para optar por el título de Licenciado en Física

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

BOGOTA D.C.

2015

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
Departamento de Física



Tesis monográfica:

**LA BICICULTURA COMO ELEMENTO ORGANIZADOR DE
EXPERIENCIAS ALREDEDOR DE LA ROTACIÓN: UNA
APROXIMACIÓN AL CONCEPTO DE MOMENTO ANGULAR PARA LA
CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES SOBRE LA ESTABILIDAD DE
LA BICICLETA Y DE LA CULTURA CIUDADANA**

Autores

Kevin Cristofer Rojas Salazar
Omar Danilo Vargas Gutiérrez

Director

Mg. John Eduard Barragán

Bogotá, 2015

DEDICATORIAS

Dedicado este trabajo a mis padres Nelson Javier Rojas Patiño y Aidé Salazar Páez, a mi hermano Sebastián Andrés Rojas Salazar, a mi abuela Anabeiba Patiño de Rojas, y a mis buenos amigos John Jairo Briseño y Omar Danilo Vargas.

Kevin Cristofer Rojas Salazar

Dedico este trabajo a mis padres Omar Gustavo Vargas Santos y María Inés Gutiérrez Delgado, a mi hermana Sara Cristina Vargas, y a todas aquellas personas que contribuyeron y aportaron de manera significativa a la elaboración de este trabajo.


Omar Danilo Vargas Gutiérrez

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos este trabajo en especial a nuestro asesor John Eduar Barragán Parra, a Juan Carlos Bustos, a Rosita Pedreros, a Paula Salcedo Ávila, a todos nuestros compañeros de semestre, a nuestros jurados que ayudaron a nutrir este trabajo, y a todos aquellas personas especiales que nos acompañaron en este proceso de construcción profesional


Kevin Cristofer Rojas Salazar

Omar Danilo Vargas Gutiérrez

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Formación y transformación</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 5 de 100	

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	LA BICICULTURA COMO ELEMENTO ORGANIZADOR DE EXPERIENCIAS ALREDEDOR DE LA ROTACIÓN: UNA APROXIMACIÓN AL CONCEPTO DE MOMENTO ANGULAR PARA LA CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIÓN SOBRE LA ESTABILIDAD DE LA BICICLETA Y DE LA CULTURA CIUDADANA
Autor(es)	Rojas Salazar, Kevin Cristofer ; Vargas Gutiérrez, Omar Danilo
Director	Barragán Parra, John Edward
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2015. 100 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	BICICULTURA, ROTACIÓN, MOMENTO ANGULAR, BICICLETA, CULTURA CIUDADANA


2. Descripción
<p>Hoy en día vemos que la bicicleta se está volviendo una forma de vida, una cultura ciudadana que se está promoviendo por los gobiernos de varias ciudades latinoamericanas. Un claro ejemplo de este incentivo es la secretaria de movilidad de Bogotá que está trabajando con los programas “al colegio en bici” y “pedalea por Bogotá, que tienen como propósito una demostración concreta de cómo enfrentar el cambio climático y la segregación, mediante la articulación de transporte sostenible, derecho a la educación y convivencia ciudadana en el espacio público y las instituciones educativas. (Cortés, 2014)</p> <p>En ese orden de ideas, creemos pertinente que esta cultura en pro del desarrollo de las sociedades sostenibles, sea implementada en la escuela desde sus diferentes escenarios, que aparte de generar conciencia ciudadana en torno al uso de la bicicleta, podamos explicar a partir de fenómenos de rotación, específicamente el concepto de momento angular, siempre ligados a la idea de bicicultura.</p> <p>Ahora bien, para el desarrollo de este trabajo se estableció una relación entre la enseñanza de las ciencias y la bicicultura en diversos contextos y ambientes escolares, mostrando como se pueden genera espacios colectivos de enseñanza para los estudiantes como ciudadanos en formación, que construyen un pensamiento crítico sobre el papel de las ciencias y con la sociedad.</p>

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Formación y transformación</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 6 de 100	

Con la imagen que formamos de bicicultura, se posibilitó generar diversos espacios humanísticos de concientización, entendimiento, respeto y aceptación por el otro. Como la bicicleta en términos de la bicicultura significa una idea de *cambio y movimiento* (como veremos más adelante), también aporta un sentido de pertenencia por el medio ambiente y el respeto a sí mismos, idea que surge por medio del desarrollo histórico del *caballito de acero*, generando un movimiento que ha trasgredido clases sociales y se ha convertido a lo largo de la historia en un icono de una sociedad sustentable.

3. Fuentes

1. Ayala, M. (2002). De la mecánica a la actividad de organizar los fenómenos mecánicos: hacia la construcción de propuestas alternativas para la enseñanza de la mecánica. Bogotá, Colombia.
2. Ayala, M. M., Romero, Á., Malagón, J. F., Rodríguez, O., Aguilar, Y., & Garzón, M. (2008). *Los procesos de formalización y el papel de la experiencia en la construcción del conocimiento sobre los fenómenos físicos*. Bogotá, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional.
3. Bravo, P. (Ed.). (2015). *Biciosos*. Colombia, Bogotá, Colombia: Penguin random house.
4. Chaparro, C. I., Gonzales, J. F., Orozco, J. C., Pedreros, R. I., & Vallejo, J. I. (1996). *Introducción a la física de procesos desde una perspectiva fenomenológica*. Bogotá: El Fuego Azul.
5. Gonzáles Méndez, L. (2003). "LA BICICLETA EN EL LABORATORIO DE FÍSICA: UNA FORMA AMENA Y DIVERTIDA DE APRENDER". (A. R. On-line, Ed.) *Autodidacta: Revista De La Educación En Extremadura*, 48-61.
6. Hewitt, P. (2007). *Física conceptual*. México: Pearson.
7. Martí, J. (2012). Aprender ciencias en educación primaria. En J. Martí, *Aprender ciencias en educación primaria* (primera ed., pág. 164). Barcelona, España: GRAO.
8. Medina, M. (2008). *Interpretación física del tensor de inercia*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Formación de Profesores</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 7 de 100	

9. Navarro, P. (2010). *La ingeniería de la bicicleta*. Barcelona, España: Fundación ESTEYCO.

10. Schwartz, S., & Pollishuke, M. (1998). *Aprendizaje Activo. Una organización de la clase centrada en el alumnado*. Madrid, España: Editorial NARCEA S.A.

4. Contenidos


Capítulo 1: Nuestro punto de partida dio cuenta de cómo lo que llamamos “bicultura” puede fomentar el interés de pensar en el movimiento sustentable de una sociedad como los movimientos de la bicicleta, es decir, que implica pensar en los problemas de la física. En últimas, esto quiere decir, como se posibilita la enseñanza de la física a través del uso de la bicicleta, como Gonzales (2010) diría: “*la bicicleta es una forma alternativa y amena de enseñar física en los escenarios escolares*”, y además es un agente propicio para fomentar la bicultura.

Capítulo 2: En segundo lugar conociendo que en la bicicleta se presentan muchos fenómenos que dan cuenta de diversos conceptos y leyes, como la cinemática de rotación y traslación, la transformación de energía, las fuerzas de inercia y leyes físicas como leyes de Newton, por lo anterior nos centraremos en experiencias de rotación que se pueden construir con las ruedas de la bicicleta, debido a que hay un fenómeno que ha cautivado la mente de más de un físico: la rotación. Por medio de esta construcción fenomenológica nos aproximaremos al concepto de momento angular, de manera tal que permita dar cuenta en términos físicos la sustentabilidad de la bicicleta.

Capítulo 3: En este capítulo, destacamos el uso de la bicicleta y la idea de bicultura como medio que permite establecer un cambio en la enseñanza de la física y no como una “herramienta”, ya que a nuestro parecer, volveríamos a caer las escabrosas manos del uso de la bicicleta por necesidad, o simple vanidad, y la enseñanza de la física en términos memorísticos, instruccionales y absolutos que pone en riesgo la autonomía ciudadana y la construcción crítica del pensamiento científico.

5. Metodología

Como bien se ha dicho, dentro de la actividad científica escolar, los fundamentos teóricos están estrechamente relacionados con las actividades experimentales dentro del aula, así que al referirnos a las diferentes técnicas de enseñanza, Teniendo en cuenta que el estudiante es el centro del proceso de aprendizaje, la metodología propuesta para el desarrollo de la unidad que tienen como fundamentos:

 UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL <small>Formación de Profesores</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 8 de 100	

I. Cada tema debe desarrollarse partiendo de elementos intuitivos; con base en ellos, se iniciará un proceso de construcción hasta llegar a la formalización y conceptualización.

II. Para que el estudiante maneje adecuadamente nociones y conceptos, es necesario que éste interactúe de manera directa con los objetos, asociando su acción con la representación para formular, comparar, interpretar, observar, clasificar y sintetizar relaciones existentes a su alrededor.


III. Es importante dar libertad a los estudiantes para desarrollar su pensamiento; esto lo conduce a la construcción de sus nociones y operaciones mediante su acción personal.

IV. Las experiencias de aprendizaje deben enfocarse de tal forma que el estudiante descubra los conceptos propios del área y al mismo tiempo estos contribuyan a su formación integral.

Con esta metodología no se quiere determinar el rol específico del estudiante, solo se quiere determinar al estudiante como agente central del proceso de aprendizaje y el maestro como un agente investigador a la par del estudiante, teniendo en cuenta que la **participación activa del estos** es el eje central.

6. Conclusiones

1. Como eje fundamental del trabajo se desarrolló la idea de cambio por medio de la bicicleta, por tal razón la idea de cambio se contextualiza por medio de diferentes movimientos en términos culturales, científicos y generadores de una nueva idea acerca de la enseñanza de la física y las ciencias en general. Por tal motivo se resalta la importancia de la idea de bicicultura, ya que nos permitió abrir este nuevo mundo de posibilidades para dar cuenta del cambio cultural, científico y escolar.
2. Cabe rescatar estas ideas que emergieron de la bicicultura y ver como la bicicleta fue dinámica en términos de su ingeniería y como solo es estable su uso en la medida en que se dinamice e incentive la cultura de la bicicleta. En este orden de ideas la dinámica misma de la bicicleta aparece acorde andamos con ella y con esto, sea estable. Por lo anterior, resulta interesante interpretar este movimiento histórico y moverlo por medio de un punto fijo, que genere una rotación de la ciudadanía y la construcción del pensamiento crítico, y por qué no, en las ciencias, la enseñanza de las ciencias y la construcción del conocimiento científico escolar.
3. Por medio de la bicicultura se utilizó un componente fundamental de la bicicleta y en específico, un kit de ruedas, que generó diversas experiencias que permitieron caracterizar y ampliar la construcción fenomenológica de la rotación. Esta caracterización nos permitió formalizar los movimientos de rotación y la manera cómo podemos dar cuenta de la explicación del concepto de momento angular fundamentados en la idea de cambio. Este cambio visto desde el punto de vista de la física, permitió construir y organizar el concepto de

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Formación de Profesores</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 9 de 100	

momento angular de manera diferente a partir de las áreas que barre un radio-vector, de tal manera que ilustra la idea de momento angular para partículas que describen trayectorias lineales.

4. Llevamos al aula de clase una propuesta de aula basada en la construcción de experiencias por medio de la bicicleta para dar cuenta de la rotación de las ruedas y la fenomenología implícita en ella. Logrando contextualizar una forma diferente, según los resultados descritos en la sistematización, de abordar el tema de rotación por medio de experiencias biciculturales.

5. Esta nueva manera de pensar moviéndose en el mundo por medio de la bicicleta, tiene como consecuencia cambiar las dinámicas asociadas a la enseñanza de las ciencias, de las ciencias y este espacio propicio y generador de un cambio al pensamiento de manera crítica que fomenta la sustentabilidad de la ciudadanía. Por consiguiente se genera una propuesta para formalizar diversos fenómenos de las ciencias a través de la bicicleta y la idea de bicicultura.

Elaborado por:	Kevin Cristofer Rojas Salazar Omar Danilo Vargas Gutiérrez
Revisado por:	John Edward Barragán Parra

Fecha de elaboración del Resumen:	1	12	2015
--	---	----	------

Contenido

INTRODUCCIÓN	I
LAS BICI-SOCIEDADES Y LA SOSTENIBILIDAD.....	1
1.1 Consideraciones antes de ponernos a rodar	1
1.1.1 Subámonos en la bici y preparemos el primer pedalazo.....	4
1.2 Hora de andar en bici y fomentar la bicicultura: objetivos del trabajo.....	4
1.2.1 Objetivo específico	4
1.2.2 Objetivos específicos	5
1.3 Reinventemos el uso bicicleta: su estabilidad a través de la historia.....	5
1.4 Pongamos en marcha a la ciudadanía con la bicicleta	11
1.5 ¿Qué es la bicicultura?.....	12
1.5.1 Usemos las marchas de la bicicleta: Los actos biciculturales.....	13
1.6 Montemos en bicicleta al aula y a la comprensión de la física por actos biciculturales.....	14
BICICULTURA COMO ORGANIZADORA DE EXPERIENCIAS: IMPLICACIONES FÍSICAS DE LA BICICLETA	15
2.1 Equilibrio de la bicicleta en reposo y en movimiento: la rotación	16
2.2 Formalización del movimiento de rotación a partir de la rueda de bicicleta	19
2.3 causas que producen el movimiento de nuestra rueda:	23
2.3.1. El momento de una fuerza M , “par” o “torque” “ τ ”	23
2.3.2 Momento de inercia de la rueda de bicicleta	27
2.4 Momento angular de la rueda de la bicicleta.	28
2.5 La bicicultura y el momento angular: la ley de las áreas como descripción alterna del momento angular	32
2.6 Explicación alterna de momento angular de una rueda de bicicleta por medio de áreas....	34
LA BICICULTURA: UN SENTIDO CULTURAL EN LA ENSEÑANZA DE LOS FENÓMENOS DE ROTACIÓN.....	36
3.1 El sentido cultural de la enseñanza por medio de la bicicultura al conocer científico.	37
3.2 La bicicultura y su intención fenomenológica	38
3.2.1 Intención fenomenológica de la construcción del concepto de conservación del momento angular con la bicicleta por medio de la experiencia.....	39
3.3 La experiencia bicicultura y el uso de la bicicleta como ExD.....	40
3.3.1 El aprendizaje activo y los experimentos discrepantes.....	41

3.4 Relación del uso de la bicicleta con el currículo en el contexto colombiano	43
3.5 Construcción de actividades	45
3.6 Metodología	46
4. CONCLUSIONES	48
5. REFERENTES BIBLIOGRAFICOS.....	50
APÉNDICE A.....	52
LA BICICULTURA EN LA CLASE DE FÍSICA	52
(ACTIVIDADES DE SOCIALIZACIÓN).....	52
Conclusiones de la implementación.....	67
APENDICE C	69

INTRODUCCIÓN

La propuesta desarrollada por el profesor González (2002), ha sido llevada sólo al ámbito universitario y en su trabajo mostró los buenos resultados que obtuvo al explicar en una clase de ingeniería la conservación del momento angular para un sistema aislado con un artefacto tan simple como lo es una bicicleta: *“Es bien sabido que el que camina o pedalea tiene tiempo para poner sus pensamientos en orden, y los míos ese día se encaminaron a buscar cómo podría explicar de forma intuitiva el tema que tocaba”* (González, 2002). Él sugiere que a pesar de que la gran mayoría de universidades cuentan con buenos laboratorios, muchas veces las escuelas del tercer mundo carecen de este tipo de escenarios o de materiales necesarios para la experimentación, pero si pueden contar con alguna bicicleta en su entorno y diario vivir.

De lo anterior, en el marco colombiano, no queremos generalizar al decir que no tenemos laboratorios en los colegios colombianos, muchas veces los colegios tienen excelentes laboratorios y saben usarlos, pero desde nuestras experiencias vividas en las prácticas 1 y 2 durante nuestra formación académica universitaria, no se tuvo tal “privilegio”. Ahora bien, la intención no es el debate con relación a los recursos para hacer las experiencias prácticas, sino poner en detalle la posibilidad de enseñar física por medio de un artefacto el cual posibilita construir experiencias que dan cuenta de algunos fenómenos físicos.

Hoy en día vemos que la bicicleta se está volviendo una forma de vida, una cultura ciudadana que se está promoviendo por los gobiernos de varias ciudades latinoamericanas. Un claro ejemplo de este incentivo es la secretaria de movilidad de Bogotá que está trabajando con los programas “al colegio en bici” y “pedalea por Bogotá”, que tienen como propósito una demostración concreta de cómo enfrentar el cambio climático y la segregación, mediante la articulación de transporte sostenible, derecho a la educación y convivencia ciudadana en el espacio público y las instituciones educativas. (Cortés, 2014)

En ese orden de ideas, creemos pertinente que esta cultura en pro del desarrollo de las sociedades sostenibles, sea implementada en la escuela desde sus diferentes escenarios, que aparte de generar conciencia ciudadana en torno al uso de la bicicleta, podamos explicar a partir de fenómenos de rotación, específicamente el concepto de momento angular, siempre ligados a la idea de bicicultura.

Ahora bien, para el desarrollo de este trabajo se estableció una relación entre la enseñanza de las ciencias y la bicicultura en diversos contextos y ambientes escolares, mostrando como se

pueden genera espacios colectivos de enseñanza para los estudiantes como ciudadanos en formación, que construyen un pensamiento crítico sobre el papel de las ciencias y con la sociedad.

Con la imagen que formamos de bicicultura, se posibilitó generar diversos espacios humanísticos de concientización, entendimiento, respeto y aceptación por el otro. Como la bicicleta en términos de la bicicultura significa una idea de *cambio y movimiento* (como veremos más adelante), también aporta un sentido de pertenencia por el medio ambiente y el respeto a sí mismos, idea que surge por medio del desarrollo histórico del *caballito de acero*, generando un movimiento que ha trasgredido clases sociales y se ha convertido a lo largo de la historia en un icono de una sociedad sustentable.

Martha Nussbaum (2010), se centra en las humanidades y lo que llama el “espíritu de las humanidades” como aquello que tiene ese componente del pensamiento crítico y los desafíos a la imaginación, a la comprensión empática de una variedad de experiencias humanas y a la complejidad que caracteriza a nuestro mundo. Pero no solo son las humanidades, Nusbaum afirma que si se practica las ciencias de la manera más adecuada, se centra también en las capacidades del pensamiento crítico, el análisis lógico y la imaginación. En ese sentido las ciencias no serían un enemigo, sino más bien amiga de las humanidades.

Así que en primer lugar, nuestro punto de partida dio cuenta de cómo lo que llamamos “bicicultura” puede fomentar el interés de pensar en el movimiento sustentable de una sociedad como los movimientos de la bicicleta, es decir, que implica pensar en los problemas de la física. En últimas, esto quiere decir, como se posibilita la enseñanza de la física a través del uso de la bicicleta, como Gonzales (2010) diría: *"la bicicleta es una forma alternativa y amena de enseñar física en los escenarios escolares"*, y además es un agente propicio para fomentar la bicicultura.

En segundo lugar conociendo que en la bicicleta se presentan muchos fenómenos que dan cuenta de diversos conceptos y leyes, como la cinemática de rotación y traslación, la transformación de energía, las fuerzas de inercia y leyes físicas como leyes de Newton, por lo anterior nos centraremos en experiencias de rotación que se pueden construir con las ruedas de la bicicleta, debido a que hay un fenómeno que ha cautivado la mente de más de un físico: la rotación. Por medio de esta construcción fenomenológica nos aproximaremos al concepto de momento angular, de manera tal que permita dar cuanta en términos físicos la sustentabilidad de la bicicleta.

Finalmente, en el tercer capítulo, destacamos el uso de la bicicleta y la idea de bicicultura como medio que permite establecer un cambio en la enseñanza de la física y no como una

“herramienta”, ya que a nuestro parecer, volveríamos a caer las escabrosas manos del uso de la bicicleta por necesidad, o simple vanidad, y la enseñanza de la física en términos memorísticos, instruccionales y absolutos que pone en riesgo la autonomía ciudadana y la construcción crítica del pensamiento científico.

ANTECEDENTES

Sobre la fenomenología del momento angular (Artículo de revista) Francisco Malagón (2004).

En este trabajo se desarrolla una serie de experiencias y metodologías para hablar del concepto de momento angular; se hace una reconstrucción del concepto y se plantea una serie de experimentos que denotan la idea de la fenomenología del momento angular.

Los procesos de formalización y el papel de la experiencia en la construcción del conocimiento sobre los fenómenos físicos (Libro) María Mercedes Ayala, Ángel Enrique Romero, José Francisco Malagón, Luz Dary Rodríguez, Yirsén Aguilar, Marina Garzón (2004).

En este proyecto de investigación cooperativo, se procuró avanzar en la caracterización de las relaciones entre la física y la matemática y de los procesos de formalización involucrados en la organización de los fenómenos mecánicos, la investigación se centra, por una parte, en realizar una indagación conceptual respecto a los procesos involucrados en la configuración y cuantificación de las magnitudes involucradas en la caracterización de los fenómenos mecánicos (fuerza, esfuerzo, velocidad angular, momento angular, momento de inercia, presión) a través del estudio del movimiento de lo cual pone de manifiesto la problemática del proceso de formalización involucrado en la caracterización de este tipo de fenómenos.

De la mecánica a la actividad de organizar los fenómenos mecánicos: hacia la construcción de propuestas alternativas para la enseñanza de la mecánica (Estudio de investigación). María Mercedes Ayala (2002).

Teniendo en cuenta la importancia de incluir un enfoque dinámico en la enseñanza de la mecánica, se discute el papel que juega el momento angular fuera del ámbito de la mecánica y se examina como este concepto suele ser presentado en los textos de mecánica.

Interpretación física del tensor de inercia (Tesis) Mauricio Medina Gamba (2005)

En este trabajo de tesis, se realiza una descripción y una actualización de saberes acerca del tensor de inercia, se realiza una descripción cuantitativa del fenómeno y se realiza un planteamiento de momento de inercia y tensor de inercia.

The stability of the bicycle (artículo de revista) David E. H. Jones (1970)

En este trabajo se hace un estudio acerca de la estabilidad de la bicicleta y se expone una serie de actividades y experimentos realizados por el autor para denotar porque es estable la bicicleta, también hace un estudio acerca del efecto giroscópico presente en la fenomenología de la estabilización y sus consecuencias.

“La bicicleta en el laboratorio de física: una forma amena y divertida de aprender” (artículo de revista) Luis María González Méndez (2002).

En este artículo el autor plasma cómo es posible explicar física por medio de una bicicleta, primero hace un recorrido histórico de la bicicleta y después explica que fenómenos se presentan en la estabilidad de la bicicleta, realiza una serie de experimentos con esta misma y como esta idea (la de llevar la bicicleta al aula de clase), le ayudo a dar una clase de física más amena y a una comprensión menos abstracta del concepto de momento angular por sus estudiantes de ingeniería en la universidad de Extremadura.

A Review on Bicycle Dynamics and Rider Control L. Schwab, & J. P. Meijaard. (2013)

En este trabajo se exponen algunas reflexiones que se consideran “preliminares” en cuanto condicionan y determinan todas las propuestas que siguen sobre nuestro “comprender” y sobre nuestro “aprender”. De tal modo en el capítulo 1 se pone en evidencia la interacción entre las dimensiones, siempre presentes, de experiencia, lenguaje y conocimiento, según la dinámica base que constituye un punto de partida de todo proceso de comprensión y determina su desarrollo. Cabe aclarar que se dirige a enseñantes de primaria de la escuela elemental comprometidos en la planificación de actividades científicas.

CAPÍTULO 1

“CUANDO EL DÍA SE VUELVA OSCURO, CUANDO EL TRABAJO PAREZCA MONÓTONO, CUANDO RESULTE DIFÍCIL CONSERVAR LA ESPERANZA, SIEMPRE SUBE A UNA BICICLETA Y DATE UN PASEO POR LA CARRETERA, SIN PENSAR EN NADA MÁS” ARTHUR CONAN

LAS BICI-SOCIEDADES Y LA SOSTENIBILIDAD

1.1 Consideraciones antes de ponernos a rodar

Vivimos en un mundo que en la última década ha tenido cambios drásticos, y con esto, aparte de referimos al desarrollo que habla de avances científicos y tecnológicos, también hacemos énfasis en las numerosas dinámicas culturales, sociales y políticas que conquistan las diferentes sociedades. Por ejemplo, uno de estos cambios, está forjado a partir de las formas de vida y la rutina diaria de las personas, que han hecho de ciudades como Bogotá lugares que acumulan

mucho estrés, no solo por la falta de tiempo que se dan las personas a sí mismas, sino como se relacionan “unos con otros” y la manera “como vemos al otro”.

A nuestro razonar, esto tiene que ver con la importancia que se le da al sistema, en términos económicos, sociales, culturales y educativos que está al servicio de lo que es “rentable” y de manera angustiante, se evidencia la manera como los seres humanos dejan de ser seres humanos. Queremos decir con esto que se deja en el olvido la idea del “ser” y de poder “ser”. Aquí es donde ponemos en relieve la necesidad de un cambio, que sea inspirado a partir del movimiento que hoy en día es una coyuntura para la dinámica de las nuevas ciudades desarrolladas o en vía de desarrollo: el “boom de la bicicleta”.

