

**ESTUDIO DE SISTEMAS EN EQUILIBRIO: EXPERIENCIA CON GRADO DÉCIMO  
DEL LICEO CHICÓ CAMPESTRE**

**PRESENTADO POR:**

**EDITH JOHANNA MANCERA BARAONA**

**1999146020**

**ASESORA:**

**ROSA INÉS PEDREROS MARTÍNEZ**


**Monografía para optar al título de Licenciado en Física**

**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA**

**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

**Bogotá D.C, 2017**

|                                                                                                                                                                      |                                             |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--|
| <br>UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA<br>NACIONAL<br><small>Realidad de la Universidad</small> | <b>FORMATO</b>                              |  |
|                                                                                                                                                                      | <b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b> |  |
| Código: FOR020GIB                                                                                                                                                    | Versión: 01                                 |  |
| Fecha de Aprobación: 10-10-2012                                                                                                                                      | Página 2 de 72                              |  |

### 1. Información General

|                             |                                                                                                              |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tipo de documento</b>    | Trabajo de pregrado                                                                                          |
| <b>Acceso al documento</b>  | Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central                                                          |
| <b>Título del documento</b> | Estudio de sistemas en equilibrio: experiencia con grado décimo del liceo chicó campestre                    |
| <b>Autor(es)</b>            | Mancera Baraona, Edith Johanna                                                                               |
| <b>Director</b>             | Pedrerros Martínez, Rosa Inés                                                                                |
| <b>Publicación</b>          | Bogotá. Universidad pedagógica Nacional, 2017. 56 p.                                                         |
| <b>Unidad Patrocinante</b>  | Universidad Pedagógica nacional                                                                              |
| <b>Palabras Claves</b>      | SISTEMA, ESTADO, EQUILIBRIO, FUERZA, TORQUE, CONDICIÓN, REPRESENTACIÓN, COMPRENSIÓN, ENSEÑANZA, APRENDIZAJE. |

### 2. Descripción

La realización del presente Trabajo de Grado, emerge de la motivación generada en la experiencia docente que se ha tenido en los últimos diez años, con especial énfasis en las actividades de tipo experimental que le permite al estudiante tener una imagen real de un evento físico. Particularmente se propone abordar sistemas en estado de equilibrio a partir del estudio de diversas situaciones en donde se indaga por las relaciones y representaciones que subyacen en las ideas, interpretaciones, elaboraciones y discusiones que realizan los estudiantes de décimo grado del Liceo Chicó Campestre. El trabajo se constituye en una oportunidad para reflexionar sobre el que hacer del docente en el aula, específicamente la enseñanza de la Física sobre los sistemas en equilibrio. Se plantean diversas situaciones y se privilegia el trabajo en grupo.

### 3. Fuentes

- Araceli, G. E. (1999). *Didáctica e innovación curricular*. Sevilla: Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla.
- Ayala, M. M., Garzón, M., & Malagón, F. (2007). Consideraciones sobre la formalización y matematización de los fenomenos físicos. *scielo* .
- Bautista Ballen, M., & Salazar Suárez, F. L. (2011). *Hipertexto física*. Bogotá, Colombia: Santillana.
- David, J. (05 de 02 de 2015). *BLOG física mecánica*. Obtenido de <https://jmillos.wordpress.com/author/juandavid52/>
- Fsica Adultos*, (19 de Abril de 2010).. Obtenido de <http://pablo-fisicadultos.blogspot.com.co/2010/04/en-ciertas-ocasiones-la-aplicacion-de.html>
- (MEN), M. d. (1998). *Min educación*. Obtenido de [https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-116042\\_archivo\\_pdf3.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-116042_archivo_pdf3.pdf)
- Fsica Adultos*, (19 de Abril de 2010).. Obtenido de <http://pablo-fisicadultos.blogspot.com.co/2010/04/en-ciertas-ocasiones-la-aplicacion-de.html>
- Araceli, G. E. (1999). *Didáctica e innovación curricular*. Sevilla: Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla.
- Ayala, M. M., Garzón, M., & Malagón, F. (2007). consideraciones sobre la formalización y matematización de los fenomenos físicos. *scielo* .
- Bautista Ballen, M., & Salazar Suárez, F. L. (2011). *Hipertexto física*. Bogotá, Colombia: Santillana.
- David, J. (05 de 02 de 2015). Blog física mecánica. Obtenido de <https://jmillos.wordpress.com/author/juandavid52/>
- Flick, U. (2007). *Introducción a la Investigación Cualitativa*. Madrid: Ediciones Morata S.L.
- García, I. A. (10 de Junio de 1998). *Repositorio académico digital, Universidad Autonoma de Nuevo León*. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/7154/1/1080080856.PDF>
- Giraldo García, J. I. (2014). propuesta de enseñanza de cuerpo rigido por la acción de fuerzas coplanares, con el uso de la geometría plana.
- Hecht, E. (1998). *Física I. Algebra y trigonometría*. México: International Thomson.
- Infante Luna, E. d. (2006). *Física I*. Bogotá, Colombia: Norma S.A.

- Johnston, B. &. (2010). *Mecánica vectorial para ingenieros*. México: Mc Graw Hill interamericana editores .
- Kneschke, R. (2000). *dreamstime*. Obtenido de <https://www.dreamstime.com/royalty-free-stock-photo-equilibrium-balance-seesaw-two-red-balls-image37262625>
- López, C. M. (2001). *Planeación y evaluación del proceso enseñanza aprendizaje*. México: Trillas.
- MEN. (1998). *Ministerio de educación nacional*. Obtenido de [https://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-116042\\_archivo\\_pdf3.pdf](https://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-116042_archivo_pdf3.pdf)
- Nacional, M. d. (1998). *MEN*. Obtenido de [https://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-116042\\_archivo\\_pdf3.pdf](https://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-116042_archivo_pdf3.pdf)
- Nave, M. O. (2009). *HyperPhysics*. Obtenido de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/torq2.html>
- Pedrerros Martínez, R. I. (2013). Formas de pensar e falar sobre o equilíbrio nas ciências da natureza.
- Pedrerros Martínez, R. I. (2011). Perfil conceptual de equilibrio a partir de las ideas en comunidades culturalmente diferenciadas: implicaciones para una educación en ciencias en una sociedad culturalmente diversa .
- Pedrerros Martínez, R. I. (2013). Significados de la palabra equilibrio en los estudiantes de primer semestre de las licenciaturas de física, diseño tecnológico, biología y química.
- Peralta, J. (2003). Semana nacional de investigación y docencia en matemáticas. dificultades para articular los registros gráfico,. Hermosillo, México.
- Pérez García, A. (2012). Interpretación y aplicación de las leyes de movimiento de Newton: una propuesta didáctica para mejorar el nivel de desempeño y competencia en el aprendizaje de los estudiantes del grado décimo del Instituto Técnico Industrial Piloto.
- Pérez García, E. M. (2012). Equilibrios sorprendentes. *Ciutat de les arts i les ciencies* .
- Perkins, D. (1992). Enseñanza para la comprensión. *Maristas* .
- Rodríguez Gómez, G., Gil Flores, J., & García Jiménez, E. (1996). *Metodología de la investigación educativa*. Málaga: Aljibe.
- Rodríguez, G., Gil Flores, J., & García Jimenez, E. (1996). *Metodología de la Investigación Cualitativa* . Málaga: Aljibe.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2008). *Física para ciencias e ingeniería Vol. 1*. México D.F.:

Cengage.

Tipler, P. A. (2005). *Física para la ciencia y la tecnología*. Barcelona: Reverté.

Tippens, f. (2007). *Tippens fisica 7e\_diapositivas\_05b*. Obtenido de <https://image.slidesharecdn.com/tippensfisica7ediapositivas05b-131103204752-phpapp01/95/tippens-fisica-7ediapositivas05b-4-638.jpg?cb=1383511735>

Valencia Ramos, J. L. (2014). Estrategia didáctica, basada en el concepto de equilibrio, para la enseñanza de la.

Villegas Rodríguez, M., & Ramírez Sierra, R. (1998). *Galaxia física*. Santafé de Bogotá-Colombia: Voluntad.

Zemansky, S., Young, H. D., & Freedman, R. A. (2009). *Física universitaria Vol. 1*. México: Pearson educación.

#### 4. Contenidos

El documento está organizado en seis apartados. En el primero, se expone el contexto de origen y la justificación del trabajo, se presenta la pregunta investigativa y los objetivos. En el segundo, se exponen las experiencias e investigaciones relacionadas con la enseñanza de la estática y los sistemas en equilibrio. En el tercero, se muestra el proceder metodológico llevado a cabo en la investigación. En el cuarto, los referentes conceptuales del presente trabajo: disciplinar y Pedagógico. En el quinto, la experiencia con los sistemas en equilibrio en el aula. En el sexto las reflexiones finales a manera de conclusión y finalmente las referencias bibliográficas de soporte

#### 5. Metodología

El presente Trabajo de grado se enmarca en la perspectiva cualitativa, en tanto permite la reconstrucción del punto de vista de las personas en términos de teorías subjetivas utilizadas para explicar el mundo, (Flick U. , Introducción a la Investigación Cualitativa, 2007), el enfoque es interpretativo. (Rodríguez Gómez, Gil Flores, & García Jiménez, 1996).

La experiencia se realizó con estudiantes de décimo grado del Liceo Chicó Campestre, se implementaron cinco sesiones en el estudio de situaciones sobre los sistemas en equilibrio.

#### 6. Conclusiones

En el trabajo entorno de los sistemas en equilibrio, los estudiantes reflejaron un manejo de las relaciones entre las variables físicas, sus representaciones de las situaciones de equilibrio se

amplían y les permiten particularizar los conceptos a través de la vivencia en el aula. En la presente investigación se evidenciaron las siguientes conclusiones:

- Los estudiantes asumieron su proceso de aprendizaje de la Física desde el punto de vista de la curiosidad, sin abandonar sus ideas, ampliando los modelos y representaciones de los sistemas en equilibrio.

-Se generaron espacios de reflexión y análisis a partir de una propuesta experimental, esto permite en la institución educativa tener un mecanismo que sirve como metodología y motivación en este caso para estudiar sistemas en equilibrio y en generar una cultura de apreciar la física desde otro ángulo (diferente al matemático).

-Se identificaron las relaciones y representaciones de los estudiantes sobre los sistemas en equilibrio, sus ideas fueron evolucionando, propusieron nuevas situaciones y representaciones de sistemas en equilibrio, ampliando su horizonte de conocimiento.

-Se logró analizar situaciones en donde los estudiantes a través de su propia vivencia, relacionan situaciones cotidianas frente a los elementos que permiten tener sistemas en equilibrio. De tal manera que su aprendizaje es significativo en tanto tienen el conocimiento, lo comprenden y pueden ir más allá, suscitando curiosidad y ganas de saber más.

- Los estudiantes establecieron las características y condiciones para que un sistema se encuentre en equilibrio, mejorando la argumentación de sus consideraciones y enriquecieron la discusión en clase.

- Se establecieron vínculos con los estudiantes, desde el quehacer como docente, teniendo espacios formales, con la confianza de aportar, hablar, proponer y construir con el otro.

- Se estableció un ambiente académico favorable en donde el estudiante se siente cómodo exponiendo sus ideas y resaltando sus habilidades, fortaleciendo el trabajo en equipo, respetando las ideas del otro, construyendo en equipo conocimiento, aprendiendo del otro y con el otro.

|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| <b>Elaborado por:</b> | Edith Johanna Mancera Baraona |
| <b>Revisado por:</b>  | Rosa Inés Pedreros Martínez   |

|                                          |    |    |      |
|------------------------------------------|----|----|------|
| <b>Fecha de elaboración del Resumen:</b> | 19 | 02 | 2018 |
|------------------------------------------|----|----|------|

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por permitirme cumplir y cerrar este ciclo que inicié sin éxito hace algunos años. A mis padres porque desde que tomé la decisión de ser educadora como opción de vida me han apoyado incondicionalmente. A mi esposo y mis hijos porque son mi mejor propósito en la vida, me motivan a seguir adelante a pesar de los obstáculos y sé que estarán muy felices de presenciar este sueño cumplido. A Rosita Pedreros Martínez por acogerme tan cariñosamente de nuevo en la universidad y por la dedicación en el desarrollo de este trabajo.