A propósito de lo anterior, Nussbaum (2010) se centra en las humanidades y lo que llama el “espíritu de las humanidades” como aquello que tiene ese componente del pensamiento crítico y los desafíos a la imaginación, a la comprensión empática de una variedad de experiencias humanas y a la complejidad que caracteriza a nuestro mundo. En otras palabras, la filosofía, las artes, la música y otras áreas son parte de las humanidades, y dan cuenta de esa experiencia que despierta esa componente del pensamiento crítico. En este orden de ideas, podríamos decir que no solo son las humanidades las que pueden despertar el pensamiento crítico y los desafíos de la imaginación para caracterizar nuestro mundo, pues a pesar de que la educación científica no es la especialidad de Nussbaum, ella afirma que si se practica de la manera más adecuada, las ciencias también pueden centrarse en las capacidades del pensamiento crítico, el análisis lógico y la imaginación. En ese sentido las ciencias no serían enemigos, sino más bien amigas de las humanidades.

Los estados nacionales y sus sistemas de educación, sedientos de dinero, están descartando aptitudes necesarias para mantener viva la democracia y la manera como se forman los ciudadanos. Nusbaum pone en relieve una crisis en términos de la educación mundial, ya que se están formando maquinas altamente útiles y competitivas, en vez de ciudadanos cabales con capacidad para pensar por sí mismos y poseer una mirada crítica sobre las tradiciones y comprender la importancia de los logros y de los sufrimientos ajenos (Nusbaum, 2010).

Por lo anterior, Nusbaum nos muestra que el enfoque del sistema a la educación y algunas políticas educativas, como veremos más adelante, tienen un pensamiento anti-humanista debido a que prima lo “rentable”, fundamento que nos replantea la idea de generar un cambio en esta forma de concebir el mundo. Así que entrando en un juego de palabras, este cambio podría comenzar con la idea de bicicleta como eje fundamental del cual giraría las diferentes dinámicas sociales, culturales, políticas, tecnológicas y educativas, por tanto: “Dejemos de estresarnos

usando sistemas de movimientos motorizados, mejor vamos en bici”, y porque no, vamos en “bici a la clase de ciencias”.

Esta manera de pensar moviéndose en el mundo por medio de la bicicleta, tiene como consecuencia cambiar las dinámicas asociadas a la enseñanza de las ciencias. En el caso concreto la enseñanza de la mecánica clásica cobra interés por el lugar que se le asigna en la enseñanza de la física (Ayala M. , 2002), es como si no se encontrase en movimiento con una bicicleta. De acuerdo a esta problemática se le da una importancia a la enseñanza de la física y de la mecánica en términos newtonianos.

Si se tiene en cuenta los logros que se quieren alcanzar según plantea las políticas educativas, es claro que esta teoría de la mecánica impide el abordaje de ciertas problemáticas y enfoques en la estructuración de los fenómenos mecánicos, y con ello la formación de ciertos esquemas, como diría Ayala y otros (2008, pág.73):

“Cuando los cuerpos giran, éstos presentan un comportamiento extraño no sólo para el sentido común, sino para lo que podríamos llamar el sentido newtoniano (el sentido desarrollado por quienes han asimilado el esquema newtoniano para la explicación de los fenómenos mecánicos); en torno a este comportamiento se tiene muy poca experiencia y se podría afirmar que estos fenómenos se diferencian de otros fenómenos mecánicos con relación a los cuales la intuición nos funciona muy bien y casi siempre pasa lo que va a pasar”

Se tiene que indagar sobre diversas formas de abordar el problema de la física por medio de la bicicleta, con el ánimo de generar una propuesta didáctica de organización de los fenómenos mecánicos, y específicamente con la rotación de la rueda de la bicicleta, acorde con esta forma de ver la enseñanza de la física y de las ciencias (Ayala M. , 2002).

Razón por la que creemos pertinente establecer una relación entre la enseñanza de las ciencias y la bicicultura (término que definiremos en líneas posteriores) en diversos contextos, para así dar cuenta de cómo se posibilita enseñar el concepto de momento angular de manera descentralizada, es decir, desde la escuela como parte de la ciudad y los estudiantes como ciudadanos en formación, que construyen un pensamiento crítico sobre las ciencias.

1.1.1 Subámonos en la bici y preparemos el primer pedalazo.

En este punto, teniendo en cuenta la importancia de incluir un enfoque dinámico de la bicicleta y de los misterios de esta en el aula, como abordaremos en el capítulo 3, surgen algunas preguntas que orientan la trayectoria y rumbo que tomara este trabajo. En primer lugar se puede indagar ¿cómo construir y ampliar experiencias que den cuenta de la comprensión de la sustentabilidad de la bicicleta a través del estudio del momento angular en espacios académicos como aulas, museos y entre otros?

Para entender mejor esta pregunta, primero entendamos que denominaremos como sustentabilidad, compartiendo la idea de Guerrero (2015) la sustentabilidad o sostenibilidad: *“es un término que se puede utilizar en diferentes contextos, pero en general se refiere a la cualidad de poderse mantener por sí mismo, sin ayuda exterior y sin agotar los recursos disponibles”*. Como vemos, esta definición se acomoda tanto a los contextos sociales como culturales que tienen como eje la sustentabilidad ambiental.

Pero hablando en términos físicos, también podemos decir que la sostenibilidad es aquello que implícitamente hace una bicicleta estable. Como consecuencia de esto, surge otra pregunta orientadora: ¿cómo una bicicleta es estable?, esto tiene mucho que ver con esta nueva forma de pensar el mundo y los misterios de la bicicleta, como veremos más adelante, pues en teoría, una bicicleta que no presenta movimiento no es estable y como afirma Sánchez (1988), se necesita como mínimo un punto extra de apoyo para no perder el equilibrio.

La situación problemática que se plantea arriba, se mueve respecto a un punto fijo, es decir, un eje que organiza los procesos de conocimiento en el aula y los orienta de manera circular gracias a la perspectiva de análisis de la bicicleta, que es la responsable en últimas de esta nueva ordenación. Así que comenzaremos explicando las dinámicas sociales actuales e históricas de la bicicleta y de cómo se puede construir un concepto de cultural que gire alrededor del uso de esta, justificados en su sustentabilidad, que por tanto permita estructurar una manera de concebir por medio de experiencias, el mundo y cómo nos movemos en él.

1.2 Hora de andar en bici y fomentar la bicicultura: objetivos del trabajo

1.2.1 Objetivo específico

Organizar experiencias alrededor de los fenómenos de rotación por medio de la bicicultura de manera que permita construir una aproximación al concepto de momento angular para la construcción de explicaciones sobre la estabilidad de la bicicleta y de la cultura ciudadana a través de la idea de cambio.

1.2.2 Objetivos específicos

Construir la idea de bicicultura para que a través de la bicicleta se posibilite generar la idea de cambio en las diversas dinámicas sociales, educativas, culturales y políticas.

Realizar una construcción fenomenológica de fenómenos de rotación por medio del uso de la bicicleta, para aproximarse al concepto de momento angular a través de la idea de cambio.

Construir la fenomenología del concepto de momento angular a partir de ciertas experiencias de rotación con el kit de rotación para estudiantes de grado undécimo de modo tal que se fomente la

Destacar el uso de la bicicleta y la idea de bicicultura como medio que permite establecer un cambio en la enseñanza de la física y no como una “herramienta” o instrumento de laboratorio

1.3 Reinventemos el uso bicicleta: su estabilidad a través de la historia.

Con la capacidad intelectual y en el transcurso evolutivo, el hombre ha inventado diferentes aparatos que le faciliten su modo de vida para ahorrar tiempo y ganar eficacia. Con la bicicleta pasa algo parecido *"es obvio que el hombre no está hecho para ir en bici sino que ha hecho las bicis para ir en ellas"* (Bravo, 2015, Pág. 18). Haciendo de esta idea un hecho tardío, pues el cerebro humano encontró soluciones para la movilidad mucho antes que la bicicleta, pues puso a trabajar los caballos, las vacas, bueyes, mulas; invento las máquinas de vapor y otro tipo de motores, fletó trenes, barcos y hasta submarinos antes que esta.

Si hablamos de la bicicleta en su forma actual podemos decir que es un invento relativamente reciente, pero con una larga trayectoria; de hecho, la historiografía recoge referencias a artilugios más o menos semejantes a nuestra bicicleta en las civilizaciones antiguas de Egipto y China (Morales, 2011). Sin embargo, el concepto de esta máquina tuvo trascendencia aparentemente gracias a un genio del renacimiento, el italiano Leonardo Da Vinci. Este gran inventor y científico, según Morales (2011), concibió con todo detalle la bicicleta que hoy nos es tan familiar.

Como vemos en la Figura 1.0 y la Figura 1.1, se muestran los planos y bocetos de Da Vinci, con cada uno de los elementos fundamentales que componen una cicla, entre los que se pueden detallar pedales, tracción en la rueda trasera, cadena, ruedas con radios, sillón, cuadro y la dirección. Cuyos bocetos se puede contemplar en el CODEX ATLANTICUS que data de 1490.

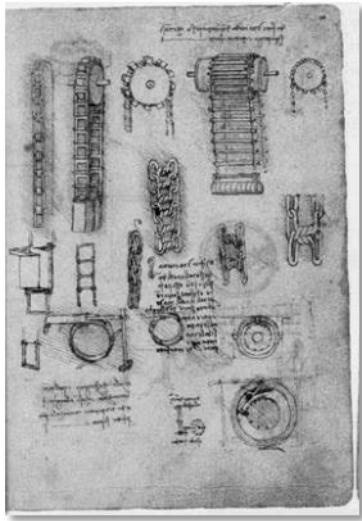


Figura 1.0. Boceto No. 132 del Codex Atlanticus de Da Vinci, 1490.



Figura 1.1. Boceto No. 133 del Codex Atlanticus Da Vinci, 1490.

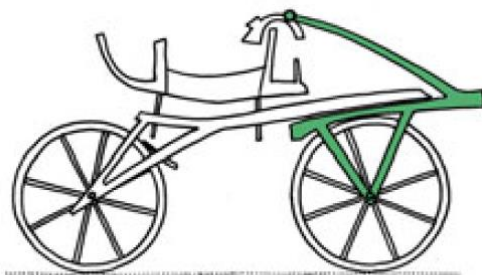
A pesar de la antigüedad del diseño encontrado en el CODEX ATLANTICUS, no fue hasta 1997 que el Dr. Hans-Erhard Lessing puso en duda la autenticidad del diseño, ya que comparando la figura 1.0 con la figura 1.1, vemos el poco detalle con el que fue trabajado este último. Un estudio detallado demostró que el dibujo (Figura 1.1) que aparece en el código era una falsificación añadida después de su restauración en los años 60, más precisamente entre 1967 y 1974 (Navarro y otros, 2010, pág. 20). Falsificación hecha al parecer, con la intención de atribuir la invención de la bicicleta a los franceses y no a los alemanes, sin embargo ha sido un tema poco divulgado e incluso muchos museos tiene réplicas de este boceto, pero bien no entraremos en detalles.

Por tanto encontramos que los registros más veraces de una bicicleta aparecen por primera vez en 1817. El barón Karl Von Drais, que después de numerosos intentos fallidos tratando de crear vehículos con cuatro ruedas, decide replantearse la idea de trabajar moviendo palancas y transmisores de las ruedas de un pesado carro, cosa que tenía claras desventajas con relación al servicio prestado por los caballos, decidiendo trabajar solo con dos ruedas, según Navarro y otros (2010, pág. 23), “Intuyó que el movimiento más efectivo y práctico que el hombre podía ejercer para auto-transportarse, era hacer el mismo que los caballos; es decir, correr, pero no correr de cualquier manera, sino correr asistido por una máquina con dos ruedas.”

Su invención se debe a la idea de que una persona al caminar no aprovecha toda la fuerza que produce su desplazamiento al tener que alternar su peso de un pie al otro, subiendo y bajando su centro de masa. Pero con este invento, al estar sentado el jinete, su altura permanece constante, por lo que se entreveía que con un menor esfuerzo de propulsión se conseguía un movimiento más rápido, que el generado con la misma fuerza que corriendo a pie. Navarro y otros (2010, pág. 24) destaca que el barón en la práctica percibió que *“cuesta arriba conseguía una velocidad equiparable a la de un hombre caminando a paso ligero. En llano conseguía una velocidad similar a la de un carro y cuesta abajo, ligeramente más rápido que un caballo al galope.”* Dando paso a lo que llamo la máquina de correr o “Draisiana”.

El Barón se apoyó en dos ideas para la construcción de la draisiana, la primera fue la de adaptar dos llantas, una delante de la otra, unidas por un bastidor a una distancia que equivalía a la de una zancada de una persona normal (Figura 1.2), ya que suponía que esta distancia era la necesaria para conseguir estabilidad, cuyo equivalente concibió al observar las zancadas que da una persona al correr. Y la segunda idea, fue la de poner llantas con radios de 70 cm de diámetro para que se adaptara a la ergonomía del corredor ya que era al altura propicia entre la entrepierna del jinete y el suelo. (Navarro y otros, 2010)

Como vemos en la figura 1.3, la draisiana en estado de reposo tenía cuatro puntos de apoyo, dos pies y dos ruedas, y una vez en movimiento 2/3 puntos, dos ruedas y un pie que se alternaba, es decir que esta era estable en todo momento. Pero este problema de la estabilidad estaba parcialmente solucionado, pues esta solamente andaba perfecto en terrenos “lisos” y las carreteras de “la época” eran más parecidas a trochas desniveladas; así que durante los recorridos de varios metros, se hacía difícil mantener el equilibrio y la única forma de lograrlo, era conseguir lograr variar la dirección adecuadamente para compensar las acciones de las fuerzas desequilibrantes provocadas por el terreno. (Navarro y otros, 2010)



DRAISIANA
Barón Drais von Sauerbronn, Francia, 1817

Figura 1.2. Navarro y otros, 2010, pág. 24



Figura 1.3. Navarro y otros, 2010, pág. 23

Este mecanismo se hizo necesario, ya que directamente con la experiencia de correr con la draisiana se hacía imposible un progreso constante, pues los caminos eran zigzagueados y parecía poco óptimo parar para girar el artefacto y comenzar de nuevo. Según cuenta Navarro y otros (2010, pág. 24):

“Esta forma de conducción le debió parecer al barón inadmisibles puesto que las ventajas iniciales conseguidas por el aumento de la distancia recorrida en cada zancada se perdían de golpe, pues el pie y el cuerpo debían hacer continuos extraños para corregir los desequilibrios permanentes. Por tanto, el mecanismo de dirección nació para poder dar continuidad y fluidez al movimiento generado por las zancadas, convirtiendo la experiencia de desplazarse en la “draisiana” en algo efectivo y agradable.”

Y con esta mejora, andar en línea recta tampoco era un desafío, pues bastaba con hacer micro giros de izquierda a derecha para compensar la naturaleza equilibrante y su forma lineal hacía frente a los caminos deformes permitiendo esquivar baches y charcos de las carreteras por las cuales circulaban los carros (carruajes). Pero el invento no tuvo muy buena acogida, pues en cierto modo su diseño era peligroso y su valor económico elevado. Funcionando así como entretenimiento de las clases nobles de las sociedades europeas y no como máquina de transporte.

Fue hasta el año de 1839 donde el herrero escocés Kirpatrick McMillan, tal vez inspirado en las bielas de la máquina de vapor de Stephenson, adaptó un cigüeñal en el eje de la rueda delantera, que conectaba por medio de dos barras horizontales que a su vez colgaban del bastidor a las piernas del ciclista. Aunque McMillan no se preocupó por difundir su invento, tiempo después Thomas McCall retomó su diseño y en el año de 1860 lo bautizó como bicicleta.

El siguiente gran paso que dio el desarrollo a la comercialización de la bicicleta fue en manos del inglés James Starley. Él, que era un inventor innato, trabajaba como mecánico en una fábrica de máquinas de coser. Tiempo después, la fábrica sufrió pérdidas por la escasa venta de máquinas, por lo que sus dueños decidieron fabricar bicicletas. Una de estas bicicletas cayó en manos de Starley quien rediseñó y construyó un nuevo prototipo revolucionario de bicicleta que mezclaba ergonomía, comodidad, diseño y rapidez, llamada el velocípedo de rueda alta “Ariel” (figura 1.4), llegando a costar cerca de 6 millones de pesos colombianos actuales.



Figura 1.4. Navarro y otros, 2010, pág. 31

El velocípedo de rueda alta “Ariel”, como su nombre lo indica constaba de una rueda delantera de 1,28 metros de diámetro, algo que permitía avanzar a mayor velocidad, ya que con una pedaleada se podía avanzar hasta 3.93 metros. Para lograr construir una rueda de tanto diámetro, se hizo necesario dejar la madera de lado y hacer los radios de un alambre tenso, y en el año de 1890 se le incorporaron los pedales adaptables a la altura del ciclista, los frenos de fricción y las llantas de goma haciéndola más ligera y refinada.

Su principal problema fueron las caídas, debido a que llevar el centro de gravedad tan alto y adelantado ocasionaba que hasta la más pequeña piedra lanzara el ciclista hacia el piso, causándole graves daños; circunstancia que obligo a las autoridades a prohibir su circulación. A pesar de todo esto la “Ariel” era sinónimo de riqueza y poder pues no cualquiera podía acceder a ella, como bien diría Navarro y otros (2010, pág. 31).

“Fue considerado un vehículo que otorgaba prestigio social, algo similar a nuestros actuales coches deportivos. Eran distinguidos, estaban de moda y eran muy utilizados por los snobs. La conducción sobre-elevada los hacía muy visibles y llamativos, con un gran desarrollo en los detalles con los últimos avances tecnológicos en frenos, asientos de seguridad, bujes con cojinetes de bolas, bocinas, pedales regulables, lámparas nocturnas, entre otras...”

Más adelante Starley ideó un sistema de engranajes que le permitía doblar el número de revoluciones, pero esto provocó un aumento del precio en el 50%, lo cual no era muy óptimo, lo que si tenía claro era que se hacía necesario disminuir el radio de la rueda delantera recuperando una posición más estable y segura, pero al hacerlo perdía eficacia en la transmisión de los pedales y en el área recorrida.

Fue hasta el año de 1885 cuando el sobrino de James Starley, el londinense John Kemp Starley, patentó la “Rover Safety Bicycle”, cuyo prototipo es algo más allegado al de la bicicleta como la conocemos hoy en día. Kemp y un compañero, ya con la invención patentada de la cadena y el invento de James Starley, se dieron cuenta de que podía hacer la bicicleta más estable dejando ambas ruedas del mismo tamaño, como sus antecesores, ya que la tracción de la cadena no estaba ligada al tamaño de la llanta y por tanto permitía avanzar poco menos que la misma distancia que la Ariel pero con menor esfuerzo.

En sus pruebas no solo demostraron que era segura, también observó que al dejar la manivela quieta, la bicicleta era estable. E irónicamente la decidió llamarla “*Rover Safety Bicycle*” o bicicleta segura (figura 1.5), ya que a diferencia de la “Ariel” las caídas debidas a la altura no eran problema.



Figura 1.5. Navarro y otros, 2010. Pág. 33

La Rover se convirtió en el boom de la época por su acogida y sus características, este invento revolucionó el transporte personal y más aún, debido a su ergonomía y diseño económico y rentable, traspasó clases sociales y géneros. Su éxito tuvo valor agregado gracias al invento de las ruedas inflables patentadas en 1888 por John Boyd Dunlop.

Su época se conoció como “*la edad de oro de la bicicleta*”. El entusiasmo que despertó esta entre la clase media urbana y la alta sociedad, provocó que el boom recibiese también el nombre de “locura” o “manía” velocipédica (Izquierdo y Gómez, 2001 citado de morales, 2011).

Desde entonces la bicicleta ha venido afrontando diversos *cambios*, como se puede ver en la figura 1.6, la bicicleta paso de ser un juguete a toda una obra de ingeniería con una herencia que se fortalece con el pasar de las décadas. Desde los pedales hasta las bicicletas de montaña o de cambios, ha tomado formas extrañas para ajustarse siempre a las personas y a la sociedad.

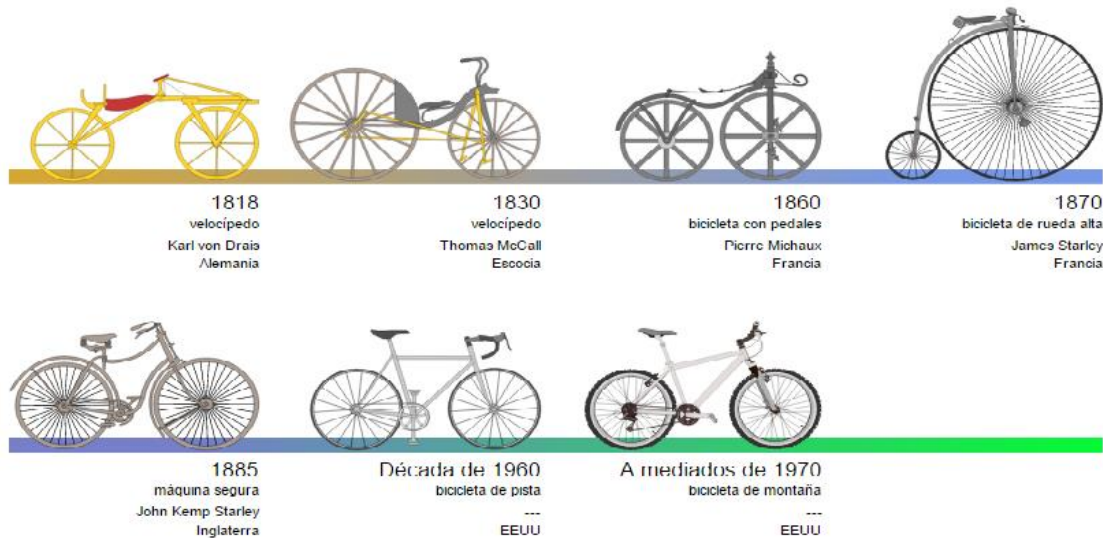


Figura 1.6. Colaboradores de Wikipedia, 2015

Pero promover el uso de la bicicleta no fue siempre una prioridad en términos de movilidad, es decir, con la aparición del coche su uso quedó degradado y no fue hasta 1930 y 1940 donde hubo una reaparición importante de esta debido a escases del petróleo causada por la Segunda Guerra Mundial. En este periodo, la población europea y americana empezó a hacer de nuevo uso de la bicicleta. Y en los 70's, de nuevo la escases petrolera provocó un colapso en la movilidad mucho más grande que en las anteriores décadas, llevando a las sociedades europeas a organizar ciudades aptas para la movilidad en bicicletas. (Latorre, 2002 citado de morales 2011).

Así que cabe rescatar estas ideas y ver como la bicicleta fue dinámica en términos de su ingeniería y como solo es estable su uso en la medida en que se dinamice e incentive la cultura de la bicicleta. En este orden de ideas la dinámica misma de la bicicleta aparece en la medida en que andamos con ella y con esto, sea estable. Por lo anterior, resulta interesante interpretar este movimiento histórico y “Articularlo alrededor de un punto fijo”, que genere una rotación (cambio) de la ciudadanía y la construcción pensamiento crítico, y por qué no, en las ciencias, la enseñanza de las ciencias y la construcción del conocimiento científico escolar.

1.4 Pongamos en marcha a la ciudadanía con la bicicleta

Ahora las formas de vida y la rutina diaria han hecho de ciudades como Bogotá, lugares que acumulan mucho estrés, en su mayoría provocado por la falta de tiempo que se puede dedicar el ser a sí mismo, causado por las dificultades que se presentan en la movilidad dentro de la ciudad. Los medios de transporte no siempre han venido siendo los más óptimos o rentables; pero aun así

las personas dan por sentado que esto cambiara, ya que vendrán nuevas tecnologías que reemplazaran a estas que hoy son poco funcionales.

Por esto pensar que movilizarse en bicicleta es rudimentario y se suele asociar que las personas que viajan en bicicleta son aquellas que no tienen los suficientes recursos económicos para pagar un pasaje, como bien afirmaría Horta (2010) “*En América Latina aún persiste la imagen de la bicicleta como juguete de niños y transporte de pobres.*”, o inclusive se tiene la idea de que una bicicleta no es lo suficientemente eficiente como si lo es un vehículo motorizado.

Pero esta imagen de la bicicleta ha venido cambiando ligeramente en los últimos años, cada vez vemos más jóvenes movilizándose en cicla, o haciendo trucos en las calles y con vestimentas atípicas siempre asociadas a las modas vanguardistas, gente que comúnmente se ve rara y siempre anda en bicicleta con sus amigos intentando diferenciarse de los demás, donde estos mismos se denominan como una subcultura inmersa en la sociedad moderna.

Según Horta (2010), estas mismas “subculturas” se han encargado de “dignificar” el uso de la bicicleta, y tal vez inconscientemente promueven su uso. Así que montar bicicleta no se hace exclusivamente de jóvenes, ahora más que nunca se ve en las calles personas con una cicla independientemente de la edad, ya que la gente se ha dado cuenta que esta forma de movilidad puede hacer rendir más su tesoro máspreciado, el tiempo. Así que inconscientemente todo aquel que monte cicla es un promotor de la bicicultura.

1.5 ¿Qué es la bicicultura?