Edith Johanna Mancera Baraona

## Contenido

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| INTRODUCCIÓN .....                                                                        | 1  |
| 1. CONTEXTO DE ORIGEN Y JUSTIFICACIÓN.....                                                | 3  |
| 2. EXPERIENCIAS E INVESTIGACIONES .....                                                   | 11 |
| 3. PROCEDER METODOLÓGICO.....                                                             | 15 |
| 3.1 Perspectiva y enfoque investigativo.....                                              | 16 |
| 3.2 Contexto y población objeto de estudio .....                                          | 16 |
| 3.3 Técnica e instrumentos de recolección de la información .....                         | 17 |
| 4. REFERENTES CONCEPTUALES.....                                                           | 19 |
| 4.1 Referente disciplinar .....                                                           | 19 |
| 4.2 Referente pedagógico.....                                                             | 23 |
| 5. EXPERIENCIA CON SISTEMAS EN EQUILIBRIO.....                                            | 26 |
| 5.1 Actividad.....                                                                        | 26 |
| 5.2 Descripción de las sesiones.....                                                      | 28 |
| 5.2.1 Primera Sesión: Imagen y representación de los sistemas en equilibrio.....          | 28 |
| 5.2.2 Segunda sesión: El equilibrio y las fuerzas que intervienen en el sistema.....      | 30 |
| 5.2.3 Tercera Sesión: Relación del movimiento y las fuerzas que actúan en el sistema..... | 35 |
| 5.2.4 Cuarta Sesión: Movimiento y condiciones de equilibrio .....                         | 40 |
| 5.2.5 Quinta Sesión: El equilibrio y las condiciones .....                                | 44 |
| 6. REFLEXIONES FINALES .....                                                              | 51 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                                                           | 54 |
| ANEXO GUÍAS DE TRABAJO .....                                                              | 57 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Ideas de expuestas en los libros de texto.....                                 | 4  |
| Tabla 2. Experiencias e investigaciones sobre la enseñanza de la Estática .....         | 11 |
| Tabla 3. Experiencias e investigaciones sobre sistemas en equilibrio .....              | 12 |
| Tabla 4 Instrumentos de recolección de la información .....                             | 17 |
| Tabla 5 Montajes e ideas de los estudiantes .....                                       | 29 |
| Tabla 6 Representación gráfica con el uso del dinamómetro .....                         | 31 |
| Tabla 7 Representación gráfica al calcular la fuerza neta que actúa en el sistema. .... | 33 |
| Tabla 8 Estados de movimiento del sistema .....                                         | 34 |
| Tabla 9 Ideas y explicaciones de los estudiantes .....                                  | 36 |

|                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 10 Fuerzas que actúan en el sistema .....                                                                                         | 38 |
| Tabla 11 Organización de la información tercera sesión .....                                                                            | 41 |
| Tabla 12 Organización de la información tercera sesión .....                                                                            | 43 |
| Tabla 13 Condiciones para que el sistema esté en equilibrio.....                                                                        | 45 |
| Tabla 14. Relaciones establecidas por los estudiantes a partir de las situaciones sugeridas en las sesiones de trabajo en el aula. .... | 53 |

## INTRODUCCIÓN

La realización del presente Trabajo de Grado emerge de la motivación generada en la experiencia docente que se ha tenido en los últimos diez años, con especial énfasis en las actividades de tipo experimental que le permite al estudiante tener una imagen real de un evento físico; particularmente se propone abordar sistemas en estado de equilibrio, a partir del estudio de diversas situaciones en donde se indaga por las relaciones y las representaciones que subyacen en las ideas, interpretaciones y discusiones que realizan los estudiantes del Liceo Chicó Campestre. El trabajo se constituye en una oportunidad para reflexionar sobre el que hacer docente en el aula, en particular la enseñanza de la Física sobre los sistemas en equilibrio. Se plantean diversas situaciones y se privilegia el trabajo en grupo.

La propuesta se hace en el marco de la Línea de Enseñanza de la Física desde una perspectiva cultural, en donde se abordan reflexiones e investigaciones en distintos ámbitos de los fenómenos mecánicos: histórico críticos, disciplinares y pedagógicos. El presente trabajo aporta en el estudio sobre sistemas en equilibrio enriqueciendo particularmente lo disciplinar y lo pedagógico al pensar la física y su enseñanza en la educación media.

A propósito de los fenómenos mecánicos, el equilibrio, los distintos modelos y teorías que se muestran en los textos de física a nivel de educación media y universitaria, presentan la temática del equilibrio mecánico en términos muy generales, ilustrando, en el mejor de los casos, sus aplicaciones de ordenes tecnológico, sin que haya una aproximación a su aplicación a procesos y fenómenos naturales que permitan reconocer o al menos ilustrar las teorías físicas, su contexto de producción y contextualización.

El documento está organizado en seis apartados. En el primero se expone el contexto de origen y la justificación del trabajo, se presenta la pregunta investigativa y los objetivos. En el segundo, se exponen las experiencias e investigaciones relacionadas con la enseñanza de la estática y los sistemas en equilibrio. En el tercero, se muestra el proceder metodológico llevado a cabo en la investigación. En el cuarto los referentes conceptuales del presente trabajo: disciplinar y pedagógico. En el quinto la experiencia con los sistemas en equilibrio en el aula. En el sexto las reflexiones finales a manera de conclusión y finalmente las referencias bibliográficas de soporte.

# 1. CONTEXTO DE ORIGEN Y JUSTIFICACIÓN

La preocupación por plantear actividades en la clase de física con los estudiantes del grado décimo del Colegio Liceo Chicó Campestre que propicien vivencias de conocimiento, comprensiones y que lo que aprendan le sirva para explicar el mundo físico y natural que les rodea, se constituyó en un interés para la autora del presente trabajo. De tal forma que se reflexiona sobre la enseñanza de la física y se sistematiza lo realizado en el aula a propósito del mecánico.

Para ello, se tiene en cuenta que al referirse a la enseñanza de la estática, según el autor (López, 2001) menciona que uno de los principales problemas en la enseñanza de la estática por un lado es la posición que tiene el docente que orienta esta temática y por otro lado la manera en que se presenta en los libros de texto de manera lineal como la presentación de la teoría, ejemplos resueltos y luego los ejercicios propuestos, esto hace que los estudiantes tengan poca interés por la temática que se trabaja en el aula.

Al respecto se encuentra en los libros de texto a nivel secundario como universitario, se establecen dos tipos de equilibrio: el equilibrio rotacional en donde se considera que “*la sumatoria de fuerzas es igual a cero,  $\sum F = 0$* ” y el equilibrio traslacional en el cual se asume que “*sumatoria de los momentos externos resultante debe ser cero,  $\sum T = 0$* ”. También se encuentra la exposición del momento de torsión, el cual tiene una rotación en algún sentido (en sentido de las manecillas del reloj y en contra de las manecillas del reloj) y resulta que si son iguales y en sentido opuesto el momento de torsión total es cero y no se da la rotación. Siendo esta una analogía con la regla de equilibrio.

Algunas ideas, exposiciones y consideraciones sobre el equilibrio y las condiciones que se presentan en los libros de textos universitarios y de secundaria, se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 1. Ideas de expuestas en los libros de texto**

| Nivel                | Libro de texto escolar              | Equilibrio y condiciones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>UNIVERSITARIO</b> | (Tipler, 2005)                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La fuerza externa resultante que actúa sobre el cuerpo debe ser cero <math>\sum F = 0</math></li> <li>• El momento externo resultante respecto a cualquier punto debe ser cero <math>\sum \tau = 0</math></li> </ul>                                                                                                                                                                                                               |
|                      | (Zemansky, Young, & Freedman, 2009) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La primera y segunda condición de equilibrio son:<br/> <math>\sum F_x = 0</math> y <math>\sum F_y = 0</math> (primera condición de equilibrio fuerzas en el plano xy)<br/> <math>\sum \tau_z = 0</math> (Segunda condición de equilibrio fuerzas en el plano xy)</li> </ul>                                                                                                                                                        |
|                      | (Serway & Jewett, 2008)             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se tienen dos condiciones necesarias para el equilibrio de un objeto:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- La fuerza externa neta sobre el objeto debe ser igual a cero:<br/> <math display="block">\sum \vec{F} = 0</math></li> <li>- El momento de torsión externo neto sobre el objeto alrededor de cualquier eje debe ser cero:<br/> <math display="block">\sum \vec{\tau} = 0</math></li> </ul> </li> </ul> |

|                   |                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>SECUNDARIA</b> | (Bautista Ballen & Salazar Suárez, 2011)    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Se tienen dos condiciones para que un cuerpo rígido permanezca en equilibrio estático:             <ul style="list-style-type: none"> <li>-La fuerza neta que actúa sobre el cuerpo es cero, es decir:                 <math display="block">\vec{F} + \vec{T} + \overline{m\vec{g}} = 0</math> </li> <li>- El torque neto (suma de los torques) con cualquier eje de rotación es cero:                 <math display="block">\tau_{mg} + \tau_T + \tau_F = 0</math> </li> </ul> </li> </ul> |
|                   | (Infante Luna, 2006)                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>La condición de equilibrio para el caso del movimiento de traslación uniforme del centro de masa es:             <math display="block">\sum F = 0</math> (1ª. Condición de equilibrio)             <p>En el caso de la rotación constante alrededor de un eje es:</p> <math display="block">\sum \tau = 0</math> (2ª. Condición de equilibrio)           </li> </ul>                                                                                                                         |
|                   | (Villegas Rodríguez & Ramírez Sierra, 1998) | <ul style="list-style-type: none"> <li>Un cuerpo se encuentra en equilibrio de rotación sí:             <ul style="list-style-type: none"> <li>La suma algebraica de los momentos o torques de las fuerzas aplicadas al cuerpo, respecto a un punto cualquiera debe ser igual a cero. Esto es                 <math display="block">\sum \vec{\tau} = 0</math> </li> </ul> </li> </ul>                                                                                                                                              |

**Fuente: elaboración propia**

Autores como (Johnston B. &, 2010), consideran que la mecánica elemental reposa en seis principios básicos fundamentales, ratificados en la evidencia experimental a saber:

- La ley del paralelogramo o adición de fuerzas: Dos fuerzas que actúan sobre una partícula pueden ser sustituidas por una sola fuerza resultante, que se obtiene al trazar la diagonal del paralelogramo.
- Principio de transmisibilidad: Las condiciones de equilibrio de cuerpo rígido permanecen inalteradas si la fuerza se desplaza a través de su línea de dirección.
- Primera ley de Newton: Todo cuerpo permanecerá en reposo o con un movimiento rectilíneo uniforme a no ser que una fuerza actúe sobre él.
- Segunda ley de Newton: Si la fuerza resultante que actúa sobre una partícula no es cero, la partícula tendrá una aceleración proporcional a la magnitud de la resultante de la fuerza y en dirección de esta.
- Tercera ley de Newton: Las fuerzas de acción y reacción de cuerpos en contacto tienen la misma magnitud, la misma línea de acción y sentidos opuestos.
- Ley de gravitación de Newton: Establece que dos partículas de masa  $m$  y  $m'$  se atraen mutuamente con una fuerza directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.

Los autores además plantean que el equilibrio de un cuerpo rígido en el plano y los problemas de equilibrio se reducen al análisis de los siguientes casos:

- Bajo la acción de dos fuerzas.

- Bajo la acción de tres fuerzas.
- Bajo la acción de dos fuerzas y un momento de par. Bajo la acción de dos fuerzas: En este caso las fuerzas deben tener la misma línea de acción, ser iguales en magnitud y de sentido opuesto.

Las múltiples investigaciones que se han realizado alrededor del concepto de equilibrio permiten vislumbrar la importancia de su apropiación y aplicación en diversos contextos tanto en la vida escolar como en el entorno cotidiano (ver apartado tres a continuación).

Por otra parte se encuentra en los estándares básicos de competencias en ciencias naturales del Ministerio de Educación Nacional, (MEN, 1998), en el apartado de entorno físico para los grados décimo y undécimo lo siguiente:

- Establezco relaciones entre las diferentes fuerzas que actúan sobre los cuerpos en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme y establezco condiciones para conservar la energía mecánica.
- Modelo matemáticamente el movimiento de los objetos cotidianos a partir de las fuerzas que actúan sobre ellos.
- Establezco relaciones entre estabilidad y centro de masa de un objeto

(MEN, 1998)

Lo cual lleva a encontrar en los sistemas en equilibrio la temática apropiada para abordar diferentes situaciones en el aula, generar interés y curiosidad por parte de los estudiantes, abriendo un abanico de posibilidades para abordar de una manera innovadora las demás temáticas en la clase de física, en particular del grado décimo del Liceo Chicó Campestre.

Dado lo expuesto anteriormente, se realiza una intervención de carácter pedagógico en donde se analizan las relaciones y las representaciones que los estudiantes tienen al abordar el equilibrio mecánico. La autora (Peralta, 2003) manifiesta que “Las dificultades para convertir una representación en otra pueden interpretarse como resultado de una conceptualización deficiente del objeto bajo estudio” pues la intención es identificar las dificultades que tienen los estudiantes para relacionar el evento físico con sus representaciones y definiciones.

Teniendo en cuenta lo expuesto como contexto de origen se formula la pregunta investigativa del presente Trabajo de Grado:

*¿Cuáles son las relaciones que emergen en la experiencia sobre los sistemas en equilibrio con los estudiantes del grado décimo del colegio Liceo Chicó Campestre?*

La justificación para realizar este trabajo se recoge en las siguientes razones:

- El equilibrio, en particular los sistemas de equilibrio mecánico no está alejado de la experiencia sensible de los estudiantes y la profesora, está involucrando en las vivencias cotidianas o tienen alguna información de ello ya sea por lo que han aprendido en clase de ciencias en su escolaridad o porque se hace referencia en alguna noticia que se difunde por los medios de comunicación, demás hacen parte de sus juegos o están en algún programa de computador, entre otras situaciones posibles de su relación con el entorno físico y natural.
- El equilibrio y los distintos modelos o teorías juegan un papel importante en la física y en particular en la comprensión de procesos o fenómenos naturales que involucran conceptos físicos como la fuerza y la energía. En esta dirección, la experiencia directa, la revisión de textos de física plantean esta temática en términos muy generales, ilustrando

en el mejor de los casos sus aplicaciones de orden tecnológico, sin que haya una aproximación a su aplicación a procesos y fenómenos naturales que permitan reconocer o al menos ilustrar la intervención de las teorías físicas en el tratamiento de modelos interdisciplinarios en el campo de las ciencias naturales.

- La capacidad para elaborar modelos explicativos cuantitativos y cualitativos a diferentes niveles de enseñanza, atendiendo a los distintos grados de abstracción indispensables para su comprensión, permitirá sondear la facilidad y sencillez sin pérdida de rigurosidad en la exposición de los conceptos tratados en este trabajo lo que da razón de proponer el diseño de una unidad didáctica con la que se pretende exponer los temas para ser entendidos y el análisis de su desarrollo y retroalimentar el trabajo con los estudiantes y enriquecer la mirada sobre la enseñanza de la física.
- En general se ratifica que la motivación y justificación de este trabajo se fundamenta en reconocer que las aplicaciones de los conceptos y teorías físicas al alcance de los niveles medios y quías universitario son escasos, dejando vacíos explicativos que no se abordan en los cursos regulares de física de distintos niveles, en consecuencia este es un aporte para entender la física desde la aplicación real de principios, leyes, conceptos y teorías de la física clásica.
- Sistematizar los procesos de enseñanza y aprendizaje en el aula, es una labor que posibilita reflexionar sobre el que hacer en la profesión docente, dimensionar la praxis en la enseñanza de la física, comprender el estudio de los sistemas en equilibrio y proponer nuevas alternativas para el trabajo con los estudiantes de la formación básica y media.

Los objetivos del trabajo son:

### **General**

Distinguir las relaciones sobre los sistemas en equilibrio con los estudiantes del grado décimo del colegio Liceo Chicó Campestre.

### **Específicos**

- Identificar las ideas, modelos y relaciones que tienen los estudiantes acerca de sistemas en equilibrio.
- Reflexionar acerca de situaciones puntuales pero cercanas a las experiencias de los estudiantes sobre el estudio de sistemas en equilibrio.
- Relacionar el equilibrio y el movimiento con las fuerzas que actúan en el sistema.
- Establecer las características y condiciones para que un sistema se encuentre en equilibrio.

## 2. EXPERIENCIAS E INVESTIGACIONES

En el presente apartado se realiza una síntesis de las experiencias e investigaciones realizadas en torno a la enseñanza de la estática y sobre sistemas en equilibrio. Dichas fuentes permiten comprender el estado del trabajo y además situar la presente investigación y sus aportes para la comunidad académica. En las siguientes tablas se expone la información y pertinencia.

**Tabla 2. Experiencias e investigaciones sobre la enseñanza de la Estática**

| <b>Título / Autor(es)</b>                                                                                                                                                                                                                  | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>Aportes para el presente trabajo</b>                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Propuesta de enseñanza de equilibrio de cuerpo rígido por la acción de fuerzas coplanares con el uso de la geometría plana en el curso de Estática, de la Institución universitaria Pascual Bravo</b><br/>(Giraldo García, 2014)</p> | <p>El autor plantea que: “Hay que aprender a usar la visualización creativamente, como una herramienta para el entendimiento: la visualización matemática es el proceso de formarse imágenes mentales, con lápiz y papel o con ayuda de la tecnología, y usar tales imágenes efectivamente para descubrir matemáticas y comprenderlas” (p. 2).<br/>Esta estrategia sirve para que los estudiantes tengan una idea que visualmente les ayude a organizar las variables e identificar con mayor claridad las acciones que ejercen en nuestro caso las fuerzas que actúan en el objeto. Adicional a esto propiciar un espacio reflexivo y de discusión frente a los efectos tangibles que se trabajan en estos espacios.</p> | <p>Evidentemente la visualización de los fenómenos físicos es fundamental para elaborar una explicación coherente de lo que se percibe por medio de la observación.</p>                     |
| <p><b>Interpretación y aplicación de las leyes de movimiento de Newton: una propuesta didáctica para mejorar el nivel de desempeño y competencia en el</b></p>                                                                             | <p>El autor presenta una propuesta a través de secuencias didácticas (lecturas, experimentos, videos y simulaciones) las cuales tienen como base mejorar la comprensión de las leyes de Newton en nivel básico.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <p>Las leyes de Newton hacen un aporte fundamental a la investigación ya que hacen parte de la estructura que permitirá llegar a la explicación del concepto de sistemas en equilibrio.</p> |

| <b>Título / Autor(es)</b>                                                                                                   | <b>Descripción</b> | <b>Aportes para el presente trabajo</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------|
| <b>aprendizaje de los estudiantes del grado décimo del Instituto Técnico Industrial Piloto.</b><br>(Pérez García A. , 2012) |                    |                                         |

**Fuente: Elaboración propia**

La literatura nos abre un panorama acerca de cómo se aborda la enseñanza de los sistemas en equilibrio, desde las representaciones de tipo gráfico y matemático, pasando por didácticas que aportan al trabajo, hasta la explicación formal del fenómeno.

**Tabla 3. Experiencias e investigaciones sobre sistemas en equilibrio**

| <b>Título / Autor(es)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>Aportes</b>                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Compromisos ontológicos y epistemológicos en el estudio de situaciones de equilibrio, en comunidades culturalmente diferenciadas.</b><br><br>(Pedreros Martínez R. I., Significados de la palabra equilibrio en los estudiantes de primer semestre de las licenciaturas de física, diseño tecnológico, biología y química, 2013) | En este artículo la autora busca analizar las relaciones, los significados, las concepciones, las explicaciones, las fuentes, la idea de equilibrio, las interrelaciones, las relevancias y las Jerarquías para dar cuenta de los compromisos ontológicos y epistemológicos subyacentes en las ideas de los estudiantes sobre el equilibrio. | Es pertinente este artículo porque hace énfasis en los contextos de enseñanza y la importancia que tiene para los estudiantes y el maestro tener una ubicación apropiada del mismo. |
| <b>Perfil conceptual de equilibrio a</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                            | La autora parte de las preguntas que frecuentemente se hacen cuando se                                                                                                                                                                                                                                                                       | Este trabajo aporta a la investigación en términos de                                                                                                                               |

| Título / Autor(es)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Aportes                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>partir de las ideas en comunidades culturalmente diferenciadas: implicaciones para una educación en ciencias en una sociedad culturalmente diversa</b></p> <p>(Pedreros Martínez R. I., Significados de la palabra equilibrio en los estudiantes de primer semestre de las licenciaturas de física, diseño tecnológico, biología y química, 2013)</p> | <p>habla de investigación en enseñanza de las ciencias que son ¿Por qué los estudiantes no aprenden lo que se les enseña? y, ¿Por qué no se logra un aprendizaje significativo?</p>                                                                                                                                                                                                                                                                     | <p>la comprensión que hay del tema por parte de los estudiantes y si en realidad se hace pertinente la implementación de la misma.</p>                                                                                                                                                             |
| <p><b>Equilibrios sorprendentes</b><br/>(Pérez García E. M., 2012)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <p>La autora propone una forma de sorprender a los estudiantes a través de cuestionamientos acerca de situaciones reales como: “¿Cuál es el secreto de los equilibristas?, ¿por qué no se cae la torre de Pisa?, ¿por qué se utilizan los arcos en la construcción de edificios y puentes?, ¿podemos tener un cuerpo en equilibrio sin un punto de apoyo?”. propone algunos experimentos sencillos pero que le permiten al estudiante sorprenderse.</p> | <p>Coincido con la autora frente a la necesidad que tenemos como maestro de sorprender a nuestros estudiantes, no necesariamente con experimentos sofisticados y con material costoso, por el contrario abordar las situaciones cotidianas y experimentos al alcance de todos los estudiantes.</p> |
| <p>(Pedreros Martínez R. I., Significados de la palabra equilibrio en los estudiantes de primer semestre de las licenciaturas de física, diseño tecnológico,</p>                                                                                                                                                                                            | <p>La autora plantea el análisis en distintos contextos y disciplinas de aprendizaje de las ciencias naturales de lo que para los estudiantes significa la palabra equilibrio.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                      | <p>El significado de las palabras cambian depende de las circunstancias en las que se plantea su análisis por esta razón es importante comprender que cada estudiante tiene su visión particular de los sistemas en equilibrio, para este caso en el nivel básico.</p>                             |

| <b>Título / Autor(es)</b>                                                                                                        | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>Aportes</b>                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| biología y química, 2013)                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| (Pedreros Martínez R. I., Formas de pensar e falar sobre o equilíbrio nas ciências da natureza, 2013)                            | La autora plantea un artículo en donde se analiza la manera de pensar y modos de hablar del concepto de equilibrio, en el contexto de los libros de ciencia a nivel universitario                                                                                                                                        | Dentro de la propuesta metodológica se hace énfasis en la importancia de verbalizar las ideas y explicaciones que tienen los estudiantes a las diferentes situaciones de equilibrio, por lo que se hace pertinente la estrategia que usa la autora en este artículo como recurso de aula. |
| <b>Estrategia didáctica, basada en el concepto de equilibrio, para la enseñanza de la Estática</b><br><br>(Valencia Ramos, 2014) | El autor considera que es importante para la problemática del rendimiento de la materia en ingeniería mecánica que el docente orientador profundice en la importancia del concepto de equilibrio y su relación con las leyes de newton. Por lo cual propone una estrategia didáctica que busca solucionar este problema. | Este trabajo se hace pertinente ya que se presenta una aplicación a propósito de la famosa pregunta y eso para que me sirve que se hacen los estudiantes cada vez que se les presenta una situación de aprendizaje.                                                                       |

**Fuente: Elaboración propia**

Para la implementación de esta propuesta es importante revisar los contextos de la enseñanza, las miradas desde la epistemología de las ideas de los estudiantes, cómo motivar a los estudiantes para que la propuesta sea llamativa, sugerir las aplicaciones del conocimiento que van a adquiriri en la cotidianidad y su realción con otras disciplinas, estos aaspectos se enriquecen con las experiencias e investigaciones mencionadas anteriormente.

### 3. PROCEDER METODOLÓGICO

En este apartado se expone los fundamentos metodológicos que se han tenido en cuenta en la realización del trabajo de grado. En primer lugar en primer lugar el proceder y en segundo lugar los aspectos tenidos en cuenta en la investigación. En cuanto al primero se recoge en el siguiente diagrama las temáticas y conceptualizaciones del proceso, las cuales estuvieron interrelacionadas en todo el desarrollo del trabajo.

Diagrama 1 Proceder metodológico



**Fuente: elaboración propia**

En relación a lo segundo se expone a continuación la perspectiva y enfoque investigativo asumidos en el trabajo, contexto y descripción de la población en donde se llevó a cabo la intervención, la técnica y herramientas para la recolección de datos e información y las categorías de análisis utilizadas para dar cuenta de la experiencia pedagógica.

### **3.1 Perspectiva y enfoque investigativo**

El presente trabajo se enmarca en la perspectiva cualitativa en tanto permite la reconstrucción del punto de vista de las personas en términos de teorías subjetivas utilizadas para comprender el mundo, (Flick, 2007), el enfoque es interpretativo (Rodríguez, Gil Flores, & García Jimenez, 1996) significa que los investigadores cualitativos estudian la realidad en su contexto natural, tal y como sucede, intentando sacar sentido de, o interpretar , los fenómenos de acuerdo con los significados que tienen para las personas implicada La investigación cualitativa implica la utilización y recogida de una gran variedad e materiales entrevista, experiencia personal, historias de vida, observaciones, textos históricas, imágenes, sonidos, que describen la rutina y las situaciones problemáticas y los significados en la vida de las personas.