El término bicicultura no es algo muy familiar, pero es comprensible; por un lado analizando simplemente las palabras podemos decir que se trata de la cultura que hay en torno a la bicicleta, pero para la Directora del Centro de bicicultura en Chile, que es el organismo encargado de promover el uso adecuado de la bicicleta, es algo más profundo, ella afirma que:

“La bicicultura es una nueva expresión del Humanismo, de la cultura del amor y del respeto por el ser humano, la vida y la naturaleza, que surge cada vez con más fuerza y partidarios ante los desafíos civilizatorios que interpelan hoy a la humanidad, con una propuesta y una utopía posible: reorganizar las ciudades, redistribuir el principal espacio público urbano , el espacio vial, de forma más justa e integradora, ya no más en función de máquinas a petróleo u otras fuentes energéticas contaminantes y no renovables, sino en función del ser humano y su

felicidad, buscando potenciar de todas las formas posibles la movilidad autónoma, libre, sana y sustentable, la movilidad a energía metabólica humana, para bienestar y felicidad de todos“ (Horta, 2010)

Para nosotros la bicicultura entonces es un medio que genera diversos espacios humanísticos de concientización, entendimiento y respeto por el otro. Aparte también aporta sentido de pertenencia por el medio ambiente y el respeto a sí mismos por medio del ejercicio. Un movimiento que ha trasgredido clases sociales y se ha convertido a lo largo de la historia en un icono de una sociedad sustentable.

Pedro Bravo resalta que los cambios en materia de movilidad, y específicamente el uso de la bicicleta como medio de transporte habitual, es uno de los principales síntomas de ese cambio, y quizás, el más singular y positivo a nuestro parecer (Bravo, 2015) .Ya que en muchas ciudades (la cual no se escapa la capital colombiana) el uso de la bicicleta no es nada extraño, es como ir caminando o ir en autobús. La bicicleta no solo se usa porque está de moda, sino porque se vuelve práctico y conveniente para sus intereses, diferente que cualquier otro medio de transporte.

1.5.1 Usemos las marchas de la bicicleta: Los actos biciculturales

El uso de la bicicleta, en términos de la bicicultura, no solo fomenta el deporte, la vida sana y el transporte público eficiente; tampoco cabe en nuestro pensamiento, según líneas anteriores, su uso como una “herramienta” para la enseñanza de la física, ya que a nuestro parecer, volveríamos a caer de nuevo en esta forma lineal y sin sentido del uso de la bicicleta por necesidad, o simple vanidad, y la enseñanza de la física en términos memorísticos, instruccionales y absolutos que pone en riesgo este pequeño impulso, que si bien parte del mismo punto, permite dar un giro ya que posee un eje fundamental que es la bicicultura. Así que estos cambios puestos en estos términos, aseguran la autonomía ciudadana y la construcción del pensamiento científico.

Es por esto que desde nuestra investigación sobre la historia de la bicicleta, hemos visto cómo las dinámicas culturales han cambiado a lo largo de los años, y cómo los sujetos se ven influenciados por su entorno y los movimientos sociales. Debido a esto queremos apoyarnos en la bicicleta como la generadora de movimientos y formas de pensar el mundo desde una perspectiva crítica, llamando a esto: Actos Biciculturales.

Ya que el número de bici-usuarios es cada vez más numeroso, y así mismo las experiencias directas de la bicicleta con la gente, que se están volviendo más comunes y frecuentes. Esta

situación particular será la más ideal para comenzar a usarla como eje fundamental otro tipo de ambientes.

Ahora bien, hoy en día como alternativa a las diferentes dinámicas sociales, culturales y más aún en el contexto educativo, se está a favor de crear una cultura de la bicicleta desde los primeros encuentros con la escuela, ya que actualmente, cualquier niño dependiendo de las circunstancias de vida, es posible que tenga acceso una bicicleta y con ello un instrumento para comenzar a educarse (Gonzales, 2010).

La bicicleta debe entenderse como un medio que contribuya a la formación integral del individuo y con esto no queremos alejar la idea de educación con la de hacer deporte, o la usar la bicicleta como medio de transporte, sino hacer un trabajo continuo, donde está, contribuya a la formación de este; no se trata de eliminar el deporte de la educación sino de educar a través del deporte (Aguilar, 2008, citado de Morales, 2011).

1.6 Montemos en bicicleta al aula y a la comprensión de la física por actos biculturales

¿A qué se debe que haya un interés en usar una bicicleta en el aula? la mayor parte de la población conoce una e inclusive muchos tienen una, además se hace muy fácil traer una al ambiente escolar con el fin de promover tanto los laboratorios de física como innovar en el aula. Pero no conformes con la mera explicación de los conceptos, se quiere que el estudiante conozca más aspectos de la bicicleta, y pueda usar este conocimiento de la física, como un conocimiento cultural que pueda enriquecer sus percepciones y la de los demás.

En el proceso de enseñanza-aprendizaje se requiere de estrategias didácticas por parte del docente que posibilite el acercamiento de los estudiantes al conocimiento, de manera que se genere un contexto apropiado en el cual estos puedan elaborar sus propios conocimientos, estrategias que posiblemente pueden ser dados de una forma amena por medio de la bicicleta.

Es por esto se realizó una recopilación social, cultural e histórica, para recoger aquellos aspectos que están marcados desde la sustentabilidad de las sociedades, la cultura y la bicicleta. Ya que la idea de que una bicicleta pueda ser estable se mezcla con la idea de sustentabilidad. Destacando que dentro de los movimientos que puede tener la bicicleta y el ciclista en la ciudad, la rotación de la rueda y la translación del ciclista van siempre de la mano. Por tanto, en los siguientes capítulos nos ocuparemos de la analizar el problema de la rotación (específicamente tratando el problema por parte de las ruedas) y cómo abordar estos problemas con el uso de la bicicleta, ameniza la enseñanza.

CAPÍTULO 2

“SI TE PREOCUPA CAERTE DE LA BICICLETA,
NUNCA TE SUBIRÁS” LANCE ARMSTRONG

BICICULTURA COMO ORGANIZADORA DE EXPERIENCIAS: IMPLICACIONES FÍSICAS DE LA BICICLETA

Al montar en bicicleta, es posible que dejemos en el olvido el hecho de poder andar en ella sin caernos al suelo, al parecer extraño comportamiento pero que en últimas no es tan extraño. Así no seamos muy expertos en trepar el “caballito de acero”, cabe decir que por lo menos hemos visto a alguien más hacerlo, y casi que con absoluta firmeza podríamos decir que la bici y el ciclista no se caen en la medida que ésta se encuentre en movimiento.

Este movimiento se asocia a un movimiento roto-translatorio, y según el teorema de charles implica una combinación de movimientos: de rotación y de translación (Ortega, 2009, pág. 589).

En este punto es prudente mencionar que el movimiento de interés y que desarrollaremos, el cual nos ha cautivado, es el movimiento de rotación.

2.1 Equilibrio de la bicicleta en reposo y en movimiento: la rotación

Al ver la bicicleta en movimiento podemos dar cuenta varias formas de movimiento que implican rotación, no solo en la bicicleta sino también en su conductor. Por ejemplo, el hecho de mover las piernas, manos, la cabeza o el simple hecho de hablar, son sucesos que implican rotación. En la bici estos tipos de movimiento están presentes en los pedales, el manubrio, bielas, cadenilla, platos, piñones, pacha y claro, *las ruedas* mismas.

La profesora María Mercedes da cuenta de comportamientos muy extraños que presentan los cuerpos al rotar, propiedades que adquieren y que pueden ser contra-intuitivos para el sentido común. Decantemos un poco nuestra bici en consideración y ahora miremos únicamente las ruedas de la bici. Esto no quiere decir que deje de ser importante la bicicleta, pero así como en el electromagnetismo, hacer varias experiencias con las ruedas nos permite construir o desarrollar una fenomenología de la rotación que permita iniciar su organización, estructuración y análisis (Ayala 2008, pag 76).



Figura 2.1 equilibrio de una rueda de bicicleta efectuando un movimiento roto-translationario en diversos instantes de tiempo.

Al poner la rueda en un movimiento roto-translationario por el suelo como se ilustra en la figura 2.1, ésta seguirá en equilibrio sin caerse durante una buena fracción de tiempo, hasta que por factores externos como la fricción, hacen que disminuya gradualmente su movimiento a tal punto que esta cae.

En contraste, Si pusiéramos la rueda en las mismas condiciones pero sin que presente giro alguno, esta rueda se iría al suelo tan pronto la soltemos. Por tal motivo se puede deducir que el movimiento propio de la rueda que despierta nuestro interés, es el que concierne a la rotación propia de la rueda.



Figura 2.2. Equilibrio de una rueda de bicicleta cuando no se encuentra en movimiento. En el primer diagrama se pone sobre el suelo; en el segundo diagrama se ve cuando cae súbitamente al suelo.

Aparte de ver comportamientos extraños en nuestra rueda cuando está en movimiento de rotación, también podemos experimentar estos efectos de otra manera. Cuando se hace girar una rueda que tenga instaladas unas pisaderas, al cogerla con las manos (ver fig. 2.3), podemos sentir que es difícil cambiar la dirección del eje de rotación, por más intentos que se hagan siempre aparecerá mágicamente una *fuerza* que se opone al cambio de dirección de su eje. Sin embargo, al intentar desplazarla de un lugar a otro en el espacio sin variar la posición del eje, la rueda se comporta como cualquier otro cuerpo en reposo. Así mismo, en la medida que la rapidez de giro disminuye a tal punto que se detiene, esta extraña *fuerza* desaparece.



Figura 2.3 cambio de dirección del eje de una rueda de bicicleta con pisaderas mientras se encuentra girando.

Es asombroso ver la manera como se comportan los cuerpos cuando giran. El caso de una rueda que se hace girar con uno de los extremos del eje sobre el suelo, como un trompo o una pirinola,

pone en relieve este anómalo comportamiento. Otro ejemplo interesante al respecto tiene que ver con la “mano mágica”, el cual hace que se ponga toda la atención en el eje de rotación de la rueda. Al sujetar una cuerda de uno de los extremos del eje de la rueda, al posicionar la rueda en el aire verticalmente con respecto al suelo sin que se encuentre en movimiento de rotación y soltarla de tal manera que se sostenga solamente de la cuerda como se ilustra en la figura 2.3, esta cae y queda horizontalmente con respecto al suelo.

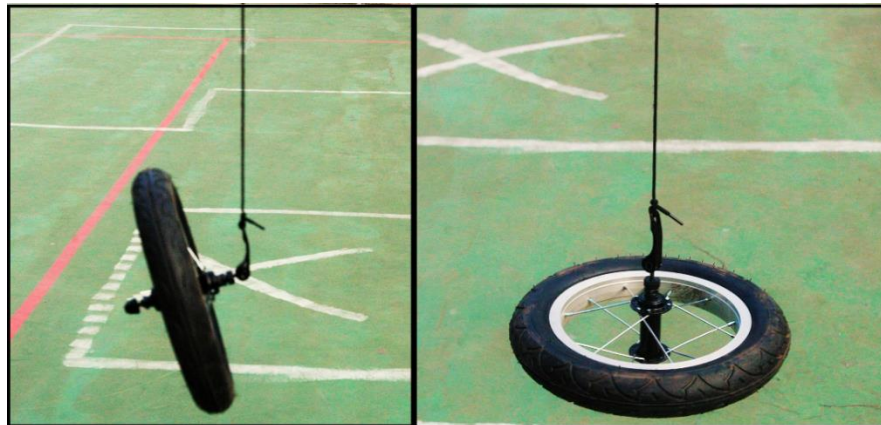


Figura 2.4 rueda de bicicleta sujeta con una cuerda solamente de un extremo de la manzana. Primer diagrama muestra el momento en que se suelta; el segundo, muestra cuando cae la rueda y queda horizontal respecto al suelo.

Miremos de nuevo la situación anterior pero a diferencia de que ahora pongamos a girar la rueda. Al imprimir un giro considerablemente grande sobre ésta y sostenerla solamente con la cuerda, sorprendentemente la rueda no se cae, así como lo haría si no estuviera girando. En la figura 2.5 se muestra este extraño comportamiento; la rueda se mantiene como si alguien la estuviera sujetando del extremo donde no está la cuerda. A diferencia, se puede observar como comienza a cambiar de dirección el eje y comienza a moverse la rueda, pero siempre manteniendo su equilibrio y en la medida que disminuye la rapidez de giro, se observa cómo va cayendo a hasta que finalmente llega a la posición que se muestra en la figura 2.4. Este cambio de la dirección del eje de rotación de nuestra rueda, tiene un comportamiento similar a los movimientos de los giróscopos o giroscopios. (Referenciar tipler, pág. 292)



Figura 2.5 descripción del comportamiento de una rueda de bicicleta cuando está rotando en varios instantes y es sostenida por un extremo de su eje solamente por cuerda.

El análisis de esta extraña fenomenología requiere la elaboración de una forma de caracterizar y de referirse al movimiento de rotación de los cuerpos rígidos, en nuestro caso particular con la rueda de la bicicleta, ya que implica construir las magnitudes necesarias para especificarlo (Ayala 2008). Por tal motivo se construyó un “kit de ruedas” que permitan desarrollar experiencias para poder dar cuenta de los fenómenos presentes en los cuerpos que rotan. (Por tal motivo será el eje fundamental del siguiente acápite.)

2.2 Formalización del movimiento de rotación a partir de la rueda de bicicleta

En primera instancia debemos preguntarnos qué se entiende por rotación. Para dar cuenta de la rotación observemos los siguientes casos:

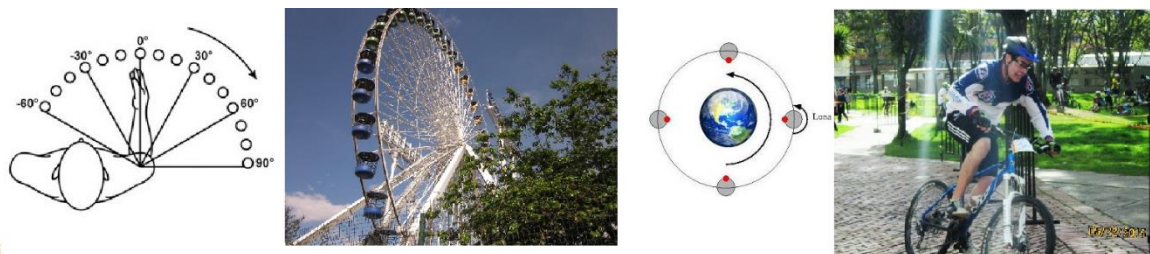


Figura 2.6 diversas situaciones donde se muestra la evidencia de un movimiento de rotación.

La rotación de los cuerpos hace parte de nuestra vida diaria, por ejemplo, está presente en varios movimientos que efectúa nuestro cuerpo, en parques de diversiones, nuestro sistema solar y por supuesto, también cuando damos un paseo en bici. Pero antes de continuar hablando de rotación cabe aclarar que entendemos por rotación para poder interpretar un poco mejor la intención de los ejemplos que hemos dado.

Cuando un cuerpo se encuentra en movimiento con respecto a un punto del mismo (gira sobre sí mismo), entonces se dice que el cuerpo rota o tiene un movimiento de rotación. Muchas veces este punto de referencia no se encuentra en el cuerpo mismo, pero en nuestro caso particular, este punto coincide con el centro de nuestra rueda. Aparte cabe decir que la rotación no implica cumplir un ciclo completo, una revolución o una vuelta; el simple hecho de variar un Angulo cualquiera con respecto a nuestro punto de referencia que llamaremos *eje de rotación*, cuando el hombre mueve su antebrazo, implica rotación. Es precisamente este movimiento una clase especial de movimientos como afirma Medina (ver figura 2,6), la descripción física de este tipo especial de movimientos, depende del marco de referencia del observador (Medina Gamba, 2008, pág. 4).

Si suponemos ahora que nuestra rueda es similar a un disco, y este disco está formado por un conjunto de partículas, al observar detalladamente la figura 2.7, podemos aclarar la idea de lo que se entiende por un *cuerpo rígido* en rotación desde un punto de vista discreto, ya que la distancia de los puntos P y Q del disco tendrán siempre la misma distancia sin importar el movimiento o desplazamiento que se haga, siempre se conserva la distancia al punto fijo O y la distancia entre los puntos p y Q .

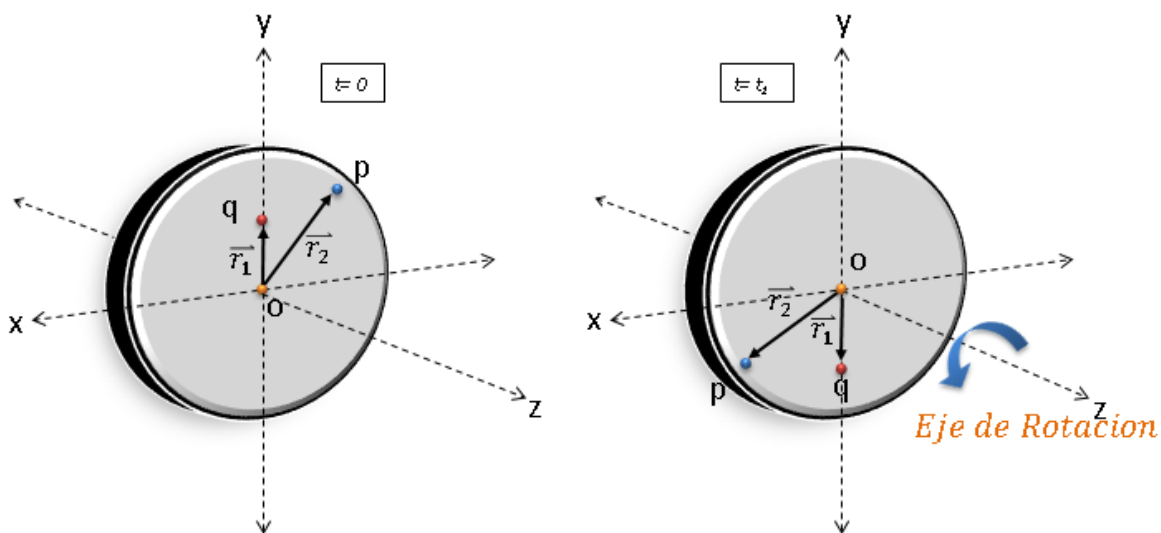


Figura 2.7 muestra dos puntos de un disco y su distancia \vec{r}_t respecto a O en $t=0$; al girar el disco sobre su eje de rotación en $t=t_1$ se conserva la distancia \vec{r}_t de los puntos P y Q respecto al punto fijo O .

Ahora, pensemos nuevamente en nuestra rueda no como un disco sino como un anillo para poder describir y especificar su movimiento de rotación de manera más simple. Tenemos un sin número de puntos sobre nuestra rueda, siendo uno de ellos que permanece fijo y hemos definido como eje de rotación; este punto lo tomaremos a partir del centro de masa, según Euler (Euler, 1750 citado de Ayala, 2008) siempre habrá una infinidad de puntos ubicados en una línea recta que pasa respecto a este punto que no se moverá respecto a él; estos puntos definen lo que se conoce como el eje de rotación, así que en un instante los demás puntos que no se encuentren sobre el eje de rotación¹, tendrán diferentes velocidades los cuales tenemos que describir por medio de una cantidad vectorial que represente su posición y su velocidad². Si observamos la figura 2.8 podemos ver que la velocidad que describe una partícula en un instante es de forma tangencial a la rueda y perpendicular a su vector posición, por tanto se establece la siguiente relación que da cuenta de esta forma ortogonal donde:

$$\vec{v}_t \cdot \vec{r}_t = 0$$

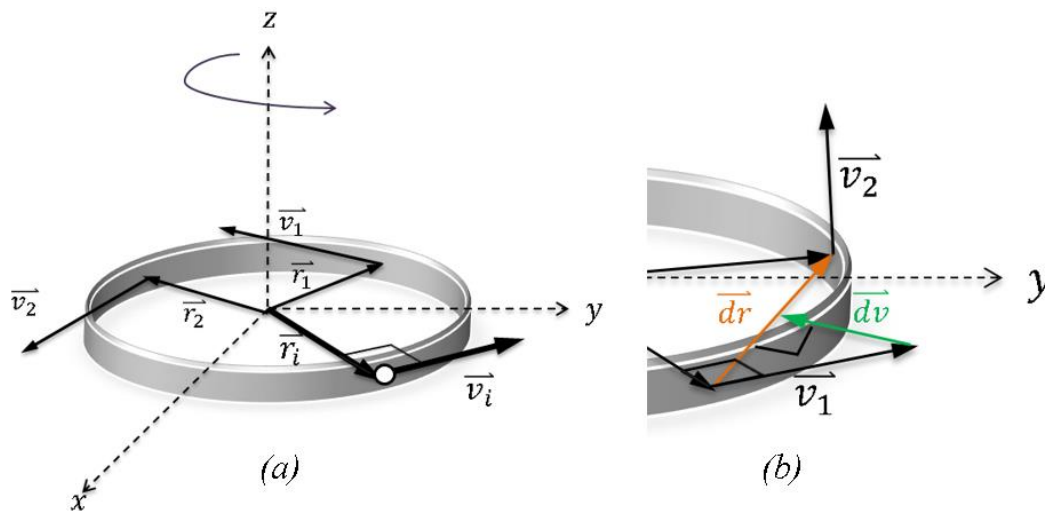


Figura 2.8 (a) representación vectorial de posición y velocidad ($\vec{v}_t \cdot \vec{r}_t$) que describe una partícula de un anillo Y su condición de ortogonalidad cuando está rotando. (b) representa la invariancia de la distancia entre dos puntos del anillo de modo que $\vec{dr} \cdot \vec{dv} = 0$

¹ En nuestro caso, el centro de masa coincide con el eje de rotación.

² Para un cuerpo en general, los sectores del cuerpo que son representados por medio de puntos que pasan sobre la línea que compone el eje de rotación no se moverán. En nuestro caso particular, serán todos los puntos que pasen sobre el eje z de nuestro sistema de coordenadas, y es análogo para nuestra al *eje de la manzana*.

Con la anterior relación podemos dar cuenta como a cada punto físico que caracteriza el cuerpo rígido se le asocia una cantidad vectorial \vec{v}_t . Además Con la siguiente relación (ver figura 2.8 (a))

Garantizaremos que la distancia de un punto p al origen sea siempre el mismo³. También se debe garantizar que cualquier dos puntos tengan siempre la misma distancia de manera que $\vec{dr} \cdot \vec{dv} = 0$

Una vez establecida las características que se le atribuyen a un sólido rígido en rotación, sería pertinente describir un campo de velocidades de los puntos del cuerpo con relación a la distancia del eje de rotación y su velocidad tangencial a partir de nuestra rueda. Podemos ver que todos los puntos que describen nuestra rueda, siempre recorrerán un mismo ángulo sin importar el lugar donde se encuentren (ver fig. 2,8). Euler demuestra que el movimiento de estos puntos con relación al punto fijo es siempre un movimiento infinitesimal en el instante de tiempo t de la manera como sigue (Ayala 2008):

$$\vec{v}(\vec{r}_p, t) = \vec{\omega}(\vec{r}_t, t) \times \vec{r}_p \quad [2]$$

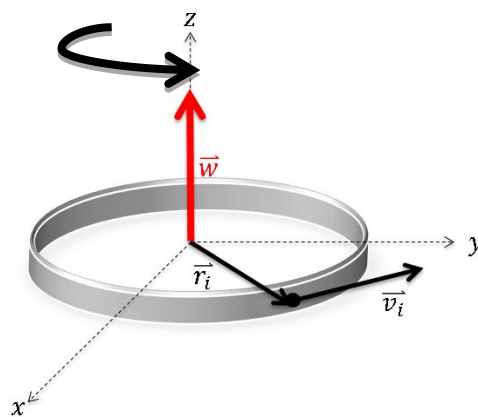


Figura 2.9 esquema general de la magnitud velocidad angular de todos los puntos de la rueda y que caracteriza el estado de movimiento de toda la rueda con la magnitud vectorial $\vec{\omega}$

Esta forma funcional de velocidades que constituye el movimiento de rotación de todos los puntos de nuestra rueda, se denominada *velocidad angular*, la cual la representamos con la letra

³ Tendremos en cuenta que el cuerpo no es elástico; por tanto, su condición de rigidez hace que las distancias P y Q sean siempre iguales de moda que siempre se debe cumplir que $\vec{r} \cdot \vec{dr} = 0$

$\vec{\omega}$ y tiene la dirección del eje de rotación como se observa en la figura 2.9. Esta magnitud representa como un todo el movimiento de la rueda y se vuelve fundamental para poder estudiar las causas que producen este movimiento de rotación.

Esta caracterización del movimiento tiene mucho que ver con los movimientos históricos propios que tuvo la bicicleta, así como podemos caracterizar el movimiento de rotación como un todo por medio de la velocidad angular, la bicicleta se constituyó como un todo cuando se retoma la idea de rediseñarla y ponerla al servicio de las sociedades transgrediendo estratificaciones sociales, así que la bicicleta se constituyó como un todo para caracterizar a todos los individuos de una ciudad por medio de la locura velocipedica o edad de oro (extender idea y referenciar con lo que se hizo en cap 1).

2.3 causas que producen el movimiento de nuestra rueda:

2.3.1. El momento de una fuerza M , “par” o “torque” “ τ ”

En este caso nos preguntamos porque se da el movimiento rotacional y por lo general, se menciona en libros de física que la dinámica nos dice la causa del movimiento y para nuestro caso específico, da cuenta del por qué rotan las cosas. Además, muchos de estos libros mencionan la palabra torque y se da por hecho que se sabe cuál es su sentido. Lo anterior nos conduce a preguntarnos ¿qué se entiende por torque? Y la manera de atender este interrogante es proponiendo el siguiente caso con nuestra rueda.

Vamos a amarrar una cuerda a un radio de nuestra rueda con una distancia b con respecto al eje de rotación, caso que se plantea en la figura 2.10 (a). Ahora vamos a imaginar una línea que pasa por la cuerda; esta línea la llamaremos *línea de acción de la fuerza*; la distancia que existe entre el punto donde se amarro la cuerda al eje de rotación la nombraremos *brazo de momento* o *brazo de fuerza*.

Aparte, vamos a poner la cuerda y el brazo de la fuerza b , de tal forma que sean perpendiculares entre sí, y luego demos un “tirón” a la cuerda (ver fig. 2.10 (b)). Trabajemos con nuestro mecanismo, que es la rueda, vemos que después de haber hecho el “tirón” está rota respecto a un eje. Es importante resaltar que para estos casos siempre debe existir un eje de rotación y una fuerza⁴ que se simula sobre una partícula o un conjunto de partículas de nuestro cuerpo a una determinada distancia al eje de rotación.

.

⁴ En nuestro caso esta fuerza se ha simulado con la cuerda en el instante en que le damos un tirón o jalón.

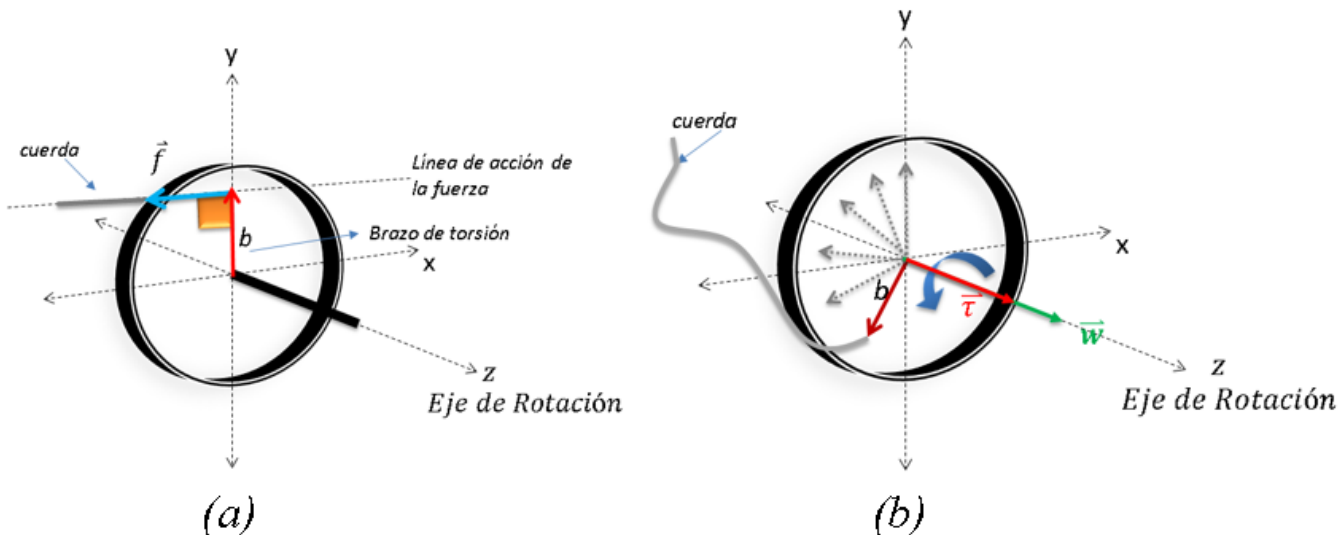


Figura 2.10 (a) descripción de la línea de acción de una fuerza y el brazo de fuerza en un instante antes en que se efectúa la fuerza al jalar la cuerda. (b) descripción del torque a causa de la fuerza ejercida sobre la línea de acción.

Como bien se había dicho, consideramos que entre la cuerda y el brazo hay un ángulo de 90° , es decir que son perpendiculares. A esta acción de torsión o de giro debido a una fuerza es lo que vamos a llamar *torque*⁵ (τ) en su forma escalar es el producto entre el brazo de fuerza y la fuerza que aplicó al tirar la cuerda como sigue:

$$|\vec{\tau}| = b \cdot |\vec{f}| \quad [3]$$

La anterior expresión mide el producto de la magnitud de la fuerza por la magnitud del brazo, y esta acción tiene como resultado un movimiento de rotación

Ahora, si aplicamos una fuerza en el brazo de torsión (fig. 2.10 (b)), la rueda comienza a girar, pero, veamos cual puede ser el carácter vectorial del *torque*. Miremos la ley de la mano derecha para describir este carácter vectorial; al poner nuestros dedos en la dirección de la fuerza (en la dirección de la cuerda), nuestro dedo pulgar apuntaría como si estuviera saliendo de la hoja. Como vemos, claramente tiene un carácter vectorial, si la dirección de giro es contraria, el dedo pulgar apuntaría entrando a la hoja. Esta dirección coincide con el vector w que caracteriza el movimiento en general de todo el cuerpo.

No necesariamente la fuerza tiene que ser paralela al brazo de rotación, ya que según lo que definimos, lo es, pero no siempre es así. Por tal razón esto nos lleva a preguntarnos ¿Qué pasaría si la línea de acción de la fuerza fuese paralela al brazo de la fuerza? Tomando esta consideración, al mirar la rueda y poner la cuerda en la misma línea del brazo de la fuerza (ver

⁵ Muchos textos lo definen como *torca*, *momento de torsión* o *momento de una fuerza*. para nuestro caso, usaremos “torque”

figura 2,11 (a)), por más grande que sea el jalón la cuerda, incluso a tal punto que la podemos romper, la rueda no daría vueltas, es decir que no rota.

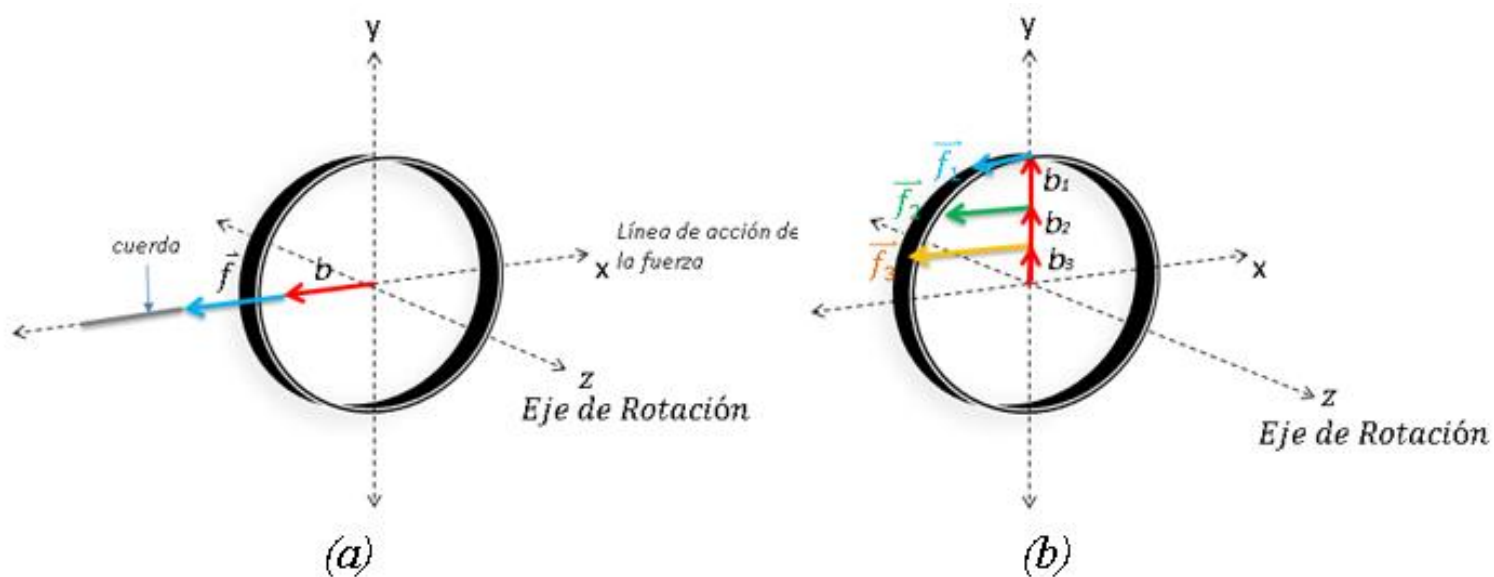


Figura 2.11 (a) instante en que la cuerda coincide con el brazo de fuerza. (b) descripción de la acción necesaria para mover la rueda con la misma velocidad con distancias diferentes al eje de rotación..

Ahora miremos los casos cuando aplicamos una fuerza a diferentes distancias con respecto al eje de rotación, se evidencia que se tiene que ejercer una fuerza menor para hacer rotar con la misma velocidad de giro la rueda, en la medida que el brazo de fuerza sea más largo. Lo anterior puede explicar de manera simple por qué muchas bicicletas poseen varios engranes⁶ en la rueda trasera o de tracción. Así que se vuelve más fácil dar un pedalazo en la medida que tengamos un engrane más grande, pero así mismo, por la definición de velocidad angular, se deberá tener una velocidad tangencial mayor para tener la misma velocidad angular como se expresa en la ecuación 1.

De lo anterior se puede sacar una pequeña generalización de esta definición y podremos concretar los casos cuando el ángulo descrito entre la línea de acción de la fuerza y el brazo de fuerza, forma ángulos diferentes como se ilustra en la figura 2,12 (a).

⁶ Cuando una rueda posee varios engranes que es por donde pasa la cadencia, a esta parte se le llama "pacha". Cuando se hace referencia a un solo engrane se le llama "piñón"

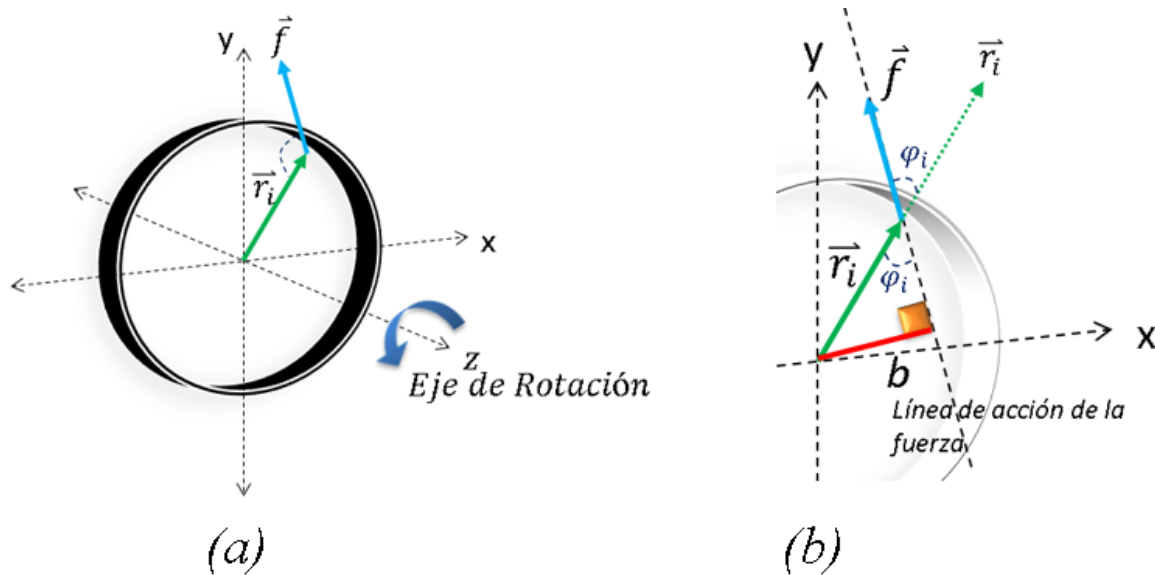


Figura 2.12 (a) descripción del ángulo descrito entre la línea de acción de la fuerza y el brazo de fuerza cuando forman un ángulo que no es recto (b) descripción geométrica para representar el brazo de la fuerza en términos del vector posición \vec{r}_i .

Al trazar una línea en la misma dirección de la fuerza y trazar una que sea perpendicular a esta (b), que pase por el eje de rotación⁷ como se muestra en la figura 2,12 (b), según [3] ¿cómo se puede representar el brazo de la fuerza en términos del vector posición \vec{r}_i ? Según la disposición geométrica se puede representar trigonométricamente de esta forma:

$$\sin \varnothing = \frac{b}{|\vec{r}|} \quad [4]$$

Despejando b quedaría: $|\vec{r}| \sin \varnothing$

$$[5] \quad = |\vec{r}| \sin \varnothing |\vec{f}|$$

Ahora vamos a describir y el carácter vectorial del torque $\vec{\tau}_o$, y este se da en la dirección de la velocidad angular w como se mostró en la figura 2,10 (b). Es evidente que el torque es perpendicular al plano que forman los vectores \vec{r} y \vec{f} , de lo anterior se concluye que⁸:

$$[6]$$

⁷ primero trazamos la línea de acción de la fuerza, que va sobre el vector fuerza. luego buscamos una línea que forme 90° con la acción de la fuerza desde el punto O de la referencia. Ahora los vectores tienen una propiedad y es que se pueden trasladar en el espacio, siempre que se respete su dirección y magnitud. Así que trazando el vector r como se muestra en la figura miramos la magnitud del torque así: $|\vec{\tau}| = b \cdot |\vec{f}|$

⁸ Donde $\vec{\tau}_o$ se refiere al momento de torsión o la acción que causa la rotación de la rueda.

$$\vec{\tau}_o = \vec{r} \times \vec{f}$$

Pero esto solo se hizo para una sola partícula del eje del cuerpo. Entonces hagamos una generalización considerando varias partículas del cuerpo. Vemos un conjunto de fuerzas que actúan sobre cada una de las partículas que conforman nuestra rueda, en un caso donde cada una de ellas ejerce un torque sobre el cuerpo, entonces el torque total sobre el punto de rotación tiene que ser igual a la suma de todos los torques y el sentido de rotación entonces dependerá de la suma de los vectores unitarios de cada partícula y por tanto se obtiene⁹:

$$\vec{\tau}_o = \sum_{i=1}^n \vec{\tau}_{oi} \quad [7]$$

2.3.2 Momento de inercia de la rueda de bicicleta

Aparte de estudiar las causas que generan un movimiento de rotación, es importante tener en cuenta otro aspecto importante con relación a sus cambios de estado de movimiento giratorio, ya sea partiendo del reposo, o cambiando su estado cuando ya se encuentra en estado de rotación. Observemos el siguiente caso (figura 2,13) en donde tenemos dos ruedas con una masa aproximadamente igual pero con diámetros diferentes.



Figura 2.13 representación del movimiento de rotación de dos ruedas con diámetros diferentes cuando

⁹ Al sumar los torques sería $\vec{\tau}_o = \vec{\tau}_1 + \vec{\tau}_2 + \dots + \vec{\tau}_n$, Por tanto, $\vec{\tau}_o = \vec{r}_1 \times \vec{f}_1 + \vec{r}_2 \times \vec{f}_2 + \dots + \vec{r}_n \times \vec{f}_n$; quedando así

$$\vec{\tau}_o = \sum_{i=1}^n \vec{\tau}_{oi}$$

son lanzadas por una rampa.

Si las dos ruedas de bicicleta pesan aproximadamente lo mismo, ¿cuál sería la causa de que una rueda llegue primero que la otra? Para comenzar a dar respuesta debemos tener en cuenta que las ruedas son de diferente diámetro. Entonces lo que primero se viene a nuestro pensamiento es que la diferencia de diámetros de las ruedas es un primer indicio de este comportamiento. Por tanto la configuración de la rueda con respecto a su eje de rotación debería tener alguna implicación.

Así como un objeto en reposo tiende a permanecer en reposo, y un objeto en movimiento tiende a permanecer moviéndose en línea recta, un objeto que gira en torno a un eje tiende a permanecer girando alrededor de ese eje, a menos que interfiera alguna influencia externa (Hewitt, 2007, pág 134). Los cuerpos que giran tienden a permanecer girando; mientras que los que no giran tienden a permanecer sin girar.

Un ejemplo claro se da a la hora de montar en bicicleta. Cuando vamos pedaleando y dejamos de pedalear, la bicicleta tiende a mantener su estado de movimiento, a tal punto que podemos durar andando sobre ella varias cuadas sin la necesidad de pedalear, hasta que por factores externos se disminuye el impulso que llevábamos. Esto mismo ocurre cuando nos encontramos en reposo y estamos a punto de arrancar. Es difícil comenzar a dar los primeros pedales, pero en la medida que adquirimos una velocidad y queremos mantenerla constante, se vuelve menos difícil dar los pedales. Este ejemplo nos trae ponernos a pensar en la inercia tanto del movimiento lineal como del movimiento rotacional.

Como bien se ha dicho miremos el movimiento de rotación, y pongámonos a pensar en nuestras ruedas. Si ponemos a girar una rueda con un diámetro más grande, esta durará más tiempo rotando que cuando hacemos mover una más pequeña. Sin embargo es más fácil mover la rueda pequeña que la grande. A partir de lo anterior podemos definir la propiedad que tiene un objeto para resistir cambios en su estado de movimiento giratorio con el nombre de *inercia rotacional* y será proporcional a la cantidad de masa y como esta esté distribuida con respecto al eje de rotación de modo que:

$$I = mr^2 \quad [8]$$

2.4 Momento angular de la rueda de la bicicleta.

Al hablar de dinámica, básicamente se retoma al estudio de la relación existente entre el movimiento de un cuerpo y sus causas. Aparte, dicho movimiento también se encuentra condicionado porque depende de la masa, la configuración de la masa de dicho cuerpo con

relación al eje de rotación o fuerzas que ejercen sobre los otros cuerpos que constituyen su medio ambiente (M R ortega, pág. 587).

Es Necesario hablar de los coeficientes de inercia los cuales dan cuenta la la configuración misma del cuerpo con relación a su eje de rotación. Se necesitan de tres ecuaciones para describir el movimiento de rotación del cuerpo. Un sólido rígido es un caso particular de sistemas de partículas, de modo que podemos decir que la suma de los L_s de estas partículas constituye el sólido, es decir:

$$\vec{L} = \sum_i \vec{r}_i \times m_i \vec{v}_i \quad [9]$$

Donde \vec{r}_i y \vec{v}_i son los vectores de posición y velocidad respectivamente de la partícula i-énesima relativas al punto dado. Como \vec{r}_i es un vector fijo respecto al cuerpo, la velocidad \vec{v}_i respecto al sistema de ejes del espacio se deberá únicamente al movimiento de rotación del cuerpo rígido respecto al punto fijo (Golstein, pág. 242) así pues:

$$\vec{v}_i = \vec{\omega} \times \vec{r}_i \quad [10]$$

Para lograr escribir la expresión [9] reemplazando [10] así:

$$\vec{L} = \sum_i m_i \vec{r}_i \times (\vec{\omega} \times \vec{r}_i) \quad [11]$$

Dentro de esta afectación del cuerpo debido a la rotación, se debe tener en cuenta que la velocidad angular $\vec{\omega}$ se le atribuye a todos los puntos de la rueda, quedando así:

$$\vec{r}_i \times (\vec{\omega} \times \vec{r}_i) = r_i^2 \vec{\omega} - (\vec{r}_i \cdot \vec{\omega}) \vec{r}_i \quad [12]$$

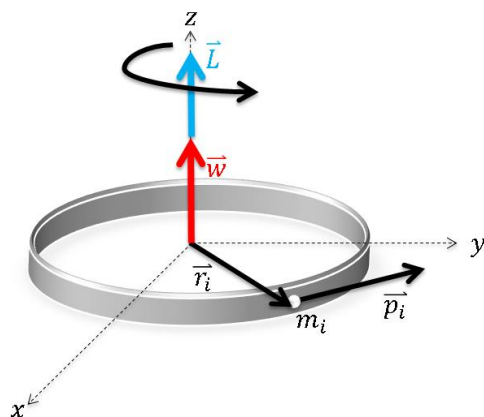


Figura 2.14 representación del carácter vectorial momento angular y su relación con la velocidad angular de una rueda de bicicleta.

Si observamos la figura 2.14, $\vec{r}_i \cdot \vec{\omega} = 0$ debido a que son perpendiculares estos vectores, de modo que,

$$\vec{L} = \sum_i m_i r_i^2 \vec{\omega} = \left(\sum_i m_i r_i^2 \right) \vec{\omega} \quad [13]$$

Teniendo en cuenta la masa total del anillo [13] se reduce a:

$$\vec{L} = M r^2 \cdot \vec{\omega} \quad [14]$$

En este caso como vemos en nuestra rueda de bicicleta rotando, $M r^2$ está asociada a una propiedad innata de la rueda y da cuenta de la dificultad al moverla o paralelamente al detenerla. Esta propiedad está dada en términos de la distribución de masa con respecto a su eje de giro, a dicha propiedad se le conoce como la inercia rotacional (I) como hemos descrito anteriormente. Por último, se reemplaza la expresión [8] en [14] se llega a la expresión del momento angular en términos del momento de inercia y la velocidad angular. [15]

$$\vec{L} = I \vec{\omega}$$

Y en este caso el vector \vec{L} coincide con $\vec{\omega}$, pero no siempre la dirección de de estos vectores coincide, de modo que miremos si en nuestro caso particular el carácter vectorial de \vec{L} se da en la misma dirección de $\vec{\omega}$.

Deducción del carácter vectorial asociado al momento angular \vec{L}

Hemos visto que el momento angular asociado a una partícula del cuerpo rígido de nuestra rueda, también se puede asociar en términos generales para cualquier cuerpo rígido de manera que:

$$\vec{L}_i = \vec{r}_i \times m_i \vec{v}_i = m_i (\vec{r}_i \times \vec{v}_i) \quad [16]$$

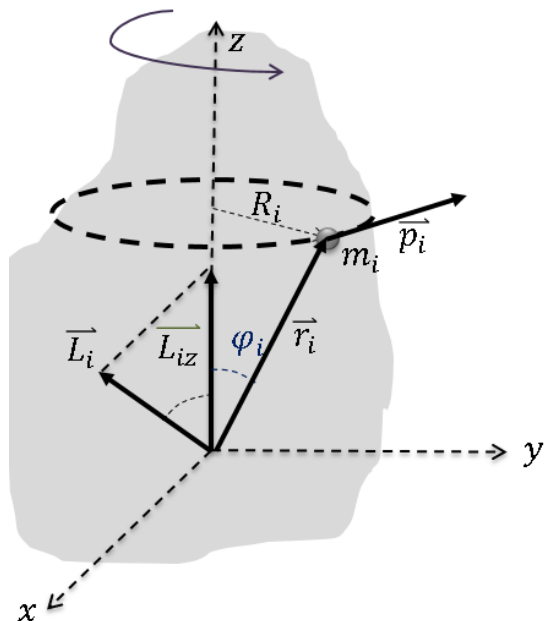


Figura 2,15 esquema del momento angular para un cuerpo rígido arbitrario.

Si observamos la figura 2.15, vemos como es esta orientación del vector momento angular para un cuerpo rígido arbitrario. Para dar detalle, Hagamos un zoom a estos vectores

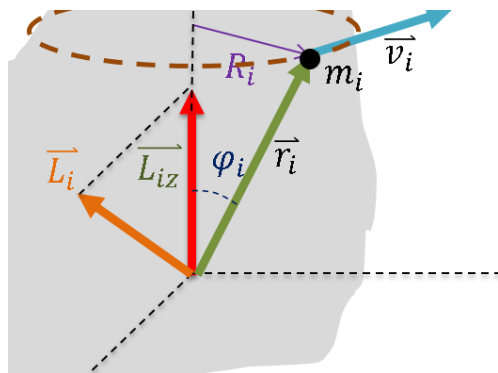


Figura 2,16 representación la dirección del momento angular en la componente z

Miremos en detalle la componente de \vec{L}_i en el eje z según se ilustra en la figura 2,16 lo cual tenemos:

$$\vec{L}_{iz} = m_i (r_i v_i) \cos \left(\frac{\pi}{2} - \varphi_i \right) = m_i (r_i v_i) \sin (\varphi_i) \quad [17]$$

Teniendo en cuenta que $r_i \sin (\varphi_i) = R_i$ y que $v_i = \omega r_i$ se obtiene finalmente

$$[18]$$

$$\vec{L}_{\text{es}} = m_i R_i^2 \omega$$

La componente del momento angular en nuestra rueda de bicicleta, como se ilustra en la expresión [18], puede dar cuenta de la dirección de \vec{L} . Debido a la simetría de este cuerpo, la dirección es proporcional a $\vec{\omega}$, y esto ocurre cuando el eje de rotación es el eje principal de inercia. Por tal razón, de ahora en adelante consideramos siempre que el eje de rotación de la rueda es un eje principal, de inercia y por tanto, podemos dar validez a la expresión [15] si reemplazamos la expresión [8] en [18] ($I = m_i R_i^2$).

2.5 La bicicultura y el momento angular: la ley de las áreas como descripción alterna del momento angular

El momento angular no solo se aprecia en cuerpos o puntos que rotan y en describen trayectorias circulares, sino también podemos tener en cuenta aquellos que describen una trayectoria lineal, suponiendo que el marco de referencia se encuentra en un punto “o” y si consideramos por ahora un único punto de ese cuerpo que se encuentra en el punto A al cual se le asocia un radio vector \vec{r}_1 (ver fig 2,17). Al cabo de un instante el cuerpo se desplaza al punto B descrito por el radio vector \vec{r}_2 sobre el eje x. Este desplazamiento que presenta el punto en consideración del cuerpo hablando en términos infinitesimales sería un \vec{dr} .