### **3.2 Contexto y población objeto de estudio**

El trabajo se realizó en el colegio “Liceo Chicó Campestre” ubicado a las afueras al norte de la ciudad de Bogotá. Es un colegio de carácter privado, calendario A, personalizado (máximo 20 estudiantes por curso), mixto, un curso por grado, con formación humanista en valores, lo cual orienta su PEI “Hacia una formación en valores”. La población de estudiantes pertenece al grado décimo en donde se realiza la intervención hay 14 estudiantes 8 hombres y 6 mujeres, con edades entre 14 y 17 años, son un grupo unido receptivo a las propuestas de clase.

El Liceo Chicó Campestre cuenta con una población de estudiantes en grado décimo de este colegio tiene dificultades menores del aprendizaje, diagnosticadas por los profesionales en neuropsicología, fonoaudiología, psicología y psiquiatría infantil (Déficit de atención, memoria a corto plazo, escasa memoria de trabajo, dificultades en funciones ejecutivas, dislexia, disgrafía,

hiperactividad) por lo que al escoger la temática de los sistemas en equilibrio va a permitir en los estudiantes tener un aprendizaje significativo.

Dado que el fuerte de la institución son las asignaturas de sociales y lenguaje, tanto así que a los estudiantes poco interés les produce las ciencias naturales, se establece un compromiso con la institución, se trata de empezar a llamar la atención de los estudiantes a propósito de las temáticas trabajadas en la clase de física. Por lo que la preocupación por plantear actividades en la clase de física con los estudiantes del grado décimo del Colegio Liceo Chicó Campestre que propicien vivencias de conocimiento, comprensiones y que lo que aprendan le sirva para explicar el mundo físico y natural que les rodea, se constituyó en un interés para la autora del presente trabajo. De tal forma que se reflexiona sobre la enseñanza de la física y se sistematiza lo realizado en el aula a propósito de los sistemas en equilibrio.

### **3.3 Técnica e instrumentos de recolección de la información**

En el trabajo se tuvo en cuenta como técnica el grupo focal, el cual está referido al grupo de estudiantes del grado décimo del Liceo Chicó Campestre. En el desarrollo de la propuesta en el aula, se realizaron seis sesiones por medio de las cuales se recogió información para analizarla en la medida que se avanza en el proceso de indagación. Los instrumentos de registros de la información utilizados se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 4 Instrumentos de recolección de la información**

| <b>INSTRUMENTO</b> | <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                        | <b>SENTIDO</b>                                                                                                                                              |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Guías de trabajo   | Se elaboraron guías de trabajo para realizar el estudio de algunas situaciones sobre los sistemas mecánicos en equilibrio | Las guías se desarrollaron de manera escrita por grupos de estudiantes. De tal forma que permita recoger las ideas y representaciones de cada uno de ellos. |

|                                   |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cuadro de organización y análisis | La información proporcionada por los estudiantes se organiza en cuadros para analizarla en todo el proceso de trabajo.                                                          | Establecer una ruta en el proceso que se lleva a cabo en cada una de las sesiones llevadas al aula.                                                                                                                                                  |
| Dibujos y gráficas                | Los dibujos y gráficas son herramientas que posibilitan ver la interpretación, relaciones y explicaciones que los estudiantes realizan sobre las situaciones estudiada en clase | Los dibujos son textos desde los cuales se puede dar cuenta de lo que expresan los estudiantes.<br><br>Las elaboraciones de los dibujos y gráficos posibilitan distinguir las relaciones y representaciones de los estudiantes.                      |
| Notas de la profesora             | Se realizan en el cuaderno de la profesora a manera de bitácora, se lleva la vivencia en el aula y los registros pertinentes al proceso investigativo                           | Estos registros dan lugar a diferenciar y conocer las ideas y aprendizajes que alcanza cada grupo.<br><br>En las socializaciones con los estudiantes, permite avanzar en la reflexión y retroalimentación del proceso llevado a cabo en cada sesión. |

**Fuente: Elaboración propia**

A partir de la organización de la incursión en el aula se realizaron cinco guías de trabajo las cuales tienen situaciones experimentales con preguntas generadoras de discusión y análisis, sobre estas se evidencian las relaciones y representaciones que tienen los estudiantes frente a los eventos relacionados con los sistemas en equilibrio.

## 4. REFERENTES CONCEPTUALES

En este apartado se presentan los referentes del trabajo a nivel disciplinar y pedagógico, los cuales son fundamentos para la comprensión y análisis del proceso vivido en la investigación y aspectos orientadores para realizar la sistematización y reflexión sobre el estudio de los sistemas en equilibrio con los estudiantes de grado décimo del colegio Liceo Chicó Campestre.

### 4.1 Referente disciplinar

La mecánica clásica nos ofrece características muy particulares en tanto a un orden y equilibrio en la naturaleza, iniciando con Galileo Galilei quien con sus ideas sobre el movimiento abre puertas para el trabajo de otros grandes de la física como Isaac Newton.

A finales del siglo XIX se realizaron las primeras aproximaciones a los métodos gráficos estáticos, el objetivo era encontrar cálculos exactos para describir que un objeto estuviera en equilibrio estable por medio de dibujos exactos, como es el caso del axioma del paralelogramo, el cual fue aplicado por Leonardo Da Vinci (1452-1519). La estática gráfica conocida actualmente se inicia con la publicación de la monografía editada por Karl Culmann (1821-1881) en los años 1864-66 de similar nombre.

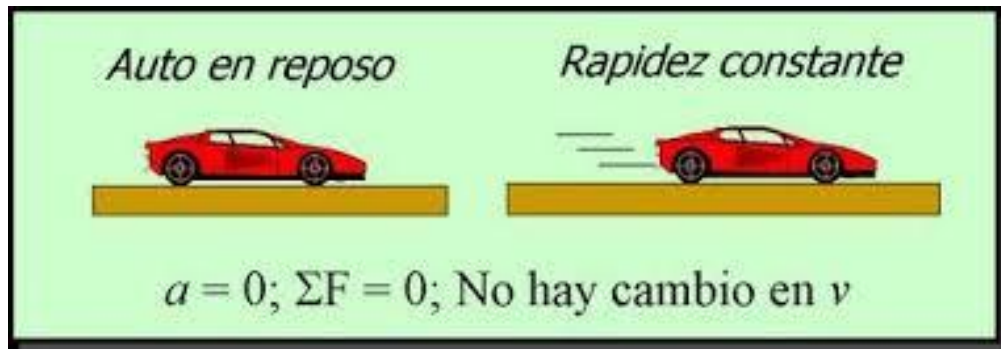
En cuanto a las clases de equilibrio y condiciones de equilibrio, se distinguen dos tipos a saber:

- Equilibrio mecánico (Tippens, 2007)

El equilibrio mecánico se presenta cuando se cumplen estas dos condiciones:

- Cuando un objeto está en reposo o describe un movimiento rectilíneo uniforme, es decir el sistema está en equilibrio traslacional.

- Cuando la suma de fuerzas y momentos, sobre cada partícula del sistema es cero y cuya aplicación son las máquinas simples.



**Imagen 1 Física (Tippens, 2007)**

Equilibrio traslacional de un cuerpo rígido en el plano (Tippens, 2007)



**Imagen 2 (adultos, 2010)**



**Imagen 3 (adultos, 2010)**

En este trabajo los problemas de equilibrio se reducen al análisis de los siguientes casos

- Bajo la acción de dos fuerzas: En este caso las fuerzas deben tener la misma línea de acción, ser iguales en magnitud y de sentido opuesto

- Bajo la acción de fuerzas paralelas: En este caso las tres fuerzas deben ser o concurrentes o paralelas.

- Equilibrio rotacional

Iniciando con el interés de Aristóteles por analizar el problema de las balanzas, palancas y balancines. Cuando una viga está equilibrada horizontalmente de tal manera que no gira, se dice que está en equilibrio rotativo, Arquímedes (287-212 A.C) amplía un poco más estas ideas, afirmando que “fuerzas desiguales que actúan perpendicularmente a una barra pivoteada se equilibran entre sí siempre y cuando  $F_1r_1 = F_2r_2$  en donde se debe tener en cuenta las magnitudes de la fuerza y las distancias en donde se aplican con respecto al centro de rotación.

El momento de fuerza respecto de un punto O se define como el producto de F por el brazo de la palanca o brazo de momento. Es decir  $\tau_o = r_{\perp}F$  siendo una medida de la torsión producida por una fuerza respecto a determinado eje que puede estar en cualquier lugar. El par de torsión tiene dimensiones de fuerza y distancia Nm. (Tippens, 2007)

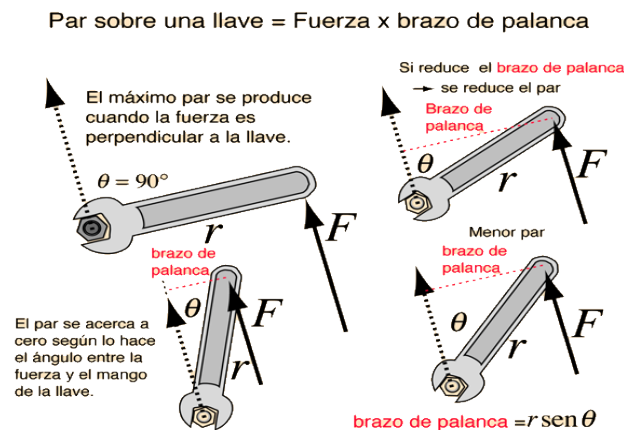


Imagen 4 (Nave, 2009)

Por lo tanto la segunda condición de equilibrio es que la suma de los pares de torsión con respecto a cualquier punto, acusados por todas las fuerzas aplicadas externamente sobre un cuerpo rígido en equilibrio debe ser cero. (Hecht, 1998)

- **Fuerzas**

La ley del paralelogramo o adición de fuerzas: Dos fuerzas que actúan sobre una partícula pueden ser sustituidas por una sola fuerza resultante, que se obtiene al trazar la diagonal del paralelogramo. Este método nos refiere al carácter vectorial de la fuerza.

Principio de transmisibilidad: Las condiciones de equilibrio de cuerpo rígido permanecen inalteradas si la fuerza se desplaza a través de su línea de dirección.

Primera ley de Newton: un cuerpo en reposo permanecerá en reposo y un cuerpo en movimiento permanecerá en movimiento uniforme mientras una fuerza impuesta al mismo no lo haga cambiar. (Hecht, 1998)

Segunda ley de Newton: La fuerza ejercida sobre un cuerpo es igual al cambio resultante en su cantidad de movimiento dividido entre el tiempo transcurrido en el proceso.  $\vec{F} = \frac{\Delta P}{\Delta t}$

Esta es la forma alternativa de la segunda ley de Newton: una fuerza neta aplicada a un objeto lo hace acelerar con una tasa que es inversamente proporcional a la masa del objeto.  $\vec{F} = m\vec{a}$ . Por lo tanto una fuerza constante de 1N, causará que una masa de 1Kg acelere a una tasa constante de  $1\text{m/s}^2$ . Se concluye que  $1\text{N} = 1\text{Kg}\text{m/s}^2$ . (Hecht, 1998)

Tercera ley de Newton: Para cada acción existe siempre una reacción igual. La interacción de dos cuerpos sucede siempre mediante una fuerza y una fuerza contraria de igual magnitud y dirección contraria. (Hecht, 1998)

- **Torque**

- Fuerzas en los puntos de apoyo**

Reacción equivalente a una línea de acción conocida: Los apoyos y conexiones de este tipo incluyen rodillos, balancines, superficies sin fricción, eslabones o bielas y cables cortos, collarines sobre las barras sin fricción y pernos sin fricción en ranuras fijas. Cada uno de estos apoyos y conexiones pueden impedir el movimiento solo en una dirección.

Reacciones equivalentes a una fuerza de magnitud y dirección desconocidas: Los apoyos y las conexiones que originan reacciones de este tipo incluyen pernos sin fricción en orificios ajustados, articulaciones o bisagras y superficies rugosas. Estos pueden impedir la traslación del cuerpo rígido en todas las direcciones pero no pueden impedir la rotación del mismo con respecto a la conexión.

Reacciones equivalentes a una fuerza y un par: Estas reacciones se originan por apoyos fijos, los cuales se oponen a cualquier movimiento del cuerpo libre y, por lo tanto, lo restringen por completo.

## **4.2 Referente pedagógico**

En el contexto de la institución educativa en donde se lleva a cabo la implementación se trabaja el modelo pedagógico de la enseñanza para la comprensión, el cual propende potenciar el

desarrollo de las habilidades de los estudiantes a partir de sus características individuales, emocionales y cognitivas, desde el punto de vista humanístico promover el trabajo colaborativo y los valores, finalmente fortalecer los procesos de pensamiento (habilidades para: pensar, analizar críticamente e impactar positivamente su entorno social).

En concordancia con el modelo pedagógico se realiza el trabajo teniendo como principal motivación el manejo y manipulación del material de laboratorio además generar un espacio de discusión en donde se llega a conclusiones y construcción de conocimiento colectivo, sin temor a expresar su opinión.

Desde este enfoque se hace necesaria la motivación de los estudiantes para que tengan algo de curiosidad por comprender y en ese orden de ideas ¿Qué es comprender? Cuando un estudiante comprende puede organizar la información, argumentar y finalmente aplicar ese conocimiento y relacionarlo con otras áreas del conocimiento. Este proceso supone una vinculación constante del estudiante dentro y fuera del aula de clase. (Perkins, 1992).

Otro aspecto importante en la enseñanza para la comprensión es el contexto del estudiante, se trata de potenciar sus fortalezas para que sus debilidades se hagan menores, en este aspecto es muy importante el rol del docente ya que es el mediador que propende el desarrollo integral del estudiante, dando las herramientas suficientes para que el estudiante logre el objetivo de esta propuesta educativa. Conocer es necesario para comprender en 1898 este término se definió como “aprehender o captar plenamente”, lo cual supone habilidades en interpretar, percibir, asociar, explicar y ser consciente del conocimiento que se está adquiriendo.

El enfoque de la enseñanza para la comprensión está dada por sus precursores Froebel, Herbart y Pestalozzi, y con mucha fuerza por el trabajo de Dewey, quien propone una conexión con la

cotidianidad del estudiante, continua con su legado Bruner el que además de seguir esta corriente propone ejercicios de carácter reflexivo que vincule de igual manera aspectos cotidianos. Con el propósito de tener en nuestras aulas estudiantes más críticos y con el suficiente criterio para resolver problemas fundamentados en lo que conocen, por lo tanto la Enseñanza para la Comprensión debe ser flexible y debe abarcar todas las posibilidades de todos los estudiantes de tu comunidad educativa.

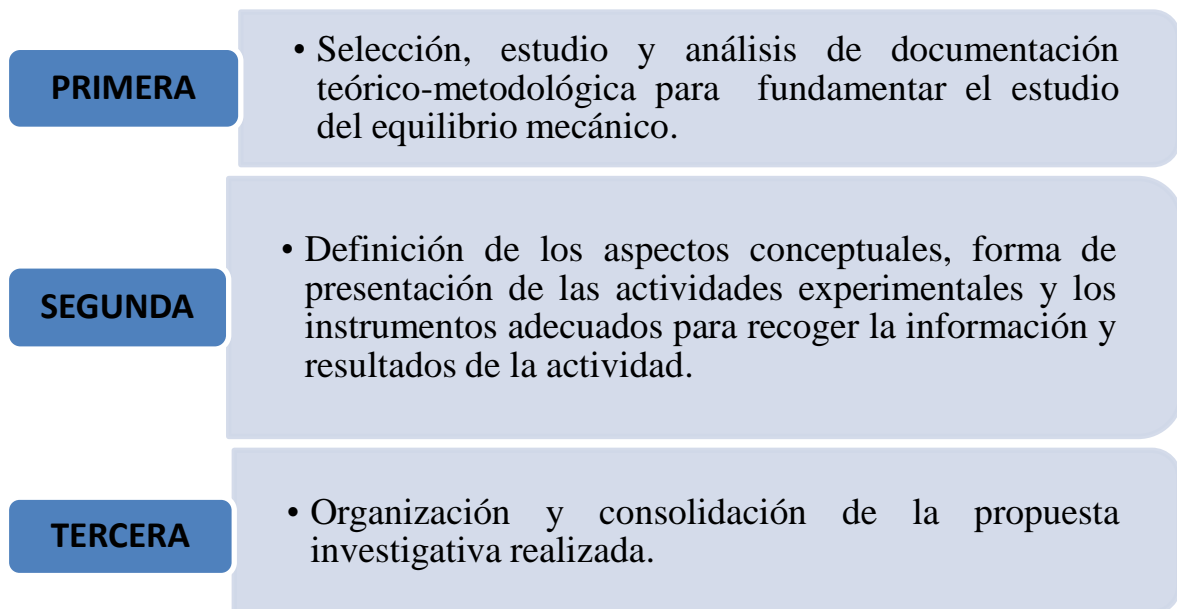
El presente trabajo tiene también en cuenta que la construcción del conocimiento de parte de la experiencia y de la relación directa del estudiante con el medio, esto se refiere a que es una construcción directa y constante que promueve la autonomía y la formulación de conocimiento desde y para el estudiante.

Autores como (Davis, 2007) plantean que desde una Perspectiva constructivista, el sujeto que aprende tiene un papel primario en la determinación de lo que aprende. Decide solo o en consulta con otros, qué le resulta importante aprender. Trabajando con otros, el estudiante resuelve problemas y propone soluciones a partir de una estructura conceptual y metodológica que debe poner a operar, así como del compromiso con su propio aprendizaje.

## 5. EXPERIENCIA CON SISTEMAS EN EQUILIBRIO

En este apartado se presenta la experiencia realizada en el aula sobre el estudio de los sistemas en equilibrio. En primer lugar, se buscaba que los estudiantes identificaran las condiciones de equilibrio a partir de sus ideas, lo que saben, han aprendido en su escolaridad y lo que emerge de las situaciones abordadas en la clase. En segundo lugar, identificar las relaciones y representaciones que individualmente y colectivamente presentaban los estudiantes al respecto de las situaciones. En la organización y diseño de la actividad, se plantean tres fases, ver diagrama a continuación.

Diagrama 2 Fases del trabajo de la profesora



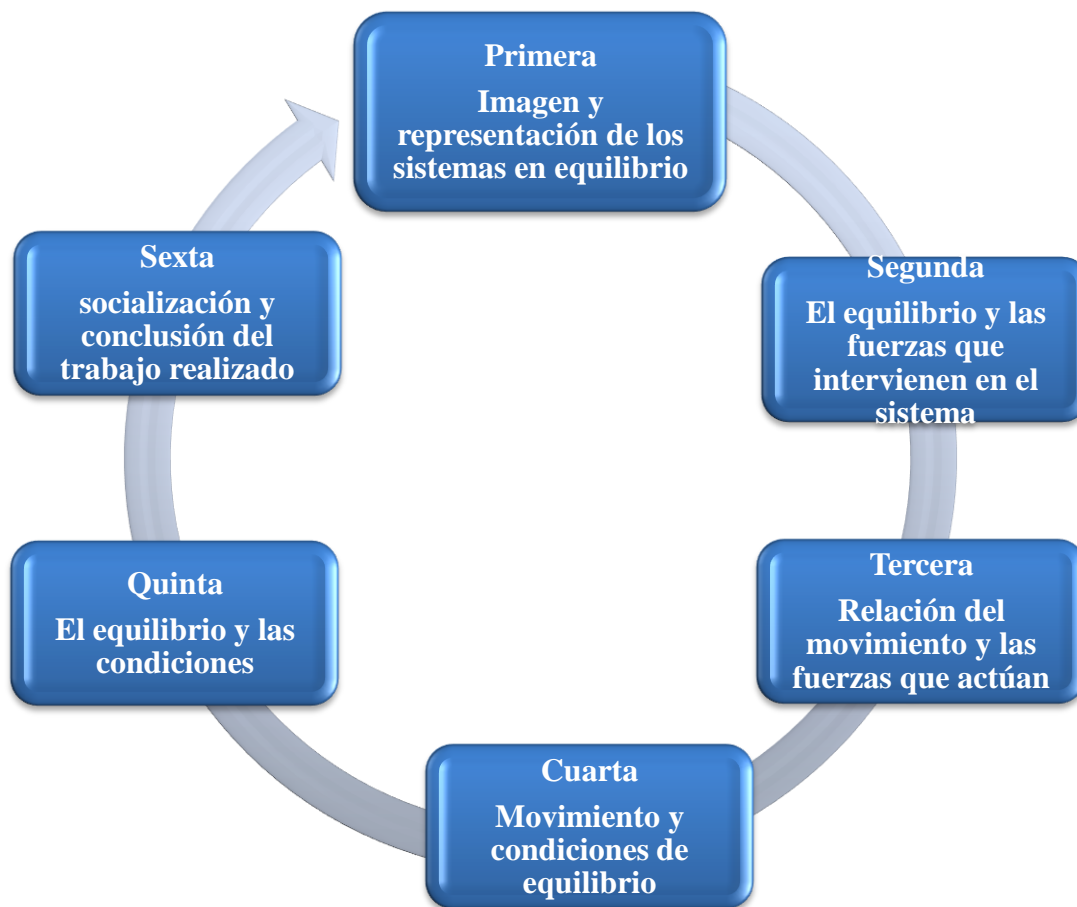
Fuente: Elaboración propia

### 5.1 Actividad

La implementación de la propuesta en el aula, se realiza en seis sesiones (dos semanales) de dos horas (45' cada una). Cada sesión tiene un objetivo de aprendizaje que permitió organizar el

trabajo de los estudiantes y recoger la información pertinente para hacer el análisis de los aspectos que se abordan en esta investigación.

**Diagrama 3 Sesiones de trabajo en el aula**



**Fuente: Elaboración propia**

La metodología seguida en la clase no pretendía ser una secuencia lineal de cada una de las sesiones, el trabajo estuvo permanentemente retroalimentado y enriquecido con cada una de las situaciones de aprendizaje. De esta forma el intercambio de ideas, preguntas y la argumentación fueron aspectos relevantes para buscar las relaciones y representaciones de las situaciones abordadas en la clase.

En la organización de la incursión en el aula se realizó el análisis, sobre las ideas y representaciones que tienen los estudiantes frente a los eventos relacionados con los sistemas en equilibrio. Se diseñaron varias guías como apoyo a la realización del trabajo en el aula (ver anexo 1), en cada una de ellas se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Debían tener muy presente la posibilidad de que los estudiantes pudieran expresar sus ideas y representaciones
- Generar un espacio de discusión y construcción con el otro
- Propiciar un ambiente académico de dialogo y reflexión, promoviendo valores como el respeto por la opinión del otro, empatía, compromiso, por otro lado el trabajo en equipo y las competencias comunicativa y argumentativa.
- Que los estudiantes tuvieran una experiencia tangible del evento físico del equilibrio mecánico, y su relación con su entorno.

## **5.2 Descripción de las sesiones**

La propuesta se articula de manera que cada sesión está orientada con guías de trabajo (ver anexo al final del presente trabajo), los estudiantes se organizan en grupos fijos de trabajo, allí se exploran las relaciones sobre los sistemas en equilibrio abordados, se describe y presentan los hallazgos en cada sesión en plenaria, al final de este apartado se presenta el análisis de los resultados.


### **5.2.1 Primera Sesión: Imagen y representación de los sistemas en equilibrio**

La intención de esta sesión es indagar sobre las ideas e imágenes de los sistemas en equilibrio, los estudiantes exponen sus ideas sobre lo que piensan que es un sistema en equilibrio, los montajes

que se presentan fueron elegidos por los estudiantes. En la siguiente tabla se presenta lo que dicen y el análisis de la profesora.

**Tabla 5 Montajes e ideas de los estudiantes**

| MONTAJE                                                                             | IDEAS DE LOS ESTUDIANTES                                                                                                                                   | ANÁLISIS                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <p>Esta es mi idea de un sistema en equilibrio en donde puedo comparar ambos lados de la balanza y si es igual quiere decir que está en equilibrio</p>     | <p>En este montaje es importante destacar que los estudiantes consideran que existe una relación, entre las masas y la posición de los platos.</p>                                                                                                                                                 |
|    | <p>El equilibrio lo veo representado en este sistema porque los platillos están ubicados en los extremos y puedo variar los objetos que pongo en ellos</p> | <p>En esta representación no hay un punto de apoyo que permitirá comparar las masas que se vayan a comparar, cosa que fue un problema en el momento de probar el sistema</p>                                                                                                                       |
|  | <p>Este es mi modelo de equilibrio porque así es como lo entiendo</p>                                                                                      | <p>En esta representación no hay mucha argumentación por lo que es difícil emitir algún comentario</p>                                                                                                                                                                                             |
|  | <p>Este es mi idea porque es la tarea</p>                                                                                                                  | <p>Es importante tener en cuenta que hay estudiantes que están en nuestras aulas que responden de esta manera. Lo relevante es poder motivarlos acudiendo a la curiosidad y hacer de este un elemento importante de la práctica docente. Su representación es válida sin embargo no argumenta.</p> |
|  | <p>Este proyecto lo hice porque creo que es lo que conozco de ese tema. Así se puede saber que objetos pesan más que otros</p>                             | <p>En esta representación de equilibrio se muestra que ha tenido en cuenta quizás su experiencia sobre estos montajes, acude a la comparación de masas.</p>                                                                                                                                        |

| MONTAJE                                                                           | IDEAS DE LOS ESTUDIANTES                                                                                                               | ANÁLISIS                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>Esto sirve para pesar objetos si no se inclina para un lado quiere decir que las cosas que pongamos en los platicos son iguales</p> | <p>En esta representación evocan un evento físico que aporta a la construcción del concepto de sistemas en equilibrio como lo es la fuerza (peso), sin embargo en el desarrollo de la propuesta es importante aclarar la diferencia entre masa y peso.</p> |

**Fuente: Elaboración propia**

La situación de la permite distinguir los que los estudiantes consideran como sistema en particular en equilibrio. Empiezan a considerar las partes del sistema, su funcionalidad y mostrar relaciones del objeto, sus pesos y la distancia a la cual se coloca.