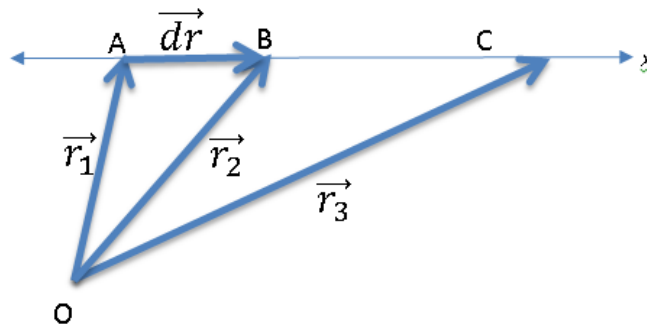


Figura 2.17 Movimiento lineal de un cuerpo visto desde el punto de referencia “o”

Miremos ahora que \vec{r}_2 no es más que una composicional vectorial de la siguiente manera: $\vec{r}_1 + \vec{dr}$. Pero ahora comencemos a cambiar un poco la visión vectorial que se ha planteado y ahora pensemos en el área sombreada que encierran los vectores como se muestra a continuación:

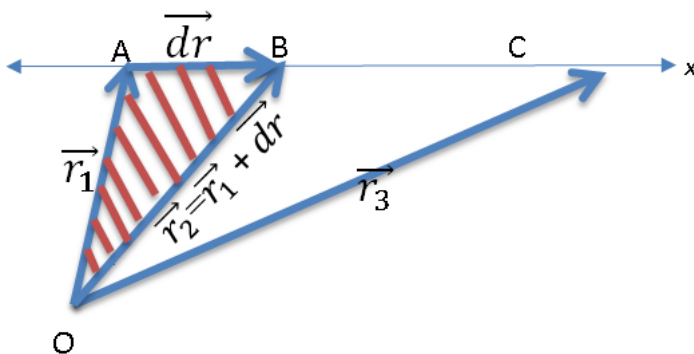


Figura 2.18 Área asociada a los vectores posición \vec{r}_1 y \vec{r}_2 en el instante en que el cuerpo se desplaza de A hasta B.

Una propiedad de los vectores es que se pueden trasladar en el espacio si se respeta su magnitud y dirección, así que aplicando la ley del paralelogramo para la suma de vectores se obtiene $\vec{r}_1 + \vec{dr}$. Ahora mirando un poco en detalle nos importa el área sombreada (fig. 2,19) con líneas más gruesas, que sería la mitad del área del paralelogramo formado.

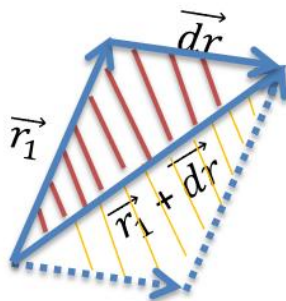


Figura 2.29. Método del paralelogramo para la suma de los vectores \vec{r}_1 y \vec{dr}

Antes de continuar, una forma de expresar una superficie de un cuerpo es por medio de un vector perpendicular a esta superficie (ver fig 2.19), y si miramos nuestro caso, este vector que representa la superficie sería el resultado de un producto vectorial entre los vectores \vec{r}_1 y \vec{dr} , el cual llamaremos \vec{dA} . Quedando de lá forma $\vec{r}_1 \times \vec{dr} = \vec{dA}$ y su representación geométrica sería la siguiente:

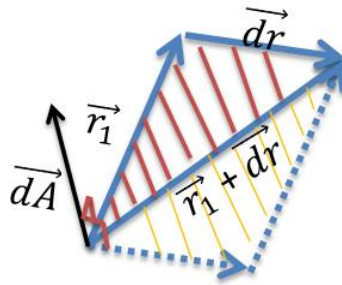


Figura 2.19. Representación vectorial de la superficie sombreada asociada al vector \vec{dA}

Seguindo el hilo conductor para poder representar el estado de movimiento en términos de un área, vemos que solo nos interesa la mitad de esa área así que procedemos analíticamente de la siguiente forma:

$$\frac{1}{2} \vec{r}_1 \times \vec{dr} = \vec{dA} \quad [19]$$

Si consideramos el movimiento de la partícula en el instante de tiempo quedaría:

$$\frac{1}{2} \vec{r}_1 \times \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{d\vec{A}}{dt} \quad [20]$$

Ahora haciendo estas relaciones llegamos a la explicación general de momento angular quedaría¹⁰:

$$\vec{L} = 2m \frac{d\vec{A}}{dt} \quad [21]$$

La expresión [25] muestra cómo se puede representar el momento angular dado en términos del cambio de área que barre un vector, y que es análoga a la forma de representar el momento angular en la expresión [15]

2.6 Explicación alterna de momento angular de una rueda de bicicleta por medio de áreas

Pensemos que nuestra rueda de bicicleta se mueve bajo fuerzas centrales, y por tanto, tendríamos que su momento angular permanece constante. Una consecuencia de que el momento angular de un cuerpo permanezca constante trae consigo una relación estrecha con la ley de las Áreas de Kepler.

¹⁰ Revisar anexos I apéndice B

Para deducir la Ley de las Áreas nos basamos en la siguiente propiedad: toda partícula que se mueve bajo la acción de una fuerza central tiene momento angular constante. Aparte también sabemos que:

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{f} \quad [22]$$

Ahora si tenemos que el momento angular es

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p} \quad [23]$$

Derivamos con respecto al tiempo:

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \frac{d\vec{r}}{dt} \times \vec{p} + \vec{r} \times \frac{d\vec{p}}{dt} \quad [24]$$

Como la derivada de \vec{r} con respecto al tiempo es 0, el término se anula, por tanto¹¹:

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = 2m \frac{d^2 \vec{A}}{dt^2} \quad [25]$$

Esta expresión da cuenta de la manera como se da el cambio del momento angular en un sistema que varía su cantidad de momento angular a debido a una acción externa como bien se ha dicho en líneas anteriores. Esta manera de concebir el momento angular da cuenta de la explicación que se hace cuando se construye los fenómenos asociados con la rueda de bicicleta (ver fig 2.3), y como se puede explicar el caso cuando aparecen fuerzas extrañas a las hora de modificar o cambiar la dirección del eje de rotación.

¹¹ Partiendo de $\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{f}$ y que el cambio de momento es, $\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{r} \times \vec{f}$ y de manera consecutiva también se puede expresar como $\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{\tau}$. Se puede llegar fácilmente a la expresión [25]

CAPÍTULO 3

“LA VIDA ES COMO MONTAR EN BICICLETA. PARA MANTENER EL EQUILIBRIO HAY QUE SEGUIR PEDALEANDO” ALBERT EINSTEIN

LA BICICULTURA: UN SENTIDO CULTURAL EN LA ENSEÑANZA DE LOS FENÓMENOS DE ROTACIÓN

Ya hablamos de la cultura que hay alrededor de la bicicleta y de por qué su uso no es algo ajeno en la cotidianidad. Debido a su fácil accesibilidad, hace factible su uso en diversos lugares. En ese orden de ideas, entonces ¿qué pasa cuando llevamos la bicicleta al aula? Con certeza encontramos asombro, pues las dinámicas de enseñanza de las ciencias han abordado el conocimiento científico como una serie de teorías poco ajustadas a la realidad que van en contra de las exigencias de los estudiantes y que a su vez tampoco dan cuenta de las dinámicas propias

del ejercicio científico, al no llevar la construcción del conocimiento al rol que desempeña la relación con los contextos socio-culturales. (Chaparro, Gonzales, Orozco, Pedreros, & Vallejo, 1996)

En nuestras palabras, existe una centralización del conocimiento que incurre solamente en estudiar los fenómenos en términos coloquiales e instruccionales, alejando al individuo del conocimiento para así llevarlo a las puertas de un mundo abstracto, oscuro y fuera de la realidad, mundo en el cual es factible que el aprendizaje se vuelva poco significativo y a su vez repetitivo. Por tal motivo a continuación presentamos como damos relevancia a los saberes que posee el estudiante; y a abordar los fenómenos (en nuestro caso de rotación) por medio de la bicicleta y la biculturalidad, es decir, propongamos una alternativa y subámonos a la bicicleta.

3.1 El sentido cultural de la enseñanza por medio de la biculturalidad al conocer científico.

Darle a algo cultural, como el uso de la bicicleta, un sentido científico resulta algo difícil de entender para quienes consideran al conocimiento como verdades netamente científicas, con esto se quiere decir, que la cultura común no es tomada como una verdad científica. Pero esto no lo piensan todos, hay aquellos que consideran que el conocimiento tiene que ver con el proceso de elaboración de pensamientos, ideas y explicaciones fenomenológicas entre otros, que permiten establecer una relación entre la cultura común y la científica (Chaparro y otros, 1996). Por tanto, no parece extraño poder llevar actos biculturales al aula pues según María Mercedes Ayala, citada por Chaparro (1996) dice:

“Sin dejar de lado las diferencias obvias entre el conocimiento común y el conocimiento científico podemos afirmar que estas diferencias no son de base. No hay una lógica o estrategias de pensamiento diferentes; no es una actividad que se diferencie radicalmente de otras realizadas cotidianamente, no hay posibilidad de establecer a este respecto líneas de demarcaciones nítidas y permanentes. Más aún, las ideas científicas se alimentan de ideas que hacen parte de la cultura común-el caso contrario es más aceptado-. Las influencias ideológicas, políticas, etc. A través de las imágenes de conocimiento y la forma como es asimilada una teoría por un grupo cultural o por un individuo son otras de las manifestaciones de la continuidad e intercambio entre la cultura científica y la cultura común.”

Así que asumiendo que por medio de los contextos culturales es posible acceder al conocimiento científico, que cuyo fin es asumir los procesos de la construcción de explicaciones

por medio del mundo físico, podemos utilizar la bicicleta como tal medio. Ya que al estar inmerso en un contexto cultural se hace ameno relacionar que sucede con la estabilidad de la bicicleta desde la experiencia para así formalizar¹² este conocimiento y dar una explicación entre todos.

Es así como esto cobra sentido, ya que el hablar con un carácter cultural acerca de la actividad científica constituye un sistema cultural, puesto que la actividad de las comunidades científicas siempre están cercanas al contexto social en el que se dan, y a su vez están orientadas a los intereses económicos y/o políticos, o en este caso a un desarrollo sostenible, en donde el individuo sea consiente del espacio, sea crítico y consecuente.

3.2 La bicicultura y su intención fenomenológica

Como ya conocemos, el concepto de conservación del momento angular suele ser algo tedioso para explicar. Gonzales (2010) afirma que su explicación se aborda de manera vaga, poco concreta y alejada de la realidad, su construcción fenomenológica se hace en el tablero y no suele ejemplificarse debido a su complejidad, por ende la bicicleta puede ocupar un papel fundamental, pues al ser un artefacto bastante asequible se puede visualizar claramente el fenómeno y solo bastaría desmontar la rueda delantera para comenzar a experimentar. Pero no solo bastaría hablar de la bicicleta y su relación con la cultura, pues si hacemos esto, solo tomaríamos la bicicleta como un instrumento para aplicar algo o como si fuera un instrumento de laboratorio para refutar una teoría; el sentido es trascender e ir más allá de eso, es por esto que llega la idea de bicicultura, como una estrategia que genera toda esa construcción del pensamiento crítico para hacer partícipe a la ciudadanía de las diferentes dinámicas de nuestro mundo o donde nos movemos o donde nos desenvolvemos, tanto socialmente, políticamente, culturalmente; para ver cómo se dan esas estructuras de organización de convivencia y de ciudadanía.

Pero también surge una la intención de llevar la bicicleta al aula y toda su relación con la bicicultura, pues no solo se pretende para cambiar las dinámicas actuales, si no reconocer el fenómeno y darle una ejemplificación bastante allegada de la realidad con un sentido social más que uno particular.

¹² Con respecto a los procesos de formalización Ayala (2008) considera que estos procesos no tratan de unir deliberadamente lo matemático y lo físico, pues considera que estas dos ramas no son radicalmente diferentes; ya que comparten formas similares en cuanto a sus elaboraciones formales de lo externo. De esta forma propone los diferentes tipos de formalización de la física. Concluyendo que no hay distinción de bases entre formalizar y matematizar, pues asegura que matematizar no es netamente cualificar. (Ramírez, 2010)

3.2.1 Intención fenomenológica de la construcción del concepto de conservación del momento angular con la bicicleta por medio de la experiencia.

Primero comencemos hablando de que es un fenómeno, Chaparro (y otros, 1997) habla del fenómeno como «*lo que se muestra en sí mismo*» y la fenomenología como aquello de lo que se habla acerca del fenómeno que se muestra por sí mismo, cuyas características son:

- I. *Ser un discurso exhibitivo en la medida en que el asunto de que se trata se muestra así como en sí mismo, esto es como fenómeno*
- II. *Legitimativo directo e inmediato del asunto que se muestra en sí mismo desde la realidad misma, en la medida en que todo en cuanto se dice del fenómeno está legitimado por el discurrir de la realidad*

Según Chaparro (y otros, 1997) hay dos formas de reconocer la fenomenología, la primera es “*como un conjunto de fenómenos (dados y construidos) a propósito de los cuales se hacen descripciones y se elaboran explicaciones con base en unas determinadas bases del pensamiento*” y la segunda como “*hablar de los fenómenos*”. En este último caso nos referimos a explicar y/o constituir un fenómeno sin tener que referirnos al modo en como este se aborda (es decir de forma explicativa, descriptiva, sistemática o teórica), ya que esto va relacionado a través del lenguaje.

Aquí cabe resaltar que esta relación entre conocimiento común y conocimiento científico, cobra sentido. En primera instancia reconozcamos que si hablamos que el fenómeno es «*lo que se muestra en sí mismo*», ¿hay diferencia en el término de fenómeno para hablar de ambos tipos de conocimiento? Heidegger (citado de Chaparro y otros, 1997) afirma que hay una conciencia clara entre ambos saberes pero «*la manera de acceder a la realidad es totalmente distinta de la actividad ingenua y en la científica esto quiere decir que el discurso o logía científico es diverso del vulgar y cotidiano, aunque coincidan en lo que entienden por fenómeno*».

Es por esto que nuestra forma de abordar la problemática consistió en exhibir y mostrar primero el fenómeno, pero no solo de esta forma. De antemano sabemos que los individuos ya han montado bicicleta alguna vez en su vida¹³, por eso lo que hicimos fue ponerlos a interactuar con la rueda sola, para que ellos formularan sus propias explicaciones y después proceder

¹³ Apéndice a: Encuesta

lentamente a las descripciones de este para llegar a un tipo de formalización común y concreta más elaborada a partir de esas experiencias.

Esta relación del sujeto-objeto permite una relación de carácter significativo, así permitiendo de una manera u otra superar la ruptura que hay entre el sujeto y el objeto, que da cuenta de una realidad no idealizada. Ya que para Chaparro (et. al., 1997) esta necesidad de conocimiento se une con la intención de dar cuenta de las cosas que aparecen en nuestra conciencia. Por tanto esta necesidad se fundamenta en el acto de describir las cosas mismas en cuanto se nos presenta, es decir el fenómeno. (Heidegger citado de Chaparro y otros., 1997)

Es por esto que nuestra intención de realizar una construcción fenomenológica del concepto de momento angular, fue la de familiarizar al sujeto con lo que pasa con el fenómeno y partir de su explicación empírica y basada desde su experiencia llevar esa construcción propia más allá por su cuenta y que se lleva consigo esa inquietud que dejan los «experimentos discrepantes» como veremos a continuación.

3.3 La experiencia bicicultura y el uso de la bicicleta como ExD

La sociedad que hemos venido construyendo los seres humanos está en un proceso de bastante cambio, de muchos niveles y consecuencias de todo tipo, Incluso algunas positivas. Por ejemplo, Pedro bravo resalta que los cambios en materia de movilidad, y específicamente el uso de la bicicleta como medio de transporte habitual, es uno de los principales síntomas de ese cambio, y quizás, el más singular y positivo a nuestro parecer (Bravo, 2015).

Ya en muchas ciudades (la cual no se escapa la capital colombiana) el uso de la bici no es nada extraño, es como ir caminando o ir en autobús, y es más lógico que ir en carro. La bici no se usa porque está de moda, sino porque se vuelve práctico para la gente, más práctico y conveniente para sus intereses que cualquier otro medio de transporte.

Así que el número de bici-usuarios es cada vez más numeroso, y así mismo las experiencias directas de la bici con la gente, se está volviendo más común y frecuente. Esta situación particular será la más ideal para comenzar a usarla como excusa en otro tipo de ambientes: los académicos.

En el proceso de enseñanza-aprendizaje se requiere de estrategias didácticas por parte del docente que posibilite el acercamiento de los estudiantes al conocimiento, de manera que se

generé un contexto apropiado en el cual estos puedan elaborar sus propios conocimientos, estrategias que posiblemente pueden ser dados de una forma amena por medio de la bicicleta.

Particularmente en el campo de la física, todas estas experiencias dadas por la interacción con la bicicleta, se volvería más como un dispositivo didáctico que busca estimular a los estudiantes para promover en ellos procesos cognoscitivos y comunicativos referentes al objeto de estudio, el cual tendría que ver con la fenomenología del rotar y sus implicaciones en la aproximación del concepto de momento angular.

En este sentido el maestro se enfrenta a dos problemas según Luis Barbosa (2008, Pág. 2), cuando se plantea el reto de originar un espacio agradable para el aprendizaje de las ciencias en alguna institución educativa ya sea media o superior así:

- *La formación del maestro ha sido en un contexto tradicional (escenario pasivo, con tablero, marcador e incluso sin muchas palabras e ideas, del cual solo tiene importancia muchos desarrollos y demostraciones matemáticas).*
- *Los intereses del estudiante y su madurez conceptual están lejos para comprender toda esa simbología exótica y sin sentido.*

En este sentido, algunas situaciones físicas que se plantean al estudiante chocan con sus pre-saberes, por ejemplo, al estudiante le resulta difícil percibir que el mismo cuerpo en una caída libre llega al suelo en el mismo tiempo que en un tiro semi-parabólico. Muchas de estas situaciones físicas resultan ser discrepantes, una idea que va en contra del sentido común, pero dentro del contexto tradicional, el factor mente, del sujeto que aprende, resulta ser poco relevante.

Pero la intencionalidad de la bicicleta no está restringida a este campo de estudio, más bien tiene implicaciones más trascéntales e integrales, como su acogida en otros campos del conocimiento escolar, o como la formación de ciudadanos, dados por medio de la bicicultura.

3.3.1 El aprendizaje activo y los experimentos discrepantes

La intervención del estudiante en la construcción de su propio conocimiento es relevante en esta propuesta, él debe conocer las metas a alcanzar para que pueda intervenir activamente del proceso e identificar los aciertos, fortalezas, debilidades y dificultades que presenta en cada uno de los objetivos propuestos en la unidad. Esto le permitirá hacer un seguimiento de su proceso y por tanto aprovechar mejor la intervención del maestro para hacer las preguntas que son necesarias para su proceso de mejora.

De aquí qué las concepciones previas que tienen los estudiantes, resultado de sus experiencias con el entorno e interacciones con sus pares sean tenidas en cuenta para el proceso de Diseño y ejecución de las secuencias. En palabras de VYGOTSKI (Mora, Herrera, 2008 citado por Muños, 2014, pág. 15) es lo que él llama “*conocimientos espontáneos*”, resultado de la interacción que tiene el sujeto con el entorno, que permite que el individuo tenga una relación directa o indirecta con el conocimiento que lo circunda.

De acuerdo a lo anterior, es importante resaltar que en nuestra implementación, se extrapoló al aula de clase dos aspectos del que hacer de la cultura científicas, a saber, el consenso de la explicación de un fenómeno y las discusiones entre los distintos integrantes de la comunidad para aprobar una teoría, asumiendo que los anteriores aspectos mencionados y las prácticas experimentales pueden favorecer la comprensión de los estudiantes al enfrentarse a un determinado modelo físico. (Chaparro, 1997)

De otra parte se sabe que existen varias metas a lograr en la educación científica, dentro de las cuales se encuentran el aprendizaje de conceptos y construcción de modelos, al igual que el desarrollo de habilidades experimentales y la resolución de problemas (Jiménez & Sammartí, 1997) las cuales ayudaran en la formación científica, en la interpretación de los modelos que explican la naturaleza, e incluso a que los estudiantes lleguen a una formulación de sus propios modelos que expliquen los fenómenos naturales.

Por lo anterior, estamos basados en el modelo constructivista del aprendizaje activo. Novack (1988) afirma que: “*el constructivismo intenta explicar cómo el ser humano es capaz de construir conceptos y como sus estructuras conceptuales le llevan a convertirse en las gafas perceptivas que guían su aprendizaje*”. En otras palabras, asume al estudiante como un ente capaz de construir conocimientos por sí mismo, es decir que cada individuo construye significados a medida que va aprendiendo.

Entonces Feixas y Neimeyer (1996) considera que la base fundamental para un aprendizaje constructivista es traer a colación los conocimientos previos, las creencias y las motivaciones de los estudiantes en primera instancia. Y en segunda instancia, establecer relaciones entre los conocimientos para la construcción de mapas conceptuales y la organización semántica de los contenidos en la memoria.

Todo esto con el objetivo de que el estudiante tenga la capacidad de construir significados a base de reestructurar los conocimientos que se adquieren de acuerdo con las concepciones

básicas previas del sujeto. Los estudiantes deben auto aprender a dirigir sus capacidades a ciertos contenidos e ir construyendo ellos mismos el significado de esos contenidos que han de interiorizar.

Pero ahora inmersos en el aprendizaje activo, Silberman (1998) afirma que: *“es una estrategia de enseñanza – aprendizaje cuyo diseño e implementación se centra en el alumno al promover su participación y reflexión continua a través de actividades que promueven el diálogo, la colaboración, el desarrollo y construcción de conocimientos, así como habilidades y actitudes”*. Es por esto que queremos propiciar espacios de reflexión para la resolución de problemas relacionados con fenómenos físicos presentes en su entorno y relacionarlos con la bicicultura; de esta manera los estudiantes desplegarán habilidades de análisis y lógica que permita lograr una comprensión del tema con ayuda del maestro, sus compañeros y la experiencia obtenida a partir de la interacción con la bicicleta y la bicicultura.

Por ello, el aprendizaje activo, concebido desde la enseñanza de la física, hace uso de los experimentos discrepantes (ExD) como lo menciona Barbosa, L (2008) los ExD *“es un montaje que al accionarlo manifiesta un fenómeno impactante o contra intuitivo para el estudiante. El fenómeno puede corresponder a un suceso que ocurre cuando el observador está esperando otro”* De acuerdo con esto, los experimentos discrepantes serán unas de las actividades propuestas, las cuales llamarán la atención del estudiante porque permiten estar a la expectativa de lo que va a suceder con el objeto, poniendo a prueba las competencias de los muchachos en cuestión de lógica y análisis de situaciones.

3.4 Relación del uso de la bicicleta con el currículo en el contexto colombiano

Ahora es importante considerar el contexto que hay en las aulas de clase desde el punto de vista curricular colombiano. La nueva ordenación curricular plantea que la enseñanza de las ciencias en la educación ha de contribuir a desarrollar el pensamiento científico de los niños y niñas, y este es un objetivo actualmente compartido en el currículo científico de muchos otros países. (Charpak, Léna y Quéré, 2006; NRC 2007. Citado de Martí Feixas, 2012 pág. 37)

De lo anterior, según el Ministerio de educación nacional colombiano existen unos referentes comunes a los cuales el libre albedrío de cada institución esta precedido y condicionado por estos referentes comunes: estándares básicos en competencias. Estos, son criterios claros y públicos y dan cuenta según el Ministerio de Educación de que existen estándares de competencias básicos, que en últimas intenta que los estudiantes logren articular lo tratado en la escuela en experiencias sensibles y significativas para sus vidas:

“Para que una persona pueda mostrarle a alguien que tiene una competencia, no basta mostrarle que tiene los conocimientos necesarios, ni que posee las habilidades, ni que tiene las comprensiones, actitudes y disposiciones adecuadas, pues cada uno de estos aspectos puede estar presente sin que la persona muestre que es competente para esa actividad, si no los relaciona y organiza en función de un desempeño flexible, eficaz y con sentido....” (Nacional, 2006, pág. 12)

En este orden de ideas, el Ministerio también considera que el estudiante de grado decimo se aproxima al conocimiento como científico(a) natural con afirmaciones como: Observo y formulo preguntas específicas sobre aplicaciones de teorías científicas, Identifico variables que influyen en los resultados de un experimento, Realizo mediciones con instrumentos y equipos adecuados, Registro mis observaciones y resultados utilizando esquemas, gráficos y tablas, Registro mis resultados en forma organizada y sin alteración alguna, Establezco diferencias entre descripción, explicación y evidencia. Estos son algunos de los referentes que nos resultan más relevantes y discutibles para tratar y poner nuestra postura antes de articular nuestra propuesta de aula con los objetivos ya que desde nuestro punto de vista, intentar utilizar de forma inadecuado el método científico actual con el método científico escolar que en última, realmente se debería tratar en la escuela, debe ser punto de partida.

Estas formas de aproximar al estudiante al conocimiento científico han sido motivo de muchas críticas y por tanto antes de continuar el desarrollo es necesario hablar de la concepción de pensamiento científico y la concepción del conocimiento científico en la escuela. Para el pensamiento científico según Zimmerman (2003, Citado de Martí Feixas, 2012), lo define como:

“La aplicación de los métodos y los principios de la investigación científica al razonamiento o a la resolución de preguntas o situaciones problemáticas [...] comporta el uso de las habilidades implicadas en generar, evaluar y revisar evidencias y teorías, así como también la capacidad de reflexionar sobre el proceso de adquisición y revisión del conocimiento”

En consecuencia, la ciencia es una forma de ver la realidad que produce el conocimiento y permite comprenderla e intervenir en ella. Para la concepción del pensamiento científico escolar, hay que pensar más desde las ideas y los puntos de vista de los niños y adolescentes ya que cada quien tiene diferentes experiencias con el mundo y por tanto no pueden estar totalmente en concordancia con las ideas y formas de ver la ciencia al mundo (Martí, 2012). Martí Feixas (2012) habla que nuestro sistema cognitivo de serie está configurado para conocer al mundo pero

no para conocerlo a la manera de la ciencia, a no ser que hayamos tenido un entrenamiento científico.

Una vez enunciado el conocimiento como una construcción de saberes, que se da a través de una interacción mediada por la experiencia, entra el experimento a jugar un papel importante como consolidación del fenómeno. Al cual, nuestro papel como educadores se ve mediado por el lenguaje a la hora de proponer una actividad para nuestro cometido. Ya que como sabemos el fenómeno da cuenta de la realidad como se muestra, haciéndose pretine plantear el problema de la verdad como un problema de contexto. Por tanto al sumergir el problema de la estabilidad en un contexto cultural y social, hago evidente el fenómeno del cual vamos a hacer conciencia. (Chaparro y otros., 1997)

3.5 Construcción de actividades

Una vez en este punto surgió en nuestro pensamiento lo dicho anterior como una pregunta, es decir, ¿Cómo plantear estas reflexiones para que puedan hacer conciencia de la estabilidad y sustentabilidad de la que hemos hablado para plasmarla en clase? Construir las actividades resulto algo sencillo en estos términos, ya una vez reconocida por nosotros la relación entre el problema de la estabilidad de la bicicleta y sus aspectos socio-culturales, y a esto sumado las necesidades del plantel educativo, podíamos construir tales actividades de tal forma que la reflexión tanto del estudiantado como de nosotros facilitara la construcción de la siguiente guía. Pues según (Chaparro y otros, 1997)

“...en la actividad cultural de la escuela el maestro no es el único que aporta experiencias, es necesario también contemplar al estudiante, el contexto institucional; de tal manera que es la interacción permanente y en la búsqueda y definición conjunta de interacciones y experiencias que se configuran vivencias de conocimiento completamente distintas a las que se pueden suponer desde la perspectiva del maestro”

Por tanto nuestra forma de presentar las actividades no va a tratar únicamente de dar una receta, ni de construir un modelo el cual no requiera modificaciones, ya que al poner en juego una serie de experiencias que requieran poner al estudiante a pensar sobre el fenómeno, lo llevamos a explorar el mundo y que así construyan una visión de este, para que sean capaces de descubrirlo, de explicarlo, de contarlo a alguien, y en ultimas de armar un discurso.

3.6 Metodología

En ese orden de ideas el enfoque desde el cual se va a realizar la investigación es desde el modelo de aprendizaje activo, donde *“los niños aprenden en situaciones naturales en las que investigan el mundo que les rodea... Mediante sus interacciones con los demás, aprenden a utilizar el lenguaje para dar sentido a sus experiencias y comunicar sus conocimientos”* Schwartz, S. & Pollishuke, M. (1998) Esto, con el fin de promover espacios reflexivos en las clases de física, que permitan a los estudiantes, identificar en su entorno, diversos fenómenos que desde la física y la actividad científica escolar, se pueden argumentar y explicar.

Como bien se ha dicho, dentro de la actividad científica escolar, los fundamentos teóricos están estrechamente relacionados con las actividades experimentales dentro del aula, así que al referirnos a las diferentes técnicas de enseñanza, Teniendo en cuenta que el estudiante es el centro del proceso de aprendizaje, la metodología propuesta para el desarrollo de la unidad que tienen como fundamentos:

- I. Cada tema debe desarrollarse partiendo de elementos intuitivos; con base en ellos, se iniciará un proceso de construcción hasta llegar a la formalización y conceptualización.
- II. Para que el estudiante maneje adecuadamente nociones y conceptos, es necesario que éste interactúe de manera directa con los objetos, asociando su acción con la representación para formular, comparar, interpretar, observar, clasificar y sintetizar relaciones existentes a su alrededor.
- III. Es importante dar libertad a los estudiantes para desarrollar su pensamiento; esto lo conduce a la construcción de sus nociones y operaciones mediante su acción personal.
- IV. Las experiencias de aprendizaje deben enfocarse de tal forma que el estudiante descubra los conceptos propios del área y al mismo tiempo estos contribuyan a su formación integral.

Con esta metodología no se quiere determinar el rol específico del estudiante, solo se quiere determinar al estudiante como agente central del proceso de aprendizaje y el maestro como un agente investigador a la par del estudiante, teniendo en cuenta que la **participación activa del estos** es el eje central. Esta investigación se desarrollo en tres etapas, que se muestran a continuación en la tabla 3.0 y que se discutira su abordaje en el apéndice A:

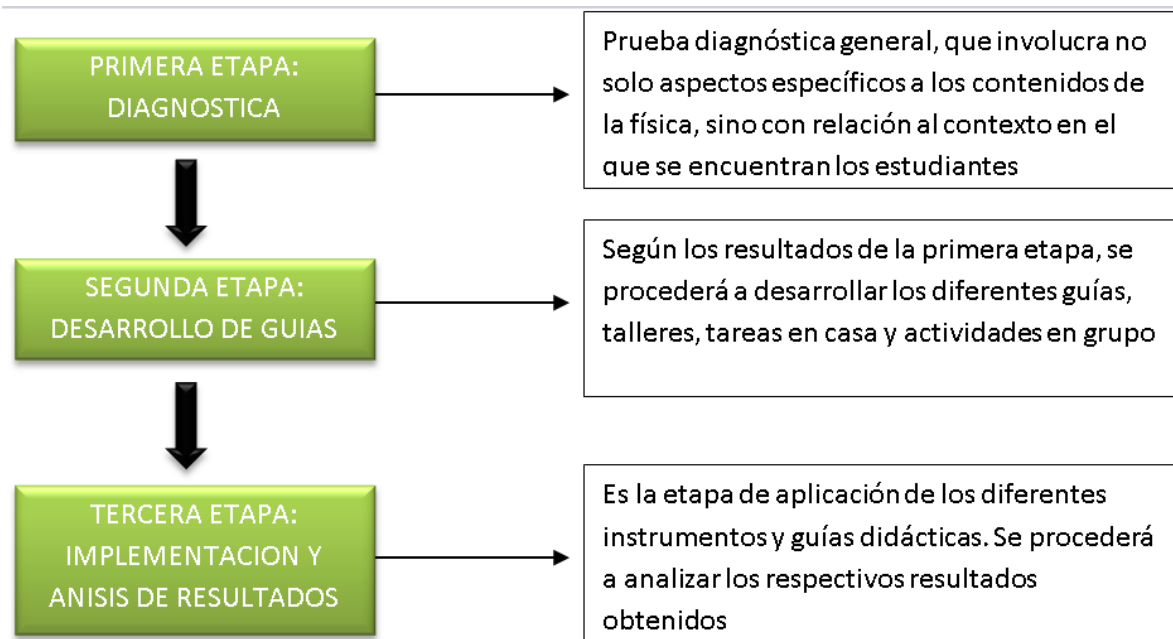


Tabla 3.0. Etapas de desarrollo de la investigación

4. CONCLUSIONES

Como eje fundamental del trabajo se desarrolló la idea de cambio por medio de la bicicleta, por tal razón la idea de cambio se contextualiza por medio de diferentes movimientos en términos culturales, científicos y generadores de una nueva idea acerca de la enseñanza de la física y las ciencias en general. Por tal motivo se resalta la importancia de la idea de bicicultura, ya que nos permitió abrir este nuevo mundo de posibilidades para dar cuenta del cambio cultural, científico y escolar.

Cabe rescatar estas ideas que emergieron de la bicicultura y ver como la bicicleta fue dinámica en términos de su ingeniería y como solo es estable su uso en la medida en que se dinamice e incentive la cultura de la bicicleta. En este orden de ideas la dinámica misma de la bicicleta aparece acorde andamos con ella y con esto, sea estable. Por lo anterior, resulta interesante interpretar este movimiento histórico y moverlo por medio de un punto fijo, que genere una rotación de la ciudadanía y la construcción del pensamiento crítico, y por qué no, en las ciencias, la enseñanza de las ciencias y la construcción del conocimiento científico escolar.

Por medio de la bicicultura se utilizó un componente fundamental de la bicicleta y en específico, un kit de ruedas, que generó diversas experiencias que permitieron caracterizar y ampliar la construcción fenomenológica de la rotación. Esta caracterización nos permitió formalizar los movimientos de rotación y la manera cómo podemos dar cuenta de la explicación del concepto de momento angular fundamentados en la idea de cambio. Este cambio visto desde el punto de vista de la física, permitió construir y organizar el concepto de momento angular de manera diferente a partir de las áreas que barre un radio-vector, de tal manera que ilustra la idea de momento angular para partículas que describen trayectorias lineales.

Llevamos al aula de clase una propuesta de aula basada en la construcción de experiencias por medio de la bicicleta para dar cuenta de la rotación de las ruedas y la fenomenología implícita en ella. Logrando contextualizar una forma diferente, según los resultados descritos en la sistematización, de abordar el tema de rotación por medio de experiencias biciculturales.

Esta nueva manera de pensar moviéndose en el mundo por medio de la bicicleta, tiene como consecuencia cambiar las dinámicas asociadas a la enseñanza de las ciencias, de las ciencias y este espacio propicio y generador de un cambio al pensamiento de manera crítica que fomenta la sustentabilidad de la ciudadanía. Por consiguiente se genera una propuesta para formalizar diversos fenómenos de las ciencias a través de la bicicleta y la idea de bicicultura.

Se estableció una relación entre la enseñanza de las ciencias y la bici cultural en diversos contextos, para así generar espacios colectivos de enseñanza como parte de la ciudad y los estudiantes como ciudadanos en formación, que construyen un pensamiento crítico sobre las ciencias. Es difícil dar cuenta en detalle cual fue de cual fue el proceso y formación del estudiante en términos de movimiento bici cultural

5. REFERENTES BIBLIOGRAFICOS

- Ayala, M. (2002). De la mecánica a la actividad de organizar los fenómenos mecánicos: hacia la construcción de propuestas alternativas para la enseñanza de la mecánica. Bogotá, Colombia.
- Ayala, M. M., Romero, Á., Malagón, J. F., Rodríguez, O., Aguilar, Y., & Garzón, M. (2008). *Los procesos de formalización y el papel de la experiencia en la construcción del conocimiento sobre los fenómenos físicos*. Bogotá, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional.
- Barbosa, L. H. (20 de junio de 2008). Los Experimentos Discrepantes en el aprendizaje Activo de la Física. *Latin-American Journal of Physics Education*, 3(2).
- Bravo, P. (Ed.). (2015). *Biciclosos*. Colombia, Bogotá, Colombia: Penguin Random House.
- Chaparro, C. I., Gonzales, J. F., Orozco, J. C., Pedreros, R. I., & Vallejo, J. I. (1996). *Introducción a la física de procesos desde una perspectiva fenomenológica*. Bogotá: El Fuego Azul.
- Da Vinci, L. (1490). *CODEZ ATLANTICUS [Boceto]*. Fecha de consulta: 29 de mayo del 2015. Recuperado de: <http://www.bne.es/es/Micrositios/Exposiciones/>. Italia: Manuscrito Original.
- Feixas, P., & Neimeyer. (1996). *Convergent lines of assessment: Systemic and constructivist contributions*. Londres, Inglaterra: Publicada traducción castellana en Ediciones Paidós, Barcelona.
- González Méndez, L. (2003). "LA BICICLETA EN EL LABORATORIO DE FÍSICA: UNA FORMA AMENA Y DIVERTIDA DE APRENDER". (A. R. On-line, Ed.) *Autodidacta: Revista De La Educacion En Estremadura*, 48-61.
- Guerrero, L. (2015). *About en español - Vida Verde*. Recuperado el 12 de Agosto de 2015, de ¿Qué significa sustentabilidad?: <http://vidaverde.about.com/od/Vida-Verde101/g/Que-Significa-Sustentabilidad.htm>
- Hewitt, P. (2007). *Física conceptual*. Mexico: Pearson.
- Horta, A. (2010). *Bicicultura*. Recuperado el 10 de Julio de 2014, de Centro de cultura de Chile: www.bicicultura.cl/content/view/full/762976/Que-es-la-bicicultura.html
- Jimaenez, a., & Sammartí, N. (1997). *¿Qué ciencia enseñar?, objetivos y contenidos en la educación primaria*. España: ICE de la universidad de Barcelona.
- Martí, J. (2012). Aprender ciencias en educación primaria. En J. Martí, *Aprender ciencias en educación primaria* (primera ed., pág. 164). Barcelona, España: GRAO.
- Morales, I. (abril de 2011). El fomento del uso de la bicicleta en entornos educativos. *Wanceulen*(8), 48 - 66.

- Muñoz, J. (2014). *Diseño de una unidad didáctica para la rotación de un cuerpo rígido: el caso del momento de una fuerza o torque*. Santiago De Cali: Universidad del Valle.
- Nacional, M. d. (2006). *Estándares básicos en competencias en lenguaje, matemáticas, ciencias y ciudadanas* (primera edición ed.). (M. d. Nacional, Ed.) Bogotá, Colombia: Editorial Escribe y Edita Mariana Schmidt Q.
- Navarro, P. (2010). *La ingeniería de la bicicleta*. Barcelona, España: Funcación ESTEYCO.
- Nolvak, J. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona, España: MARTÍNES ROCA.
- Nussbaum, M. (2010). *Sin fines de lucro. Por qué la democracia necesita de las humanidades*. España: Katz Editores.
- Ortega Girón, M. R. (Abril de 2009). *Mécanica 2. Lecciones de física*. Córdoba, España.
- Sánchez, J. (1988). *La Física de la bicicleta*. Madrid, España: Ediciones de la Torre.
- Schwartz, S., & Pollishuke, M. (1998). *Aprendizaje Activo. Una organización de la clase centrada en el alumnado*. Madrid, España: Editorial NARCEA S.A.
- Silberman, M. (1998). *Aprendizaje Activo. 101 estrategias para enseñar cualquier tema*. Argentina: Editorial Troquel.
- Tipler, M. (2010). *Física para la ciencia y la tecnología*. Mexico: Reverté.

APÉNDICE A

LA BICICULTURA EN LA CLASE DE FÍSICA (ACTIVIDADES DE SOCIALIZACIÓN)

En esta parte discutiremos como fue el proceso, construcción y reflexiones durante la implementación, cuyos datos fueron obtenidos durante el transcurso del primer semestre del año 2015 en la practica 3.

Aspectos físicos de la institución:

Esta implementación fue realizada en el colegio I.E.D. República de Colombia ubicado en Cl. 68 #69 – 10 de Bogotá del barrio la Estrada, que en general es estrato socio-económico 3 categorizado por el DANE. El colegio posee un gran terreno dividido en canchas y estacionamiento, pero la planta física de los salones es estrecha como vemos en la siguiente Foto.



Foto 1. Tomada de Estudiantesupn´s blogs

Contextualización

Hemos encontrado que, durante la práctica I y II, en el colegio I.E.D República de Colombia de la localidad Engativá, existen diversos problemas relacionados con el abordaje de las clases de física para el grado decimo. Problemáticas que se describirán a continuación:

- El colegio posee una sala destinada a un laboratorio de física al cual nadie tiene acceso, y la propia experiencia en la práctica pedagógica percibimos que los estudiantes de grado décimo no han hecho ningún laboratorio en lo corrido del año 2014.
- Debido a las ausencias constantes de la profesora asignada al área de física, que se incapacitaba por estrés, los estudiantes muchas veces se quedaban sin clases.
- Cuando era citado un nuevo profesor para cubrir el área de física (reemplazo) muchas veces este profesor solía ser de matemáticas y en cuanto se ajustaba a las dinámicas del curso (tanto a la forma de abordar las clases de física como la de trabajar con los estudiantes), llegaba de nuevo la profesora la cual duraba de tres a cuatro días y se volvía a incapacitar.
- Puesto que la profesora no avisaba con tiempo, y las incapacidades iban de las tres semanas al mes o dos meses, el trascurso del programa era inconstante haciendo difícil la continuidad de los temas. (En este caso mecánica newtoniana de grado decimo)
- En total asistieron cinco profesores durante el trascurso de estas dos prácticas y se abordó hasta la tercera ley de newton y parte del tema de torques.

Siendo consciente de las problemáticas anteriores, en cuanto ingresamos a la práctica tres, el nuevo profesor nos propuso implementar en los grados 11, pues resaltando el grado en el que estaban los estudiantes, no se había abordado el tema de rotación, siendo pertinente conocer estos temas para las pruebas SABER 11 y los exámenes finales.

Seguimiento de los resultados

Nuestra implementación consistió primero en el desarrollo de una encuesta de reconocimiento, para analizar los pre-saberes que tenían los estudiantes, para así desarrollar una serie de guías para analizar los temas relacionados con la rotación de los cuerpos rígidos en relación a la biculturalidad.

Reconocimiento de la población

Esta implementación se realizó para los estudiantes del grado 11, del colegio I.E.D. República de Colombia, entre los que encontrábamos hombres y mujeres que pertenecían a los estratos 2 y 3, cuyas edades circundaban entre los 15 y los 19 años de edad.

Objetivos planteados para la implementación:

- I. Reconocer el entorno de los estudiantes de grado once y conocer que conceptos sabe acerca de la rotación de los cuerpos y como interpretan o explican los fenómenos vistos.

- II. Explicar a los estudiantes de grado once los fenómenos de rotación y su relación con la biculturalidad, con el apoyo de guías que se implementaran en cuatro sesiones y a su vez aplicar las consecuencias de conocer estos comportamientos a la cotidianidad más exactamente con ayuda de la bicicleta.
- III. También se quiere que los estudiantes de grado once entiendan e interpreten el comportamiento de los cuerpos al girar y sean capaces de sustentar que ocurre.

El Bici-kit de ruedas

Debido a la importancia que tiene la experimentación con relación a los cuerpos que giran, se diseñado y construido un kit de ruedas de diferentes tamaños como mencionamos en el capítulo 2. El kit consta de 3 ruedas, la rueda 1 y 2 (fig. 3.1) tiene un diámetro de 12 pulgadas, y la rueda 3 (fig. 3.2) tiene un diámetro de 20 pulgadas.



¿Por qué construir un kit?

Debido a la importancia que tiene la experimentación con relación a los cuerpos que giran, se diseñado y construido un kit de ruedas de diferentes tamaños.

El primero fue realizar una experimentación primaria la cual nos permitiera explicar tanto física como matemáticamente que ocurre cuando los cuerpos rota, como lo evidenciamos en el capítulo 2, pues creímos necesario experimentar y luego formalizar este conocimiento matemáticamente.

Segundo, debido a que la experimentación se hacía tan amena y explicativa, fue pertinente la construcción de este para llevarla al aula de clase y así dar una versión, a las explicaciones, mas allegada la realidad y acorde con sus experiencias

Encuesta (Apéndice C - Pág. A)

Objetivos de la encuesta:

- Reconocer los intereses de los estudiantes de grado once y la disposición de estos frente a la institución y la labor docente.
- Reconocer que aspectos conoce el estudiante sobre la biculturalidad y la sustentabilidad.
- Conocer los pre-saberes que tiene el estudiante enfocados al tema de rotación para así desarrollar los planteamientos del tema a reforzar.

Resultados y discusiones de la encuesta:

Entre los resultados obtenidos encontramos que el 72,111 % de los estudiantes encuestados se siente a gusto con la formación académica que les brinda la institución y cómo los maestros influyen en su proceso de enseñanza aprendizaje de manera positiva. Esto permite dar cuenta que los estudiantes encuestados consideran que la labor docente aparte de tener un papel importante en cuanto a los procesos de formación integral de los estudiantes también es un motivador para ellos.

Así mismo, el 61,111% (Tabla 1) de los estudiantes consideran que el colegio es un espacio positivo para su formación porque, en palabras de ellos, « *los profesores nos motivan, nos escuchan, nos dan consejos, son amigos, enseñan...*» Desde esta perspectiva, el maestro desempeña un papel indispensable para los procesos de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes.

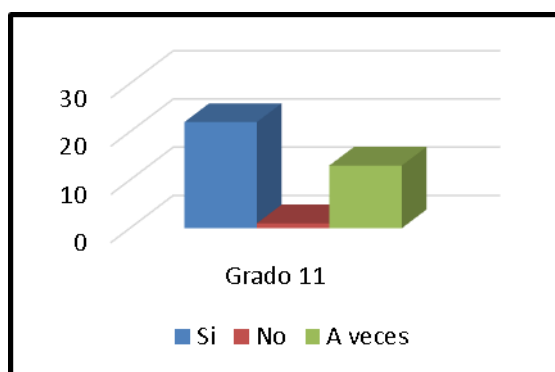


Tabla 1. Resultados encuesta

Pregunta 2: “¿El colegio IED República de Colombia es un espacio positivo para tu formación académica, laboral y personal?”

Entre las respuestas más comunes encontramos cerca del 56,3% de los estudiantes quieren ser ingenieros, y otros en menor medida querían dedicarse a la parte de salud, veterinaria o profesiones militares, entre otras. La mayoría describía que el colegio era un ambiente propicio para su desarrollo personal y profesional, pues necesitaban de lo que aprendían para el desarrollo futuro de sus carreras. También eran conscientes que para lograr su meta era necesario graduarse, y otros referenciaban el colegio como el lugar en donde podían estar con sus compañeros.

En la segunda parte de la encuesta primero preguntamos si sabían montar en bicicleta, el cual encontramos que el 95% de los entrevistados sabían montarla y cerca del 90% la utiliza para desplazarse. Segundo, preguntamos que era la bicicultura, algunos lo relacionaban directamente con la cultura que ha generado el uso de la bicicleta, pero más del 60% asociaba este termino con el uso de casco, luces y prendas reflectivas.

En la tercera parte de la encuesta preguntamos acerca de lo que creían que era un vector, más del 76% de las respuestas fueron “si pero no me acuerdo”, “variables físicas”, “líneas con flechas” entre otras más. También preguntamos que era la rotación, del cual el 93% de los encuestados lo asociaba con rodar. En cuanto preguntamos acerca sobre los temas que se relacionaban con movimiento circular, las respuestas comunes eran “no abordamos ese tema” o el “año pasado solo vimos las leyes de newton”. Puesto que este resultado ya lo veíamos venir se hizo pertinente abordar primero la temática de movimiento circular uniforme.

Primera sesión – Guía 1: El bici-Movimiento Circular Uniforme (Apéndice C - Pág. A)

Objetivos de la sesión 1:

- Dar a conocer por medio de la bicicleta en que consiste el movimiento circular uniforme para evidenciar si es bien aceptada esta forma de explicar.
- Realizar una discusión acerca de que tipos de velocidades pueden estar presentes en la rotación para dar cuenta de los pre-saberes de los estudiantes.
- Reconocer si el estudiante es capaz de formular una hipótesis y compartirla con sus compañeros.

Experiencias de la sesión 1:

Una vez en clases, empezamos preguntando ¿Cuándo se gira una rueda de bicicleta en un punto fijo suspendida en el aire hay velocidad?, por medio de esta pregunta se armó un debate, puesto que habían unos que consideraban que no había velocidad porque no había cambio de posición, otros afirmaban que sí podía tener velocidad porque había movimiento en ella. Consecuente a esto trajimos una rueda de bicicleta y la pusimos a rodar. Una vez en movimiento alguien menciono que debían existir otros tipos de velocidades, a lo cual preguntamos si alguien conocía como se llamaban o como podían describirlas. Así que procedimos a experimentar con la rueda para así dar cuenta de que tipos de cambios habían en esta y una vez terminada la experimentación, se dio paso a realizar la introducción al tema por medio de la guía. Una vez terminada la explicación teórica, dimos paso a resolver uno pequeño cuestionario y aparte pedimos que al final de la clase nos pasaran un pequeño papel con una autoevaluación con respecto a cómo sentían que les había ido y la justificaran.

Análisis de las respuestas de la guía 1:

En la tabla 2 encontramos que cerca del 83,3% del curso respondió acertadamente la pregunta. Logramos notar que debido a la información presente en la guía, era de esperar un resultado como este, los jóvenes lograron analizar correctamente el problema y sus respuestas coincidían mayormente.