### 5.2.2 Segunda sesión: El equilibrio y las fuerzas que intervienen en el sistema

En esta sesión los estudiantes relacionan el equilibrio con las fuerzas que intervienen en el sistema, para ello se busca que ellos calculen el valor de las fuerzas que actúan en el sistema que se muestra en la foto 1.



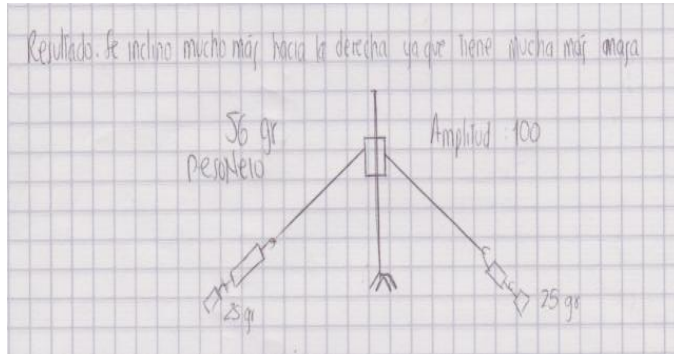
**Foto 1 Sistema masa- dinamómetros**

**Fuente: Tomada por la autora del Trabajo de Grado**

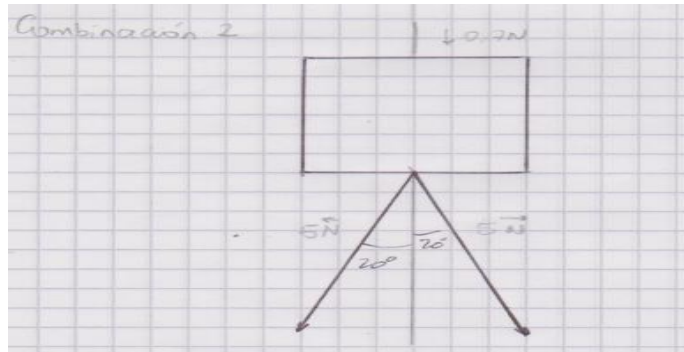
Los estudiantes sugieren situaciones en donde el sistema esté en equilibrio, hacen la lectura de los dinamómetros y notan las posibles variaciones que se le pueden hacer al sistema. En la siguiente tabla, se presentan sus representaciones gráficas

**Tabla 6 Representación gráfica con el uso del dinamómetro**

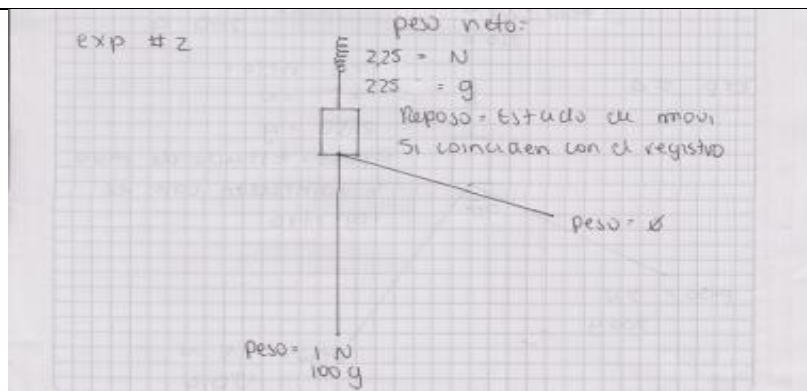
**Representación gráfica, ideas de los estudiantes**



*“Se inclina mucho más a la derecha ya que tiene mucha más masa”*

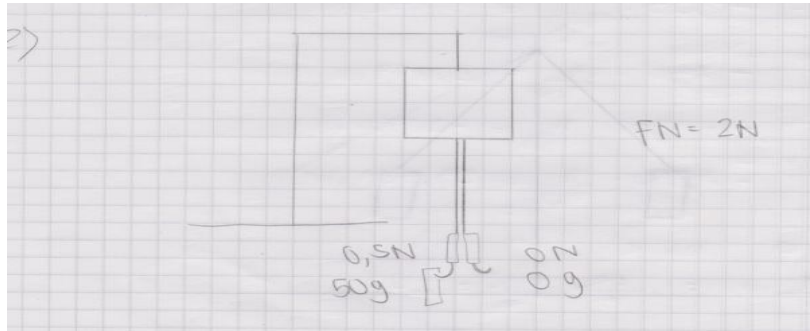


*“El mismo ángulo con las mismas fuerzas”*

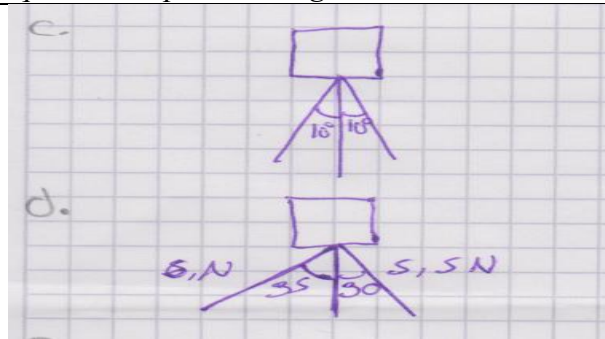


*“Reposo estado de movimiento si coincide con el registro”*

## Representación gráfica, ideas de los estudiantes



“Fuerza sobre un bloque con un peso de 25 gr,  $F=0N$ ”



“Diagrama de

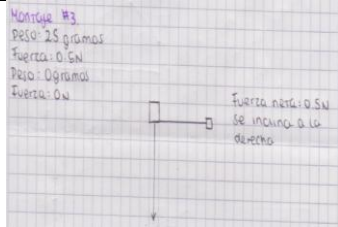
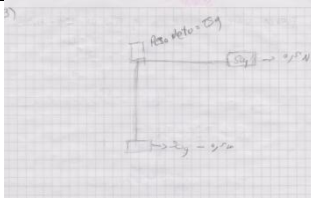
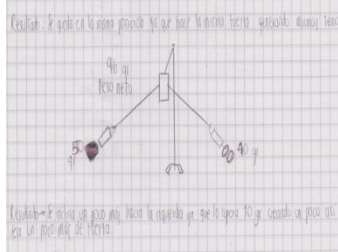
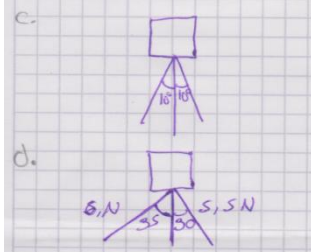
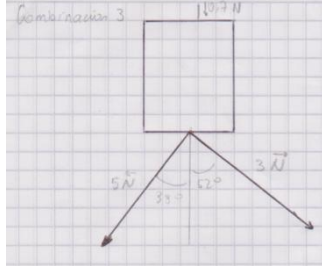
fuerzas”

**Fuente: Elaboración propia**

En estas representaciones gráficas y en las ideas de los estudiantes se distingue que relacionan la masa con la inclinación, tienen como resultado el mismo ángulo con las mismas fuerzas, no es claro si tienen la idea del reposo como un estado de movimiento, es decir que si el objeto está quieto no tienen un estado de movimiento, se empieza a establecer una relación matemática y determinan la fuerza igual a cero y muestran el ángulo de inclinación y su relación con la fuerza que se está ejerciendo en el bloque.

Las ideas, relaciones y representaciones se enriquecen cuando los estudiantes calculan la fuerza neta que actúa en el sistema, se apoyan en sus construcciones y consideran otras variables, ver lo expresado en la siguiente tabla.

**Tabla 7 Representación gráfica al calcular la fuerza neta que actúa en el sistema.**

| Representación e ideas de los estudiantes                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Montaje #3<br/>Peso: 25 gramos<br/>Fuerza: 0.5N<br/>Peso: 0 gramos<br/>Fuerza: 0.5N</p> <p>Fuerza neta: 0.5N<br/>Se inclina a la derecha</p> <p>“Fuerza neta 0,5N, se inclina a la derecha”<br/>No toman en cuenta la medida del ángulo.</p> |  <p>“Fuerza neta 0.5N, se inclina a la derecha”<br/>En este dibujo si es claro que hay un ángulo de 90°</p> |
|  <p>“se queda en la misma posición ya que hace la misma fuerza generando mismas tensiones. Se inclina un poco más a la izquierda”</p>                                                                                                           |  <p>Ángulos iguales fuerzas iguales<br/>En el otro menos ángulo, mayor fuerza</p>                          |
|  <p>Combinación 3</p> <p>1.0N</p> <p>5N 3N</p> <p>Registra menor fuerza mayor ángulo<br/>En el dibujo se marca un ángulo de 90° que evidente mente es incorrecto y no es claro cuál registro</p>                                               | <p>“Reposo estado de movimiento, si coincide con el registro”</p>                                                                                                                             |

**Fuente: Elaboración propia**

Además del cálculo de la fuerza, abordan la pregunta: *¿En qué estado de movimiento se encuentra el sistema?* Teniendo en cuenta lo que digan al respecto de este interrogante dar cuenta de cómo se relaciona esto con las mediciones realizadas anteriormente. En la siguiente tabla se presenta lo que los estudiantes mencionan.

**Tabla 8 Estados de movimiento del sistema**

| Representación gráfica | Ideas y explicaciones de los estudiantes                                                                                                                      | Comentario                                                                                                                                                           |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        | <p><i>“Se encuentra en equilibrio, fuerza neta igual a cero”</i></p> <p><i>“fuerza neta 3N, no se inclina”</i></p>                                            | <p>Dicho desde sus propias palabras relacionan la sumatoria de fuerzas igual a cero con el equilibrio.</p>                                                           |
|                        | <p><i>“En equilibrio ya que genera las mismas fuerzas. Además hay que tener en cuenta en el equilibrio la masa, el estiramiento, la fuerza y el peso”</i></p> | <p>El vocabulario es más amplio e incluyen los aspectos que intervienen en el equilibrio mecánico.</p> <p>Para ellos la fuerza es diferente del peso.</p>            |
|                        | <p><i>No hay descripción escrita del grupo</i></p>                                                                                                            | <p>Muestran una fuerza actuando hacia abajo de 0.7 N y la formación de dos ángulos iguales, pero no hay ningún comentario, conclusión o explicación al respecto.</p> |
|                        | <p><i>“El sistema se encuentra en equilibrio sin peso luego el sistema está en reposo (las cuerdas) y son del mismo peso”</i></p>                             | <p>Hay una idea de que si el sistema está en reposo está en equilibrio: Igualdad de pesos en cada lado.</p>                                                          |

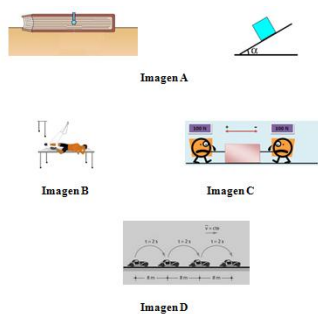
**Fuente: Elaboración propia**

En el análisis de estas situaciones, se nota un interés de algunos grupos por la exploración y manipulación de los instrumentos, hay un acercamiento a la reflexión sobre sistemas en

equilibrio, en algunos casos logran expresar que el sistema está en equilibrio si la fuerza neta es igual a cero. Además, se evidencia que hay una preferencia por la descripción geométrica y por lo que ven en el sistema. En el caso del cálculo de la fuerza neta lo hacen de manera intuitiva alejada del modelo matemático  $\sum F = 0$ . Las variaciones en el sistema lo hacen por ensayo y error para lograr equilibrio, sin detenerse a discutir elementos que les permitan encontrar un patrón de equilibrio.

### 5.2.3 Tercera Sesión: Relación del movimiento y las fuerzas que actúan en el sistema

En esta sesión los estudiantes establecen la relación del movimiento y las fuerzas que actúan, analizan distintas situaciones de movimiento y el carácter vectorial de las fuerzas. Relacionan las situaciones con conceptos que ya han abordado en la clase de Física, como posición, velocidad, aceleración y trayectoria. Se proponen preguntas para ampliar el bagaje conceptual de los estudiantes sobre los sistemas en equilibrio, las condiciones para que sea posible, las relaciones que establecen y las representaciones que emerjan en cada caso. Las preguntas se presentan a continuación y las situaciones se muestran en el diagrama 6. A. ¿Cuándo un cuerpo se encuentra en reposo? , B. ¿Cuándo un cuerpo se mueve con velocidad constante?, C. ¿Qué fuerzas actúan sobre los siguientes cuerpos?



**Diagrama 4 Diagramas de fuerzas (david, 2015)**

Lo que se presentó por parte de los grupos de estudiantes en esta parte de la actividad, se muestra en la siguiente tabla. En ella no se incluye la situación D.

**Tabla 9 Ideas y explicaciones de los estudiantes**

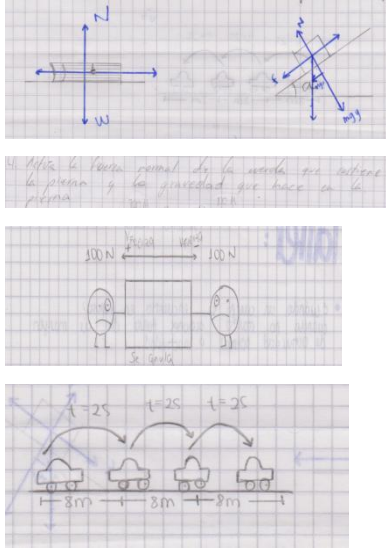
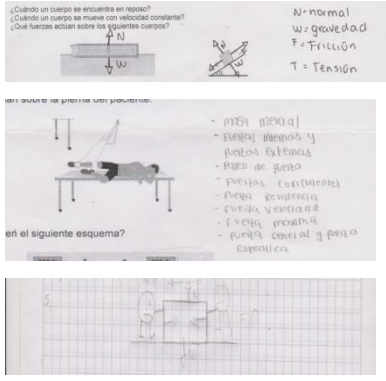
| <b>Expresiones de los estudiantes</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>Comentario</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><u>GRUPO 1</u></p> <p>A. <i>“En un estado de Movimiento Rectilíneo Uniforme – MRU- la velocidad es igual a 0, pero en el universo no existe el reposo absoluto, porque este está en constante movimiento. En general un cuerpo está en reposo absoluto cuando no existen fuerzas que interactúen con el objeto”</i></p> <p>B. <i>“Es cuando se mueve siempre igual, es decir si va a una velocidad de 10m por diez segundos, 20 metros en 20 segundos eso es MRU, quiere decir que se mueve distancias iguales en tiempos iguales”</i></p> <p>C. <i>“La fuerza resultante que queda en la primera imagen es cero porque la fuerza que aplican los personajes es igual, la fuerza resultante en la segunda imagen es 0 porque es MRU y no existe ninguna aceleración”</i></p> | <p>Relacionan que si hay movimiento rectilíneo uniforme, no hay aceleración, por lo tanto la sumatoria de fuerzas es cero y el cuerpo está en equilibrio.</p> <p>Hacen una relación interesante entre la idea que en el universo no existe el reposo absoluto y el movimiento constante del universo, haciendo uso de su competencia argumentativa.</p> <p>Otra apreciación importante es que relacionan y definen la velocidad con la distancia y el tiempo “distancias iguales en tiempos iguales.</p> |
| <p><u>GRUPO 2</u></p> <p>A. <i>“Cuando no hay una fuerza aplicada sobre él.</i></p> <p>B. <i>Cuando tiene una aceleración que no varía.</i></p> <p>C. <i>Sobre el libro actúa la gravedad, sobre el cubo actúa la fuerza normal y se rota el plano cartesiano y este también es <math>g \cdot m</math>”</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <p>Este grupo hace una relación entre la condición que si no hay fuerzas que actúen en el cuerpo, y el equilibrio del cuerpo.</p> <p>Identifican las fuerzas que actúan sobre el sistema.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <p><u>GRUPO 3</u></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>Se contradicen en cuanto dicen que está en reposo</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

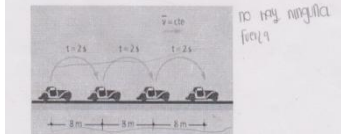
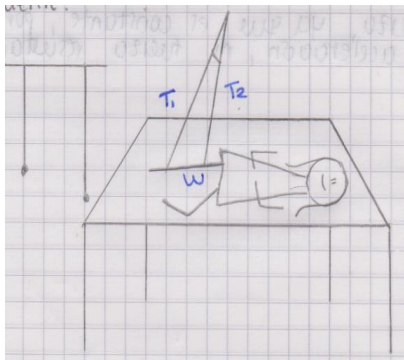

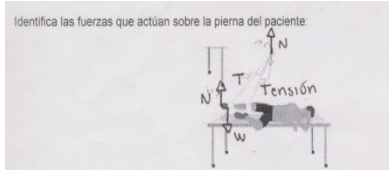
| Expresiones de los estudiantes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Comentario                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>A. <i>“En el estado de MRU la velocidad es igual a 0 pero no existe el reposo absoluto porque está en movimiento</i></p> <p>B. <i>Cuando siempre tiene el mismo movimiento mismo tiempo y distancia</i></p> <p>C. <i>Actúan las fuerzas”</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <p>y al mismo tiempo en movimiento.</p> <p>Relacionan que la velocidad es igual a cero cuando en realidad lo que quieren expresar es que su velocidad es constante ya que se encuentra en movimiento.</p> <p>Reconocen que está presente la acción de las fuerzas.</p>                                                  |
| <p><u>GRUPO 4</u></p> <p>A. <i>“Cuando un cuerpo se encuentra en reposo no efectúa ninguna fuerza puesto que el cuerpo no está en movimiento por lo tanto no tiene ninguna aceleración por ende el cuerpo no tendrá ninguna fuerza.</i></p> <p>B. <i>Cuando sobre un cuerpo actúa una fuerza constante este experimenta cambios de velocidad iguales en tiempos iguales una fuerza neta constante produce una aceleración constante.</i></p> <p>C. <i>No hay fuerza resultante porque los cuerpos están ejerciendo la misma fuerza ninguno ejerce más que otro por ende las fuerzas se anulan. En la situación de los carros podemos observar según los datos “</i></p> | <p>No es claro como relacionan que sobre el cuerpo actúa una fuerza no que él la produce, nuevamente se habla de la definición de equilibrio como que la sumatoria de fuerzas debe ser cero.</p> <p>No hay claridad en las relaciones que se establecen entre el reposo, la velocidad constante y aceleración cero.</p> |
| <p><u>GRUPO 5</u></p> <p>A. <i>“Cuando no tiene ni velocidad ni aceleración y no actúa ninguna fuerza sobre él.</i></p> <p>B. <i>Cuando está en equilibrio y la sumatoria de fuerzas es cero y por lo tanto no hay aceleración y la velocidad es constante.</i></p> <p>C. <i>Fuerza normal, peso, Fricción y peso”</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <p>Esta representación implica que si el cuerpo está en reposo no actúa ninguna fuerza sobre el cuerpo.</p> <p>Sin embargo afirman que si la sumatoria de fuerzas es cero el objeto está en equilibrio</p>                                                                                                              |

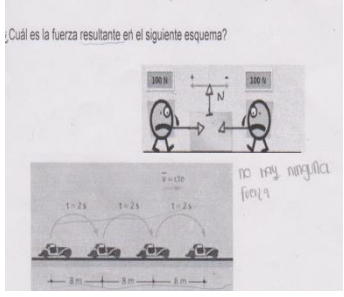
**Fuente: Elaboración propia**

Teniendo en cuenta, lo considerado anteriormente se les solicitó a los estudiantes que tuvieran en cuenta la inquietud de *¿Qué fuerzas actúan sobre los cuerpos?* En este caso se incluyen todas las situaciones A, B, C y D. En la siguiente tabla se muestra la representación gráfica y los comentarios que emergen de lo expresado al respecto.

**Tabla 10 Fuerzas que actúan en el sistema**

| Representación gráfica                                                                                    | Comentario                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>GRUPO 1</b></p>   | <p>En la representación del diagrama de cuerpo libre están ubicadas las fuerzas que actúan en los objetos; Fuerza normal (<math>F_n</math>), Fuerza de fricción <math>F_r</math>, peso (<math>w</math>).</p> <p>A. Identifican las tensiones de la cuerda que sostiene la pierna del paciente.</p> <p>B. Identifican fuerzas iguales y opuestas que se anulan.</p> <p>C. Identifican distancias iguales en tiempos iguales.</p> |
| <p><b>GRUPO 2</b></p>  | <p>En las representaciones del grupo 2 se encuentra lo siguiente:</p> <p>A. No ubican de manera correcta el peso del cuerpo.</p> <p>B. En este diagrama muestran la tensión de la cuerda.</p> <p>C. Identifican fuerzas iguales y opuestas.</p> <p>D. Identifican distancias iguales en tiempos iguales.</p>                                                                                                                    |

| Representación gráfica                                                                                                                                                                                                                                               | Comentario                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <p><b>GRUPO 3</b></p> <p>1) Tensión</p> <p>4) Normal</p> <p>5) Gravedad</p> <p>6) Fricción</p>                                                                                                                                                                       | <p>En cuanto a la verbalización de estas representaciones:</p> <p>A. Identifican una tensión que no existe.</p> <p>B. Identifican la normal pero no incluyen otras que también actúan.</p> <p>C. Identifican la gravedad y excluyen las demás.</p> <p>D. Identifican la fuerza de fricción que en esta situación no existe.</p>                   |
| <p><b>GRUPO 4</b></p>                                                                                                                                                              | <p>En esta representación (dibujo) se encuentra que:</p> <p>A. Identifican el peso y la normal.</p> <p>B. La fuerza de tensión de las cuerdas.</p> <p>C. Afirman que las fuerzas que actúan en esta situación es cero porque no hay aceleración y la velocidad es constante, sin embargo el objeto según se muestra en el gráfico está quieto</p> |
| <p><b>GRUPO 5</b></p>  <p>Identifica las fuerzas que actúan sobre la pierna del paciente:</p>  | <p>Representan y relacionan los siguientes aspectos:</p> <p>A. Relacionan las fuerzas: peso, normal, fricción y la fuerza externa F.</p> <p>B. Representan las tensiones de la cuerda.</p> <p>C. Identifican la fuerza normal, dos fuerzas iguales y opuestas.</p> <p>D. Relacionan tiempos iguales y</p>                                         |

| Representación gráfica                                                            | Comentario                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
|  | <p>distancias iguales.</p> |

**Fuente: Elaboración propia**

Los estudiantes identifican las fuerzas que actúan en los diferentes sistemas, definen velocidad constante, característica principal del movimiento rectilíneo uniforme, asocian a estos sistemas la segunda ley de Newton, en donde relaciona la fuerza con la aceleración.

### 5.2.4 Cuarta Sesión: Movimiento y condiciones de equilibrio

En esta sesión los estudiantes describen la acción para generar movimiento y las condiciones de equilibrio. Se propone abrir la puerta con un dedo y analizar en cuales de esos puntos se hacía más o menos fuerza. Posteriormente se abordan situaciones en donde hay objetos redondos en equilibrio y se pide considerar cuales son las condiciones para que se dé o no una situación de equilibrio.



**Foto 2 Abriendo la puerta**



**Foto 3 Midiendo las distancias**

**Fuente: Tomada por los estudiantes de grado decimo del Liceo Chico Campestre.**



**Foto 4 Fuerza a 7cm del eje de rotación**



**Foto 5 Fuerza a 35cm del eje de rotación**

**Fuente:** Tomada por los estudiantes de grado décimo del Liceo Chico Campestre

En la siguiente tabla se expone cada una de las ideas y explicaciones de los estudiantes:

**Tabla 11 Organización de la información tercera sesión**

| <b>Ideas y explicaciones de los estudiantes</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><u>GRUPO 1</u></p> <p><i>“-Hay que aplicar mucha fuerza ya que se está empujando muy cerca del origen y el dedo no va a recorrer tanto de radio</i></p> <p><i>-No hay que aplicar tanta fuerza, porque lo estamos empujando un poco más lejos del origen pero recorriendo el dedo más de radio.</i></p> <p><i>-Hay que aplicar una fuerza mínima porque con solo un empujón ya se abre completamente porque está más alejado del origen recorriendo el dedo mucho más radio.”</i></p> |
| <p><u>GRUPO 2</u></p> <p><i>“Las fuerzas se deben aplicar en un ángulo de 90° con respecto al objeto ya que al tener mayor ángulo representa mayor fuerza”</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <p><u>GRUPO 4</u></p> <p><i>“Se aplica mucha fuerza ya que está cerca del origen</i></p> <p><i>No se aplica mucha fuerza porque se empuja más lejos del origen.</i></p> <p><i>Se aplica una fuerza mínima ya que con su empujón ya se abre porque está más alejado del origen”</i></p>                                                                                                                                                                                                   |
| <p><u>GRUPO 5</u></p> <p><i>“Para poner en movimiento un cuerpo que se encontraba en reposo, se tiene que modificar la velocidad haciendo un esfuerzo , sobre esta altura la fuerza centrípeta, aceleración, rozamiento, torque”</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                 |

**Fuente:** Elaboración propia

Las ideas, relaciones y explicaciones de los estudiantes están relacionadas con lo siguiente:

- Asocian la fuerza con la posición en la que empujan la puerta y relacionan la distancia circular que recorre el dedo.