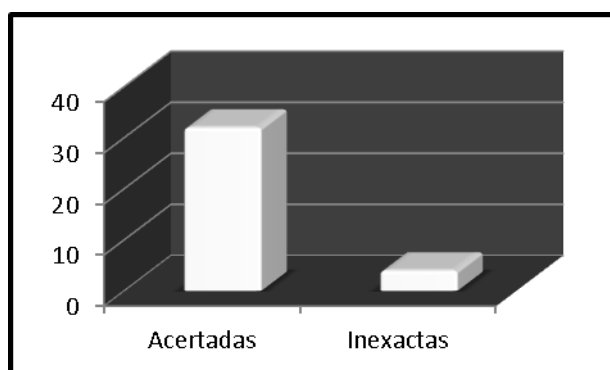


Tabla 2. Resultados guía 1

Pregunta 1: "¿Cuál es el desplazamiento angular del minutero de un reloj analógico cuando se mueve desde los 15 a los 45 minutos?"

En la tabla 3 encontramos que la mayor parte del curso respondió correctamente esta pregunta. Puesto que anteriormente ya habíamos llevado la rueda al aula y habíamos las velocidades por medio de la rueda de la bicicleta.

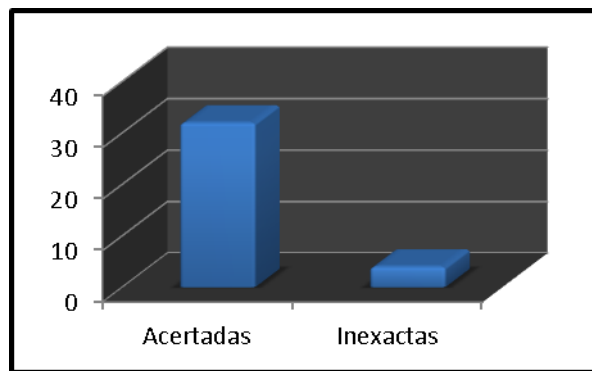


Tabla 3. Resultados guía 1

Pregunta 2: “¿Cómo podemos a partir de una rueda de bicicleta conocer su velocidad tangencial?” ¿Velocidad angular?

Con respecto a la autoevaluación, pretendíamos determinar qué tan confiados se habían sentido con sus respuestas, pues creemos que no solo las respuestas que dan, siendo acertadas o no, puedan comprobar en 100% si la actividad fue exitosa o no. Siendo factible que ellos se evaluaran para que dieran cuenta de que tanto habían comprendido o no el tema en cuestión.

Conclusiones de la sesión 1:

Logramos dar cuenta de como los estudiantes fueron capaces de reconocer la temática y formular sus propias explicaciones acerca de la pregunta problema que se planteó, y como a medida del desarrollo de la clase, los estudiantes dieron explicaciones lógicas y acordes al conocimiento sobre la temática de rotación usando la bicicleta para que a partir de la contextualización se pudieran formalizar las ideas de estos.

Con respecto al análisis de esta autoevaluación encontramos que el promedio de las notas eran 9,1 con respecto al 9,4 que sacamos nosotros de los datos recogidos, por tal motivo consideramos que al ser los resultados parecidos, evidencia que hubo buena aceptación sobre la implementación de la guía.

Observaciones y recomendaciones de la sesión 1:

Al profesor a cargo del curso once, le gusto la forma como dirigimos la clase, pero difirió en que agregáramos la palabra “bici” al nombre de movimiento circular uniforme, según él, podían confundir los temas. Desde nuestro punto de vista, y desde el de nuestra profesora orientadora de la practica 3, esto hacia más llamativo los títulos, sin embargo no los volvimos a incluir en las guías.

Segunda sesión – Lectura de bicicultura: ¿Qué es la bicicultura? (Apéndice C - Pág. A); Y guía 2: Movimiento circular uniforme: La frecuencia, el periodo y la velocidad lineal (Apéndice C - Pág. A)

Objetivos de la sesión 2:

- Explicar a los estudiantes de grado once sobre el término de bicicultura y como el uso de la bicicleta puede ayudar a promover diversos espacios.
- Explicar los términos de frecuencia, periodo y velocidad lineal por medio de actos biciculturales para que los estudiantes se puedan aproximar a estos conceptos.
- Realizar actividades para amenizar la comprensión de los temas de velocidad y frecuencia con el pedaleo.

Experiencias de la sesión 2:

Para esta sesión llevamos a los estudiantes al patio y repartimos la lectura de bicicultura para leerla entre todos. Gran parte del curso no conocía el término bicicultura, pero eran capaces de asociarlo con la cultura que hay entorno al uso de la bicicleta. Una vez terminada la lectura comenzamos con las preguntas de esta. En conclusión, los estudiantes explicaron el por qué era pertinente usar la bicicleta para ayudar al medio ambiente y a la economía del hogar, denotando que son conscientes de las problemáticas ambientales que trae consigo el uso de energías no renovables y del porque sí la usarían para transportarse. Cuando preguntamos ¿Porque crees que el uso de la bicicleta en la clase de física promueva la bicicultura?, entre las respuestas más destacadas hubo quienes contestaron que el uso se la bicicleta en la clase de física ayudaba a comprender los temas, que su uso servía como experimento, y otros que ayudaba a concientizar su uso para ayudar al medio ambiente.

Para la segunda parte de la sesión hicimos primero una carrera, la cual consistía en que ganaba el último que llegara a la meta. Después de varias carreras hicimos una pregunta desencadenante. La pregunta fue ¿Cómo se relaciona la frecuencia de pedaleo de un ciclista con su rapidez media de su movimiento? Como lo habían evidenciado, encontramos que cerca del 80% contestaron que era directamente proporcional, a lo que pasamos a la siguiente pregunta: ¿Cuál es la relación que existe entre las vueltas que da el Plato (grande) con relación a la que da la Pacha (pequeña)? La mayoría concordaba que la grande daba más vueltas que la pequeña, puesto que al ser más grande cubría más área, así que para la continuidad de la actividad, con una

cinta pegante roja colocamos un pedazo en el Plato y otro en la Pacha para ver cuál daba más vueltas.

A lo que muchos se sorprendieron, pues la pequeña daba más vueltas, y preguntamos ¿Por qué la pequeña daba más vueltas?, como nadie respondía les pedimos que se acercaran y movieran las ruedas, a lo que alguien dijo que dependía de los radios del Plato y la Pacha, pues como el radio de este último era menor, daba más vueltas que el otro. Inmediatamente alguien pregunto ¿Por qué había un “piñón” pequeño y uno grande?, por tanto enfocamos la clase a contar un poco acerca de la historia de la bicicleta.

Específicamente contamos acerca de la primera bicicleta y como su uso llevo a construir el velocípedo de rueda alta o “Ariel” , y del porque al no tener esta relación entre la Pacha y el Plato, se hizo pertinente construir una bicicleta de rueda alta para avanzar , pero una vez se inventó esta relación, ya se podía seguir ejerciendo el mismo torque a las bielas del Plato y debido a que la Pacha daba más vueltas que la biela, esta última hacia que la rueda trasera diera las mismas vueltas que la Pacha, por tanto ya no era necesaria una rueda grande.

Entre lo que contamos, denotamos el prestigio social que otorgaba estar sobre esta bicicleta y sus difícil accesibilidad y los accidentes que se provocaban al estar tan altos (es decir llevar el centro de masa tan alto). Una vez explicada esta pregunta se nos hizo oportuno pasar a una formalización de este conocimiento, por tanto pasamos al desarrollo de las actividades de la guía. Y una vez terminada la sesión pedimos que se autoevaluaran y explicaran el por qué. Anexo a esta actividad, pedimos que se llevaran la guía número 3 y la leyeran en la casa.

Análisis de las respuestas de la guía 2:

Para la pregunta uno evidenciamos que cerca del 86,111% (Tabla 4) de los estudiantes respondieron de una forma aceptable lo que planteaba la pregunta, pero curiosamente aquellos que no respondieron de forma acertada, confundieron el piñón con el plato dando un resultado contrario.

Por tal motivo no consideramos que su respuesta allá estado incorrecta, si no inexacta, aunque de hubo otros casos en los que no se realizó el procedimiento matemático pero la explicación era bastante aproximada a lo que se quería llegar.

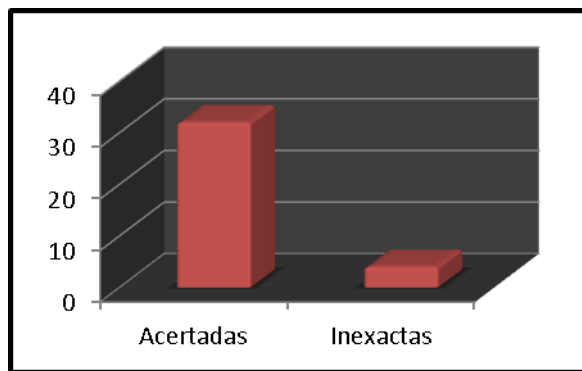


Tabla 4. Resultados guía 2

Pregunta 1: *¿Cómo se relaciona la rapidez tangencial del plato (V -plato) con la rapidez tangencial del piñón (V -piñón)? Expresen esta relación matemáticamente.*

Para la siguiente pregunta denotada en la tabla 5, encontramos que el 83,333 de los estudiantes respondieron en totalidad la pregunta, haciendo uso correcto de los términos para tal explicación. Por otro lado aquellos cuyas respuestas fueron “inexactas” (cerca del 16%) realizaron la explicación conceptual bien, pero no lo demostraron matemáticamente, a lo que a nuestro parecer el 99% de los estudiantes respondieron acertadamente esta pregunta.

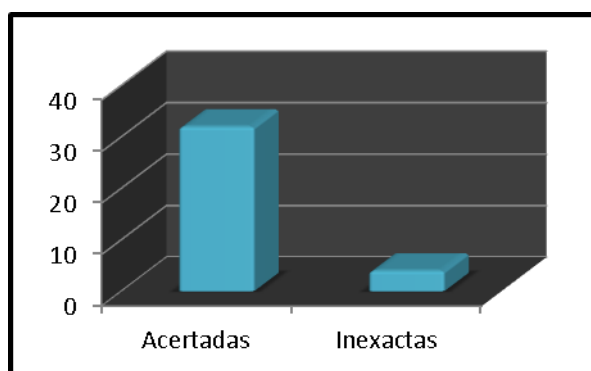


Tabla 5. Resultados guía 2

Pregunta 2: *¿Cómo se relaciona la rapidez angular del plato (R plato) con la rapidez angular del pedaleo (W - pedaleo)? Expresen esta relación matemáticamente.*

Para las otras preguntas encontramos que estos porcentajes eran igualmente elevados, exceptuando la quinta (Tabla 6), pues en esta última encontramos que cerca del 29% respondió que entre más rápida fuera la velocidad tangencial menor era la fuerza que tenía que hacer el ciclista, algo que se hacía claro de resaltar puesto que aunque ambas velocidades son proporcionales, la fuerza tiene que ver en cuanto al pedaleo no era el objetivo de la pregunta siendo igualmente valido su razonamiento.

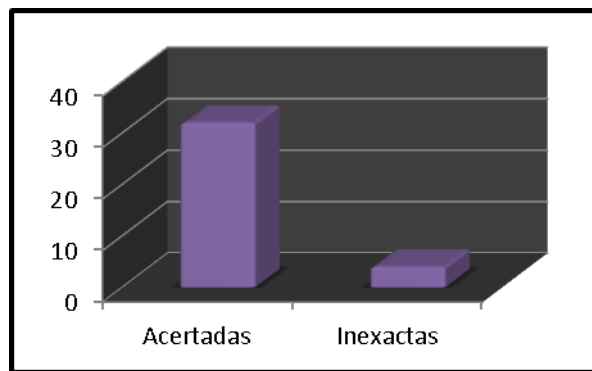


Tabla 6. Resultados guía 2

Pregunta 5: *¿Cómo se relaciona la rapidez tangencial de la rueda con la rapidez del ciclista? A partir de su respuesta, evalúen la validez de su hipótesis.*

Con la última actividad encontramos que el 99% de los estudiantes habían contestado bien pues esta actividad pretendíamos era hacer un repaso conceptual para saber si se hacía necesario reforzar de nuevo los temas.

Conclusiones de la sesión 2:

Como conclusión de la primera parte de la actividad, logramos reconocer que existe en los jóvenes un carácter enfocado a cuidar el medio ambiente, haciendo conciencia de los temas que tienen que ver con sustentabilidad, de cómo una sociedad puede ser estable al igual que lo es una bicicleta. Y de como este proceso de construcción de conocimientos, puede verse incentivado con el uso de la bicicleta en la clase de física.

Desde nuestro punto de vista, no consideramos que la bicicleta sirva como una herramienta simplemente, si no que llevar la bicicleta al aula y hacerla parte de las clases de por sí ya es promover la bicicultura. A lo que junto al curso, llegamos a reflexionar que los actos biciculturales sirven para presentar de una forma alternativa el curso de rotación, también promover el uso de energías limpias y concientizar a los demás.

Con respecto a los términos y de frecuencia, periodo y velocidad lineal encontramos que el promedio de notas fue de 8.8, notamos que gran parte de los estudiantes usaban la terminología correcta para dar explicaciones a los problemas planteados en la guía número 2, por tanto podemos decir que una gran aceptación de los temas abordados en esta guía.

Con respecto a la autoevaluación encontramos que el promedio de la nota fue de 8.8 con respecto al 8.5 que encontramos evaluando la guía. Cuyo resultado fue satisfactorio pues

evidencia que se cumplió el objetivo de que el estudiante comprendiera los temas propuestos y desarrollados en la guía.

Tercera sesión – Guía 3: Momento de inercia (Apéndice C - Pág. A)

Objetivos de la sesión 3:

- El estudiante pueda aplicar los conceptos de torque, fuerza, velocidad angular y velocidad tangencial, por medio de actos biculturales, para construir una explicación sobre el momento de inercia.
- El estudiante observe el movimiento que describe una rueda de bicicleta y pueda dar una explicación aproximada a lo que es momento de inercia.

Experiencias de la sesión 3:

Comenzamos explicando física y matemáticamente como es la relación entre la pacha y el plato, integrando los conceptos de torque, fuerza, velocidad angular, velocidad tangencial por medio de una representación gráfica de la cicla en el tablero y así socializar la guía 3, dando inicio con la pregunta generadora: ¿Cómo puedes demostrar por medio de la rotación de la rueda de una bicicleta qué cuando un cuerpo gira este tiende a seguir girando?, Como muchos ya habían leído, la respuesta general fue que se debía a la inercia rotacional, pues al menos que alguien frene la rueda con la mano, esta va a seguir girando. A lo que preguntamos, ¿solo se detiene cuando la paramos con la mano?, hubo muchas discusiones sobre otras fuerzas y por la resistencia que generaba el aire, inclusive hubo unos que hablaron de humedad, que igual fueron válidas.

Por tanto una vez ya explicado cómo se daba este proceso, pasando a las preguntas y actividades planteadas en la guía 3, que fueron discutidas y formalizadas tanto por nosotros, los docentes, como por los estudiantes (Imagen 1). Tales explicaciones conllevaron a formalizar el concepto de momento de inercia también explicándolo con la rueda de la bicicleta.

La cual fue “cuando un cuerpo gira, como una rueda de bicicleta, esta presenta una respuesta al movimiento, esta respuesta es la que impide que se pueda mover libremente la rueda cuando intentas ejercer un torque sobre esta, y entre más alta sea su velocidad, más difícil será moverla. Esto es llamado momento de inercia.”

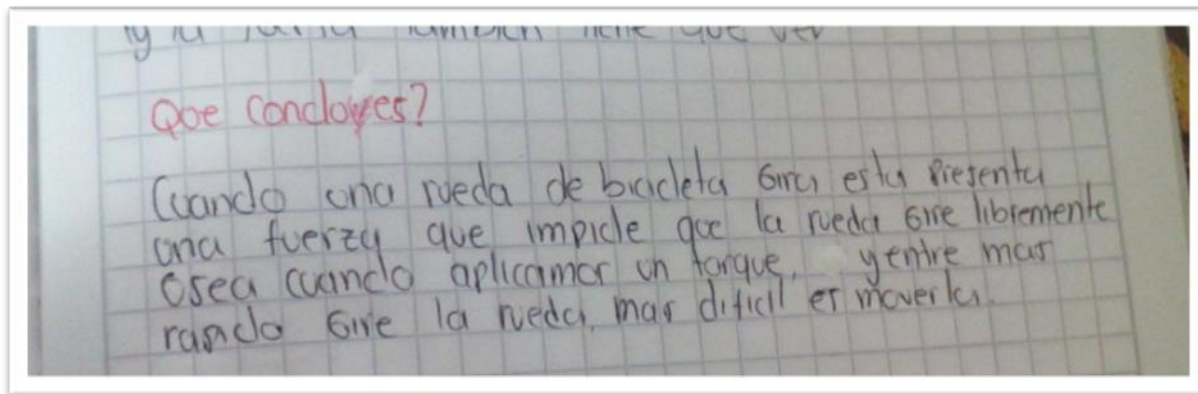


Imagen 1. Respuestas

Análisis de la sesión 3:

En esta sesión, notamos como la participación ayudo a evidenciar que efectivamente se había amenizado la comprensión de los conceptos, pues gran parte del curso, participaba continuamente en la resolución de las respuestas, pues esta guía fue resuelta por todos con el motivo de poder evidenciar que los estudiantes estaban familiarizados con los conceptos de torque, fuerza, velocidad angular y velocidad tangencial.

Conclusiones de la sesión 3:

Se evidencio como los estudiantes usaban la idea de torque, fuerza, velocidad angular y velocidad tangencial para explicar en qué consistía el concepto de momento de inercia a través de su experiencia directa con la rueda de la bicicleta.

Aparte, en la autoevaluación encontramos que el promedio fue de notas fue 9.3, algo que se evidencio con la continua participación de los estudiantes en la resolución de las preguntas y el análisis de las situaciones.

Cuarta sesión – Guía 4: Momento de inercia (Apéndice C - Pág. A)

Objetivos de la sesión 4:

- Establecer por medio de experiencias el concepto de momento angular y su conservación, con el sentido de que el estudiante sea capaz de explicar porque sucede lo que aprecia en las experiencias.
- Realizar experiencias que consten de actividades biciculturales para así presentar de forma diferente que sucede fenomenológicamente.

Experiencias de la sesión 4:

Para esta sesión, teníamos 5 sillas giratorias y pedimos que trajeran por grupo una bicicleta, y comenzamos con la actividad. Primero comenzamos haciendo el experimento de “la mano Mágica”, que consistía en poner a girar una rueda y con un dedo, apoyar el eje de la ciclar en este. De esta manera pareciera que el dedo mágicamente sostenía la rueda en posición vertical, y les pedimos hacerla, fue complicado en principio pues, al no poder controlar el movimiento producido por el momento angular, se les caía muy rápido la rueda. Así que comenzamos a explicar el principio de momento angular y de cómo podíamos presenciarlo en la rueda de una bicicleta.

Lo que se notaba es que para poder sostener la rueda en el dedo, teníamos que girar con esta en el sentido que iba el momento angular, y preguntamos qué pasaba si la poníamos a girar en el sentido contrario al que la habíamos girado. Pues como lo habíamos explicado la anterior clase, ellos predijeron que giraba en sentido contrario. Ya terminada la explicación de las experiencias, procedimos a desarrollar la guía. Y pedimos que por grupos entregaran el desarrollo de la guía como un pequeño informe explicando sus experiencias, y anexo a esto pedimos una autoevaluación.

Análisis de la sesión 4:

Para el análisis de esto nos basamos tanto en las preguntas hechas en clase como en los resultados obtenidos en la guía.

En la tabla 7 encontramos que más del 95% del curso respondió acertadamente, pues constataron en la experiencia como era esta relación, y anexo a esto encontramos que un 77% de los estudiantes que presentaron el informe, anexaron en el dibujo que pasaba al girar la rueda en ambas direcciones.

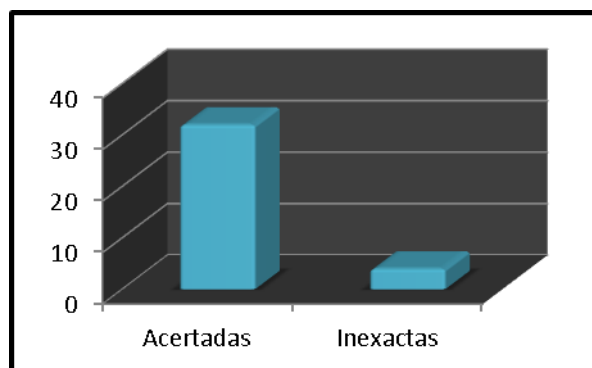


Tabla 7. Resultados guía 4

Pregunta B. *¿En qué dirección y sentido está dirigido el momento angular de la rueda? ¿En qué dirección y sentido está dirigido el momento angular de la silla? Dibuja un esquema de la situación.*

En este último punto (tabla 8) encontramos el 88,8% de los estudiantes habían asociado de una manera óptima lo relacionado en clase plasmándolo en este último informe, pues daban explicaciones concisas acompañadas con un ejemplo siempre, explicando cómo se conservaba el momento y como podían hacer cuenta de este, aunque muchas de las anotaciones que hicieron en el informe, era parte de las explicaciones que hicimos en el tablero, sabían relacionarlo perfectamente con la experiencia y realizaban inclusive analogías de estas .

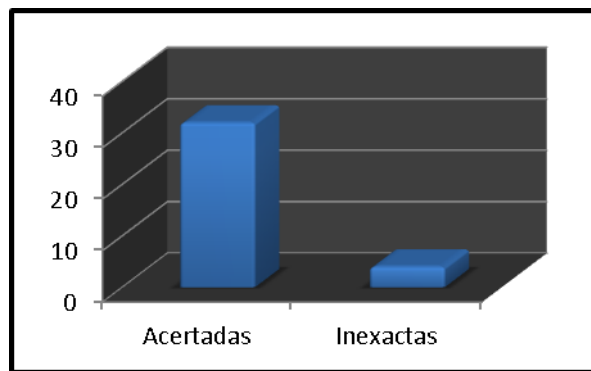


Tabla 8. Resultados guía 4

Pregunta F: De manera individual, describe física y matemáticamente que es el momento angular y como lo relacionas con la actividad propuesta.

Conclusiones de la sesión 4:

Por lo que vimos, logramos que los estudiantes establecieran el concepto de momento angular y su conservación por medio de la experiencia con la rueda de la bicicleta. De igual forma los estudiantes lograron explicar por medio de ejemplos concretos en qué consistía el momento angular y como se daba la conservación de este.

Al realizar experiencias nos dimos cuenta como participaban de forma activa al querer experimentar cada uno que era lo que se sentía y de cómo daban explicaciones de tal forma que podían apreciar el sentido de la conservación del momento angular.

Con respecto a esta última guía, el promedio de resultados fue de 9.5 con respecto a 9.6 de la autoevaluación, debido a esto, logramos inferir que por medio las experiencias los estudiantes lograron dar cuenta de los temas abordados usándolos para estructurar sus respuestas, y estas aparte de dar cuenta de que saben explicar matemáticamente el fenómeno, se llevan una idea de estas experiencias para que sean capaces de comunicarlas de manera oral, a familiares, amigos, conocidos, entre otros.

Conclusiones de la implementación

Teniendo en cuenta el contexto y las estrategias de enseñanza aprendizaje de las clases de física en la jornada de la mañana del I.E.D. República de Colombia, es importante mencionar, que la implementación de contribuyeron al desarrollo de habilidades de los estudiantes, en cuestiones de análisis de situaciones y lógica, pues al realizar un intercambio de saberes y

conocimientos entre sus compañeros resolvieron de manera factiblemente los problemas planteados.

El uso de instrumentos cotidianos como la bicicleta para la enseñanza de la física capta la atención del estudiante y facilita la explicación de diversos fenómenos y conceptos que pueden analizarse y justificarse desde este campo. De otro modo, se considera que la bicicleta es un artefacto que facilita el desarrollo de experimentos discrepantes que pone a prueba y en duda los conocimientos y puntos de vista que tienen los estudiantes en torno a un tema que principio es concebido de diversas formas, pero que desde la física es aterrizado a una perspectiva de lógica y análisis.

Hubo realmente gente que sorprendía; al creer que al tratarse de un colegio público, los resultados obtenidos iban a ser más bajos; ya que observamos que durante la implementación se notó el grado de interés que le prestaron a la actividad haciendo del trabajo óptimo.

En términos formativos podemos decir que se logró alcanzar el objetivo planteado por cada guía, evidenciado por los resultados obtenidos al final, y que por medio de la experimentación directa con la bicicleta sirvió como alternativa para explicar la temática de rotación y que los estudiantes salieran de la rutina diaria de clases magistrales.

Más que preocuparnos acerca de que el estudiante es capaz de realizar cálculos y usar formas, logramos centrar el pensamiento crítico y darle un sentido social, en el cual el estudiante sea capaz de comunicar estas experiencias de manera oral, como lo hace la cultura, para que se realice un ejercicio de culturalización de la física, algo que evidenciamos explícitamente durante el proceso de construcción de saberes a partir de experiencias cotidianas.

APENDICE C

Encuesta

I.E.D. República de Colombia

Universidad Pedagógica Nacional

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Física



Nombre: _____ Edad: _____

Curso: _____ Fecha: _____

1. ¿Qué quieres estudiar cuando salgas del colegio? y ¿Por qué?

2. ¿El colegio IED República de Colombia es un espacio positivo para tu formación académica, laboral y personal?

- a. Si
- b. No
- c. A veces

¿Por qué?: _____

3. Desde el punto de vista personal, ¿Los maestros contribuyen en mi formación personal y me ayudan a superar las dificultades académicas y de convivencia que llegue a tener?

- a. Siempre me ayudan.
- b. Casi siempre me ayudan.
- c. A veces me ayudan.
- d. Casi nunca me ayudan.
- e. Nunca me ayudan.

4. Menciona tres aspectos que permitan dar cuenta del por qué te gusta ir al colegio.

5. Menciona tres aspectos que no te gustan del colegio.

6. ¿Sabes montar bicicleta?, ¿irías o vas en bicicleta al colegio y por qué?

7. ¿Sabes qué es la bicicultura? O ¿qué crees que es? Justifica tu respuesta.

8. ¿Sabes que es la sustentabilidad? Justifica tu respuesta

9. ¿Crees que montar bicicleta te puede hacer mejor ciudadano? ¿Por qué?

10. ¿Consideras que la bicicleta puede ser una herramienta para explicar física?
¿Por qué?

11. ¿En qué crees que se relaciona una bicicleta con la física?

12. ¿Sabes qué es un vector? Justifica tu respuesta.

13. ¿Algunas ves has trabajado con vectores?, ¿Si?, ¿No?, ¿Qué operaciones recuerdas haber hecho y en qué asignatura?

14. Para ti ¿Qué es la rotación?

15. En tu vida diaria, menciona 3 ejemplos en donde se pueda apreciar el fenómeno de rotación.

16. ¿Qué entiendes por un eje de rotación?

17. ¿Consideras que todo fenómeno de rotación posee un eje?, ¿Si, No y Por qué?

18. ¿Qué entiendes por momento angular?

¿Qué crees que es la bicicultura?

¡Leamos entre todos!

La bicicultura es una nueva expresión del Humanismo, de la cultura del amor y del respeto por el ser humano, la vida y la naturaleza.

Esta surge cada vez con más fuerza y partidarios ante los desafíos civilizatorios que interpelan hoy a la humanidad. Con una propuesta basada en una movilidad que permita por medio del uso de la bicicleta, reorganizar las ciudades, redistribuir el principal espacio público urbano, el espacio vial, de forma más justa e integradora, para disminuir el impacto de máquinas a petróleo u otras fuentes energéticas contaminantes y no renovables, e incentivar al ser humano para buscar su felicidad, buscando potenciar de todas las formas posibles la movilidad autónoma, libre, sana y sustentable, la movilidad a energía metabólica humana, para bienestar y felicidad de todos.¹⁴

- ¿Te consideras promotor de la bicicultura?
- ¿Cómo definirías tú la bicicultura?
- ¿Irías al colegio o a otro lado en bicicleta? ¿por qué?
- ¿Crees que el uso de la bicicleta en la clase de física promueva la bicicultura?

I.E.D República de Colombia

LA BICICULTURA

Nombre: _____

Curso: _____ fecha: _____



¹⁴ ¿Quieres saber más sobre la bicicultura? Entra a www.bicicultura.cl/content/view/762976/Que-es-la-bicicultura.html

GUIA No.1

EL BICI-MOVIMIENTO CIRCULAR UNIFORME

Nombres:

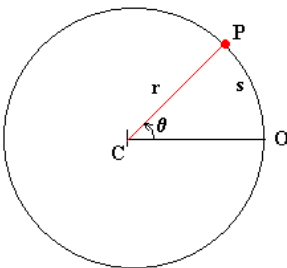
Curso:

fecha:

Cuando una rueda de bicicleta gira, podemos apreciar que lo hace a partir de un punto fijo del cual se desprende un radio r hasta un punto p (figura 1); este recorre un espacio " s " en un determinado tiempo y a su vez el punto también recorre un ángulo en un mismo tiempo, al que denominaremos velocidad angular y esta se expresa en radianes.

Figura 1

La velocidad tangencial indica la longitud del arco recorrido (s) en la unidad de tiempo (t), es decir:



$$\Delta V = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad \text{Que se da en} \quad \left[\frac{m}{Seg} \right] \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde el S se puede hallar al multiplicar el desplazamiento angular por el radio:

$$\Delta S = \Delta \theta \cdot r \quad \text{Que se da en} \quad (m) \quad (\text{Ec. 2})$$

Por otro lado la velocidad angular, indica el ángulo girado por la masa en la unidad de tiempo, es decir:

$$\Delta W = \frac{\Delta \theta}{\Delta t} \quad \text{Que se da en} \quad \left[\frac{Rad}{Seg} \right] \quad (\text{Ec. 3})$$

Pero **¿Qué diferencia hay entre la velocidad tangencial y velocidad angular?**

Veámoslo comparando las formulas.

Si de la segunda ecuación despejamos el ángulo θ , tendríamos

$$\Delta \theta = \frac{\Delta S}{r} \quad (\text{Ec. 4})$$

Y si reemplazamos este valor de θ en la ecuación 3, quedaría:

$$W = \frac{\Delta S/r}{\Delta t}$$

Representación geométrica de 1 rad

¡Recuerda!

En la cinemática del movimiento rectilíneo, aprendimos que la rapidez es el **módulo del vector velocidad**.

En el movimiento circular, también podemos hablar de **velocidad tangencial** y **velocidad angular**, que definen el sentido y el plano de giro, respectivamente.

De acuerdo a lo anterior, la rapidez tangencial y la rapidez angular son los módulos de los correspondientes vectores velocidad:

$$\begin{aligned} |\vec{v}| &= v \\ |\vec{\omega}| &= \omega \end{aligned} \quad (1.10)$$

De acuerdo a esto, la ecuación (1.9) se puede expresar vectorialmente como un producto vectorial de la siguiente forma:

$$\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r} \quad (1.11)$$

En esta expresión, \vec{r} es el vector posición del móvil.

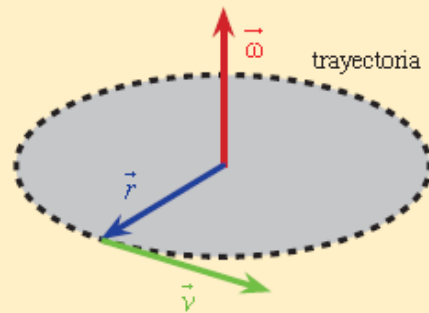


Figura 1.5. $\vec{\omega}$ es perpendicular al plano del movimiento. \vec{v} es siempre tangencial a la trayectoria. La dirección de ambos vectores se relaciona a través de la regla de la mano derecha: cuando el pulgar se apunta en la dirección de $\vec{\omega}$, la mano, extendida tangencialmente a la trayectoria, apunta en la dirección de \vec{v} .

$$\Delta W = \frac{\Delta S}{t \cdot r} \quad (\text{Ec. 6})$$

Como vemos en la ecuación 1, que la velocidad tangencial es:

$$\Delta V = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

Lo reemplazamos en la ecuación 6 quedando así:

$$\Delta W = \frac{\Delta v}{r} \quad (\text{Ec. 7})$$

ó

$$v = \Delta W \cdot r \quad (\text{Ec. 8})$$

Como vemos se diferencian en el radio, detallemos un **ejemplo**:

El profe Omar está paseando con su novia Paula montados en bicicleta por el parque, y ambos entran a una pista redonda.

Paula se encuentra a 4 metros del radio de la pista, Mientras Omar se encuentra a 5 metros. Al cabo de un tiempo ambos dan una vuelta, es decir que ambos recorrieron 360 grados en el mismo tiempo, sin embargo el profe Omar se encontraba más cansado que Paula, puesto que había tenido que pedalear más para poderla alcanzarla. ¿Por qué?

Supongamos que el tiempo que tardaron en dar una vuelta a la pista fue de 1 minuto:

Como sabemos $360^\circ = 2\pi$ entonces:

Si usamos la ecuación 3 tenemos: **Velocidad angular de Paula:**

$$\Delta W = \frac{2\pi}{60} = 0.11 \left[\frac{\text{Rad}}{\text{Seg}} \right]$$

Velocidad angular del profe Omar:

$$\Delta W = \frac{2\pi}{60} = 0.11 \left[\frac{\text{Rad}}{\text{Seg}} \right]$$

Como vemos, su velocidad angular fue la misma, pero ¿será igual la velocidad lineal?

Entonces:

Usando la ecuación 8 tenemos:

Velocidad lineal de Paula:

$$v = 0.11 \left[\frac{\text{Rad}}{\text{Seg}} \right] \cdot 4 \text{ m} = 0.44 \left[\frac{\text{m}}{\text{Seg}} \right]$$

Velocidad lineal del Omar:

$$v = 0.11 \left[\frac{\text{Rad}}{\text{Seg}} \right] \cdot 5 \text{ m} = 0.55 \left[\frac{\text{m}}{\text{Seg}} \right]$$

Como vemos, a pesar de. Tangencial.

Como vemos, a pesar de que tenían la misma velocidad tangencial, su velocidad lineal era diferente. Por esto tenía que pedalear más para poder llegar al mismo tiempo.

Actividades propuestas

- ¿Cuál es el desplazamiento angular de un minutero de un reloj analógico cuando se mueve desde los 15 a los 45 minutos?
- ¿Cómo podemos a partir de una rueda de bicicleta conocer su velocidad tangencial?
- ¿Velocidad angular?
- ¿En este movimiento hay aceleración? ¿cuál?



Actividad experimental

Materiales:

- Bicicleta.
- Metro.
- Cronometro, reloj, cámara de video.

Antes de comenzar:

- Determinar punto de referencia para una de las ruedas.
- Marcar un punto cualquiera de la rueda para hacer el análisis.

Discusión:

- con tus compañeros propongan alguna forma para medir la rapidez angular y una forma para medir el módulo de la velocidad tangencial.
- En general realizar una socialización con el grupo y determinar la mejor forma para hacerlo.
- Por último, ¡manos a la obra!
- Tomar datos, realizar análisis y concluir acerca de los resultados obtenidos.

¡Recuerda!



Figura 1.6. El reloj analógico indica 10 h: 15 min: 37 s. Cuando el minutero avance hasta 45 min, habrá efectuado un desplazamiento angular $\Delta\theta = -180^\circ = -\pi \text{ rad}$. El valor negativo del desplazamiento aparece por la convención de medir los ángulos positivos en sentido antihorario a partir de un eje de referencia. Esta convención permite distinguir hacia dónde apunta el vector velocidad angular. En el caso del reloj analógico, el giro se realiza en sentido horario, por lo que $\vec{\omega}$ apunta hacia dentro (entrando a la página). Esto lo podemos corroborar aplicando la regla de la mano derecha.

La característica más importante del movimiento circular uniforme es que el vector velocidad angular $\vec{\omega}$ es constante. Esto quiere decir que tanto su magnitud o módulo, como su dirección y sentido permanecen invariantes. En consecuencia, el plano de giro es siempre el mismo.

En particular, en un movimiento circular uniforme, como definimos en las ecuaciones (1.10), el módulo de la velocidad angular, es siempre positivo y constante:

$$\begin{aligned} |\vec{\omega}| &= \left| \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \right| \\ \omega &= \frac{2\pi \text{ rad}}{T} \end{aligned} \quad (1.12)$$

GUIA No.2

I.E.D República de Colombia
Nacional

Universidad Pedagógica

MOVIMIENTO CIRCULAR UNIFORME

Frecuencia, periodo y velocidad lineal

Nombres:

Curso:

fecha:

¿Cómo se relaciona la frecuencia de pedaleo de un ciclista con su rapidez media de su movimiento?

Materiales para desarrollar actividad

- Bicicleta
- Cinta de medir
- Reloj, cronometro, cámara de video

Según disponibilidad de materiales hacer

Recuerden que una hipótesis es una explicación posible que se supone cierta hasta que pueda ser contrastada empíricamente. Por esta razón, es fundamental que la hipótesis se refiera a un número reducido de variables observables y de algún modo medibles, que

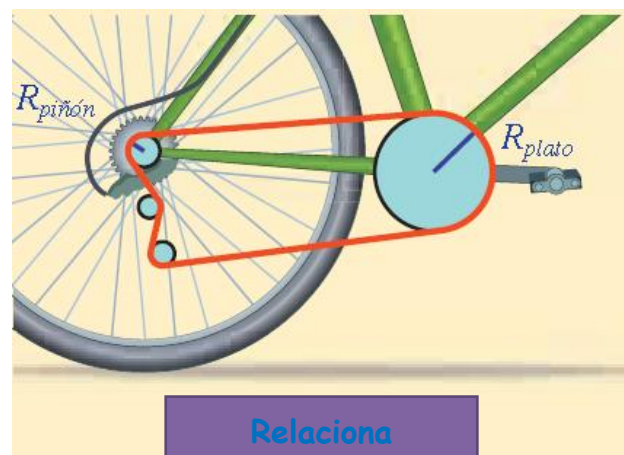
grupos de 3 a 5 personas como máximo.

Reflexiones

previas:

Antes de iniciar, con tu grupo intenta responder la pregunta que esta puesta como título en esta guía y planteen una hipótesis al respecto.

A continuación, realicen el siguiente experimento: un estudiante recorre en bicicleta una trayectoria rectilínea de largo conocido. Pueden marcar dos puntos en el patio del colegio y medir la distancia entre ellos. Es muy importante que el ciclista no pase cambios, que realice un pedaleo constante y que cuente el número de veces que pedaleó.



Relaciona

El resto del equipo mide el tiempo que su compañero demora en ir de un punto a otro y se asegura de que siga una trayectoria rectilínea con rapidez aproximadamente constante.

Analicen el funcionamiento del sistema de transmisión de la bicicleta, que se puede observar en la imagen 1.2, y respondan:

a) ¿Cómo se relaciona la rapidez tangencial del plato (V_{plato}) con la rapidez tangencial del piñón ($V_{\text{piñón}}$)? Expresen esta relación matemáticamente.

b) ¿Cómo se relaciona la rapidez angular del plato (R_{plato}) con la rapidez angular del pedaleo (W_{pedaleo})? Expresen esta relación matemáticamente.

c) ¿Cómo se relaciona la rapidez angular del piñón ($R_{\text{piñón}}$) con la rapidez angular de la rueda (W_{rueda})? Expresen esta relación matemáticamente.

d) Considerando estas relaciones y a partir de las medidas de los radios del piñón ($R_{\text{piñón}}$), del plato (R_{plato}) y de la rueda (R_{rueda}), usen la frecuencia de pedaleo medida para calcular la rapidez tangencial de la rueda trasera de la bicicleta.

e) ¿Cómo se relaciona la rapidez tangencial de la rueda con la rapidez del ciclista? A partir de su respuesta, evalúen la validez de su hipótesis.

Actividades finales

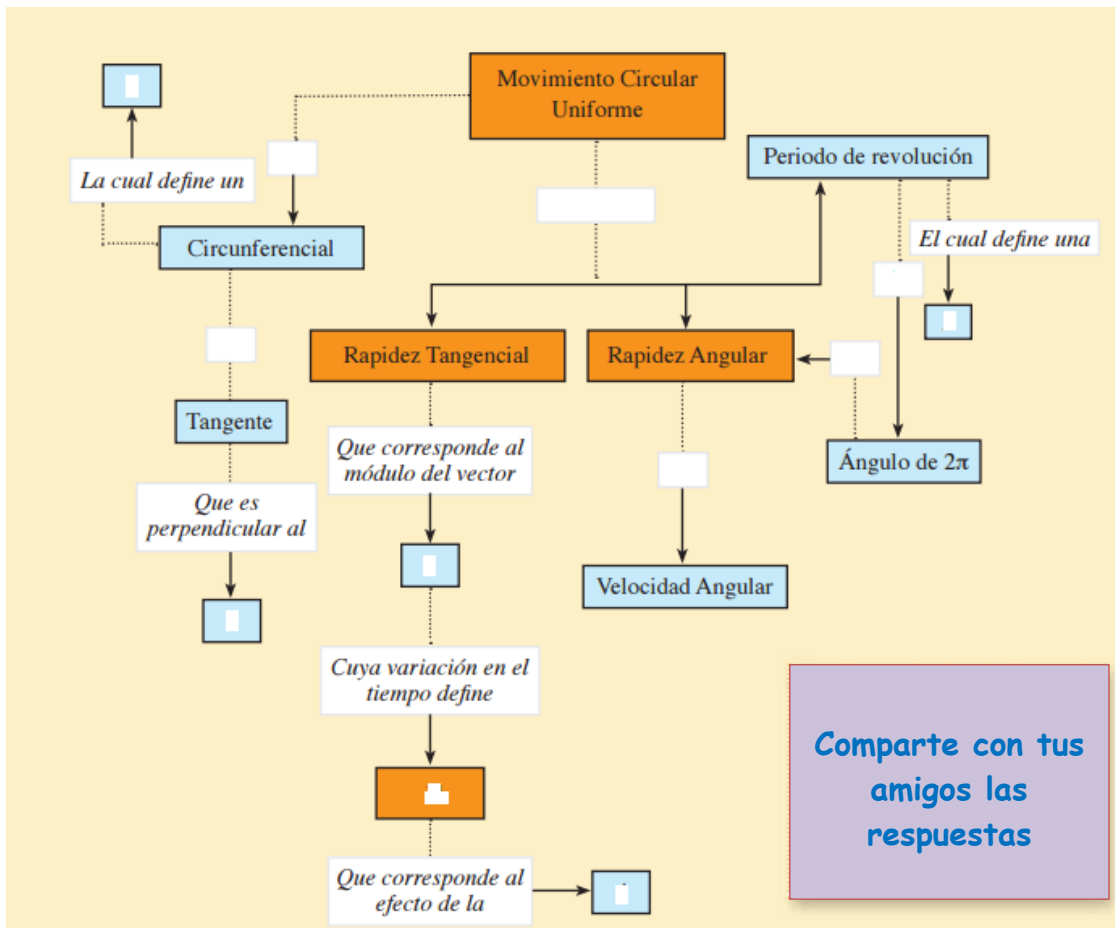


Hacer una carrera pero esta será de la siguiente manera: el ganador de esta carrera no será el que llegue de primero.... Sino el que llegue de último.

Plantear una hipótesis que pueda dar lugar a una explicación al porque es tan difícil mantener el equilibrio en la medida en que se ande más despacio con la cicla.

Actividad de repaso

1. A partir de la lista de conceptos relevantes (CR) y frases conectoras (FC), completa el mapa conceptual de la figura.



Conceptos Relevantes (CR)	Frases Conectoras (Fc)
A. Radio	1. Mantiene constante su
B. Círculo	2. Se realiza en una trayectoria
C. Frecuencia	3. Definen
D. Velocidad Tangencial	4. Que corresponde al módulo del vector
E. Fuerza centrípeta	5. Y en cada punto de ella existe una
F. Aceleración centrípeta	6. Que, junto a un

GUIA No.3

I.E.D República de Colombia

Universidad Pedagógica Nacional

MOMENTO DE INERCIA

Movimiento rotatorio e inercia rotacional

Nombres:

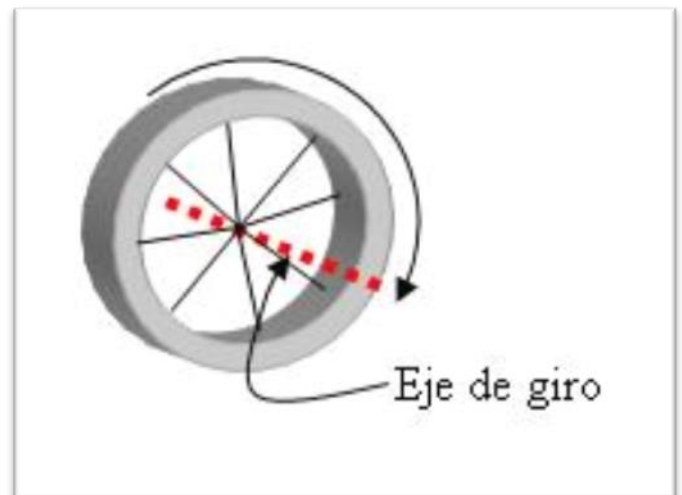
¿Cómo puedes demostrar por medio de la rotación de la rueda de una bicicleta qué cuando un cuerpo gira este tiende a seguir girando?

Objetivos:

- observar el movimiento que describe una rueda de bicicleta dando una explicación aproximada a lo que es momento de inercia.

Movimiento rotatorio:

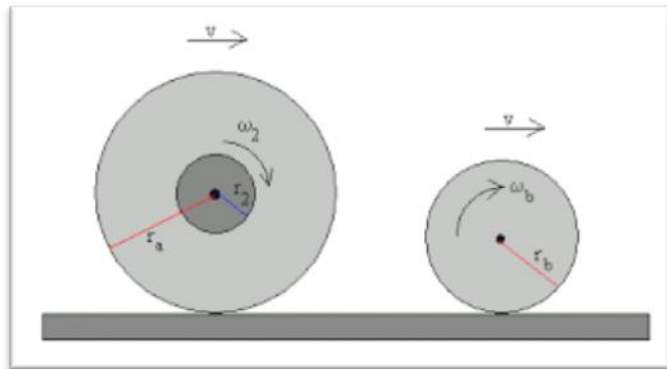
La rapidez lineal es la distancia recorrida por unidad de tiempo. El hecho de recorrer una mayor distancia en el mismo tiempo equivale a tener mayor rapidez. La rapidez lineal es mayor en el exterior de un objeto giratorio que en su interior: más cerca del eje. La rapidez de algo que se mueva describiendo una trayectoria circular se denomina rapidez tangencial, porque la dirección de movimiento es tangente a la circunferencia del círculo.



La rapidez rotatoria, rapidez rotacional o rapidez de rotación (que algunas veces se llaman rapidez angular) indica el número de rotaciones o revoluciones por unidad de tiempo, su unidad de tiempo es revoluciones por minuto (RPM).

Inercia Rotacional:

Así como un objeto en reposo tiende a permanecer en reposo, y un objeto en movimiento tiende a permanecer moviéndose en línea recta, un objeto que gira en torno a un eje tiende a permanecer girando alrededor de ese eje, a menos que interfiera alguna influencia externa. La propiedad que tiene un objeto para resistir cambios en su estado de movimiento giratorio se llama inercia rotacional. Al igual que la inercia del movimiento rectilíneo, la inercia rotacional de un objeto depende también de su masa. Sin embargo, a diferencia del movimiento rectilíneo, la inercia rotacional depende de la distribución de la masa en relación con el eje de rotación. Cuanto más grande sea la distancia entre el grueso de la masa de un objeto y su eje de rotación será mayor su inercia rotacional.



Materiales:

- 1 rueda de una bicicleta.
- 1 trozo de cuerda resistente.

Procedimiento A:

Tomar los extremos del centro de la rueda de bicicleta y girar con las manos. (Seguir con rigurosidad advertencias dadas por el tutor).

Intente mover el eje en diferentes direcciones mientras la rueda se encuentra girando



Cuestionario:

En una hoja escriban con sus palabras

- ¿Qué observa en la experiencia?
- ¿Qué entiende por rapidez angular?
- ¿Qué entiende por velocidad angular?
- ¿Qué entiende por inercia?

Procedimiento B:

En un extremo del eje de la rueda amarre una cuerda como se muestre en la figura 4. Seguidamente amarre el extremo libre de la cuerda de algún lugar elevado.

Sujete el extremo del eje que no está atado con la cuerda con una mano y seguidamente comience a girar la rueda.

Luego, retire cuidadosamente la mano del extremo del eje y déjelo libre.



Cuestionario: (escriba con sus palabras)

¿Qué observa en la experiencia?

¿Intente explicar con algunos de los conceptos la experiencia hecha?

¿Qué concluyes?

I.E.D República de Colombia
El Momento Angular
Nombre: _____

Curso: _____ **fecha:** _____

¿Qué sucede con el momento angular si hay varios cuerpos que rotan juntos?

Para realizar esta actividad, se necesita lo siguiente:

Una rueda de bicicleta y una silla que pueda rotar sobre su eje. Según la disponibilidad de sillas giratorias y ruedas de bicicleta en el curso, reúnete con algunos compañeros y compañeras (entre 4 y 6, idealmente) y formen un equipo de trabajo.

A continuación, realicen el siguiente experimento:

El estudiante más liviano se sienta en la silla y sostiene la rueda de la bicicleta verticalmente, con ambas manos puestas en el eje de la rueda (Ver la imagen). Dos compañeros(as) pueden sujetar la base de la silla para que no se traslade, mientras otro estudiante da impulso a la rueda para que gire. Luego, responden:

¿En qué dirección y sentido está dirigido el momento angular de la rueda? Dibuja en tu cuaderno un esquema del movimiento, indicando el vector momento angular de la rueda.

A continuación, con la rueda en movimiento, el estudiante que está sentado debe inclinar el eje de rotación de la rueda, lentamente hasta que quede horizontal.

- a. Describe en tu cuaderno qué observas.

- b. ¿En qué dirección y sentido está dirigido el momento angular de la rueda? ¿En qué dirección y sentido está dirigido el momento angular de la silla? Dibuja un esquema de la situación.
- c. e) ¿Qué ocurre si la rueda se inclina hacia el otro lado? Dibuja un esquema de la situación.
- d. Exploren las posibilidades del experimento. ¿Qué ocurre si en vez de hacer girar la rueda, se empieza por hacer girar la silla?
- e. Discutan sus respuestas y compárenlas con la hipótesis que plantearon. Para finalizar la actividad, preparen un informe sobre su trabajo según las indicaciones de su profesor(a) y luego presenten a sus compañeros(as) cuáles fueron sus hallazgos.