-Explican la relación del ángulo con respecto a la fuerza.

-Asocian la fuerza con la posición del dedo entre más lejos menos fuerza en una relación inversa.

-Hablan de una fuerza particular como la centrípeta, además hacen explícito el fenómeno del torque. Este grupo establecen características puntuales para que haya una rotación de los cuerpos y su relación con la fuerza.

-Mencionan el torque pero no hay una explicación clara de lo que quieren decir. No establecer una relación entre el ángulo y la fuerza

Para ampliar la mirada de los estudiantes sobre los sistemas en equilibrio, se les propone una situación diferente a las que venían abordando inicialmente, se les presenta la situación que se muestra en la siguiente imagen a partir de las siguientes inquietudes: ¿Es posible obtener este sistema? y ¿Qué aspectos se deben tener en cuenta para obtener un sistema en esta condición?



**Imagen 5. Sistema en equilibrio (Kneschke, 2000)**

Las respuestas, comentarios e ideas de los estudiantes se presentan en la siguiente tabla. La mayoría de los grupos establece la condición de equilibrio como sumatoria de fuerzas igual a

cero, de igual manera concluyen que es importante la posición en la que se deben ubicar las esferas para que el sistema esté en equilibrio.

**Tabla 12 Organización de la información tercera sesión**

| <b>Ideas de los estudiantes</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>Comentario</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><u>GRUPO 1</u><br/> <i>“Si es posible que se presente esta situación pero se tiene que tener en cuenta el peso de las dos masas que están en los distintos lados para que puedan llegar a un punto de equilibrio donde la masa resultante quede en 0 y también se puede hacer que las dos esferas tengan distintas masas y llegar a un punto de equilibrio pero que también variar las posiciones de la tabla que las sostiene”</i></p> | <p>Indirectamente establecen condiciones de equilibrio, además relacionan las posiciones de las masas con el equilibrio.</p>                                                                                                                                                                               |
| <p><u>GRUPO 2</u><br/> <i>“Esta situación si es posible y lo que se debe tomar en cuenta es que todas las esferas tengan la misma masa para que haya un equilibrio y con esto que la suma de todas las fuerzas sea cero”</i></p>                                                                                                                                                                                                           | <p>Nuevamente establecen la definición de equilibrio como la sumatoria de fuerzas igual a cero</p>                                                                                                                                                                                                         |
| <p><u>GRUPO 3</u><br/> <i>“Este montaje si es posible pero si se tiene en cuenta el peso y la ubicación exacta de las esferas para que el montaje si se pueda realizar perfectamente”</i></p>                                                                                                                                                                                                                                              | <p>El análisis de esta situación relaciona la distancia de los objetos con las fuerzas que actúan en el sistema</p>                                                                                                                                                                                        |
| <p><u>GRUPO 4</u><br/> <i>“Si es posible para que se dé en esa condición es necesario encontrar el equilibrio de los objetos para que ninguno tenga más aceleración o peso que los demás para lograr el equilibrio es necesario que todo los cuerpos tengan la misma masa”</i></p>                                                                                                                                                         | <p>En este análisis está un poco atropellado el lenguaje en cuanto a que hablan de una aceleración y la condición de equilibrio con la sumatoria de fuerzas igual a cero, luego dicen que para que haya equilibrio es necesario tener masas iguales sin tener en cuenta las posiciones de dichas masas</p> |
| <p><u>GRUPO 5</u><br/> <i>“El primer factor necesario para que estén en equilibrio que las tres masas sean iguales, el segundo factor necesario es que la bolita que está en la parte de abajo debe estar centrada respecto a las dos bolitas que se encuentran en el extremo de la tabla.”</i></p>                                                                                                                                        | <p>En este análisis no se tiene en cuenta la posición de los objetos solo de las masas de las “bolitas” falta en la redacción lenguaje técnico apropiado</p>                                                                                                                                               |

**Fuente: Elaboración propia**

En esta sesión los estudiantes establecen una relación entre la fuerza y la distancia como variables particulares de la situación planteada. En el caso de las esferas consideran que si se puede obtener este tipo de equilibrio, indicando que depende de las masas y las posiciones en donde se ubiquen las esferas, además concluyen que a mayor distancia menor fuerza cuyo efecto es un multiplicador de fuerza. Tienen en cuenta aspectos como el ángulo en que se debe hacer la fuerza para que el torque sea máximo, introducen en sus expresiones la palabra equilibrio.

### 5.2.5 Quinta Sesión: El equilibrio y las condiciones

En esta sesión se amplía la idea sobre el sistema en equilibrio y se tiene en cuenta las condiciones para que esto sea posible. Las situaciones que se tuvieron en cuenta se ilustran en la foto 8 y 9, tiene como intención establecerlas variables para que un sistema se encuentre en equilibrio.



**Foto 6 equilibrio en una polea esféricas**

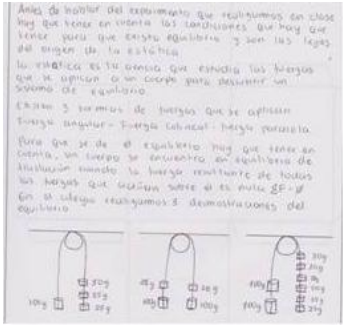
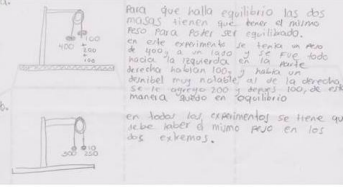


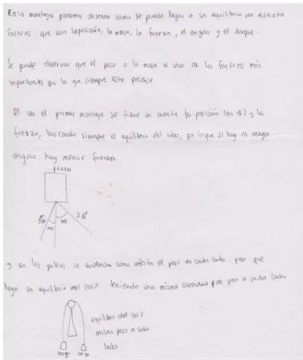
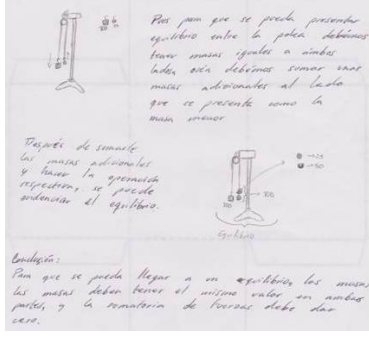
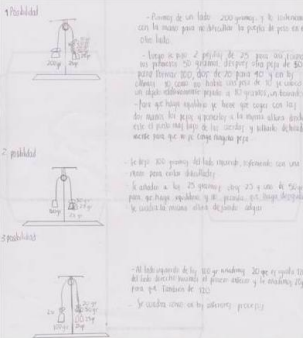
**Foto 7 equilibrio de cuerpos**

**Fuente: Tomada por la autora del Trabajo de Grado**

Teniendo en cuenta los montajes experimentales abordan la inquietud *¿cuáles son las condiciones para que el sistema se encontrara en equilibrio?* Esta sesión retoma lo tratado en clase en las cuatro sesiones anteriores. En la siguiente tabla, se muestra lo que los estudiantes dicen al respecto de la inquietud planteada.

**Tabla 13 Condiciones para que el sistema esté en equilibrio**

| Representación gráfica                                                                                                                | Ideas de los estudiantes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Comentario                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p style="text-align: center;"><u>GRUPO 1</u></p>   | <p><i>“Antes de hablar del experimento que realizamos en clase hay que tener en cuenta las condiciones que hay que tener para que exista equilibrio y son las leyes que de la estática. La estática es la ciencia que estudia fuerzas que se aplican a un cuerpo para describir un sistema en equilibrio.</i></p> <p><i>Existen 3 formas de fuerzas que se aplican fuerza angular, fuerza colineal, fuerza centrípeta.</i></p> <p><i>Para que se dé el equilibrio hay que tener en cuenta, un cuerpo se encuentra en equilibrio cuando la fuerza resultante de todas las fuerzas que actúan sobre él es nula <math>\sum F = 0</math> en el colgamos 3 demostraciones del equilibrio”</i></p> | <p>En este análisis se encuentra que investigaron acerca de las condiciones para obtener un sistema en equilibrio.</p>                                                                                                     |
| <p style="text-align: center;"><u>GRUPO 2</u></p>  | <p><i>“Para que haya equilibrio las dos masas tienen que tener el mismo peso para poder ser equilibrado. En este experimento se tenía un peso de 400 g a un lado y se fue todo hacia la izquierda y en la parte derecha habían 100g y había un desnivel muy notable al de la derecha se le agregó 200 y después 100 de esta manera quedo en equilibrio. En todos los experimentos se tiene que debe haber el mismo peso en los dos extremos.”</i></p>                                                                                                                                                                                                                                        | <p>Hicieron una relación en donde igualaron las masas a cada lado para que las fuerzas fueran iguales y la sumatoria les diera cero. Sin embargo se evidencia que no tienen en cuenta la diferencia entre masa y peso.</p> |
| <p style="text-align: center;"><u>GRUPO 3</u></p>                                                                                     | <p><i>“En los montajes podemos describir cómo se puede llegar a</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <p>En este análisis se</p>                                                                                                                                                                                                 |

| Representación gráfica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Ideas de los estudiantes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Comentario                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>En este montaje podemos observar como se puede llegar a un equilibrio en distintos factores que son la posición, la masa, la fuerza, el ángulo y el torque.</p> <p>Se puede observar que el peso o la masa a un lado de la fuerza más importante que la que siempre está presente.</p> <p>El caso el primer montaje se tiene en cuenta la posición (en 3) y la fuerza, buscando siempre el equilibrio del peso, por lo que si hay un ángulo mayor hay menor fuerza.</p> <p>Y en los pesos se pueden tener sobre el peso en cada lado, pero que haga un equilibrio del 100%. Haciendo una misma cantidad que por a cada lado.</p> | <p><i>un equilibrio distinto factores que son la posición, la masa la fuerza, el ángulo y el torque. Se ve el primer montaje se tiene en cuenta la posición (en 3) y la fuerza, buscando siempre el equilibrio del cubo por lo que si hay mayor ángulo hay menor fuerza. Y en las poleas se evidencia como afecta los pesos de cada lado para que haya un equilibrio del 100% teniendo la misma cantidad de peso a cada lado”</i></p>                                  | <p>devela la relación que se debe tener la misma cantidad de peso a cada lado para obtener equilibrio en el sistema. Hablan muy ligeramente del troque y de algunos ángulos que muestran en la figura, es decir que falta profundidad en el análisis.</p> |
| <p style="text-align: center;"><b><u>GRUPO 4</u></b></p>  <p>Para que se pueda presentar equilibrio entre la polea debemos tener masas iguales a ambos lados, pero debemos sumar masas adicionales al lado que se presenta como la masa anterior.</p> <p>Después de sumarle las masas adicionales y hacer la operación respectiva, se puede evidenciar el equilibrio.</p> <p>Conclusión:<br/>Para que se pueda llegar a un equilibrio las masas deben tener el mismo valor en ambos pesos y la sumatoria de fuerzas debe dar cero.</p>                                                                                              | <p><i>“Para que se pueda presentar equilibrio entre la polea debemos tener masas iguales a ambos lados, ósea debemos sumar unas masas adicionales al lado que se presente como la masa anterior. Después de sumarle las masas adicionales y hacer la operación respectiva, se puede evidenciar el equilibrio. Para que se pueda llegar a un equilibrio, las mismas masas deben tener el mismo valor en ambas partes, y la sumatoria de fuerzas debe dar cero.”</i></p> | <p>En esta reflexión se hace la relación entre las masas que cuelgan de los lados de la polea con respecto a sus valores iguales que dan como resultado la sumatoria de las fuerzas igual a cero.</p>                                                     |
| <p style="text-align: center;"><b><u>GRUPO 5</u></b></p>  <p>1. Objetivo</p> <p>El objetivo de este trabajo es observar y analizar con la mano para determinar la fuerza de peso en el otro lado.</p> <p>2. Procedimiento</p> <p>Se hizo un peso de 200 gramos y se colocaron en el otro lado 200 gramos de pesas de 100 gramos cada una.</p> <p>3. Resultados</p> <p>Se logró observar que el peso de 200 gramos se mantuvo en equilibrio con el peso de 200 gramos.</p>                                                                                                                                                          | <p><i>“Pusimos de un lado 200 gramos y lo sosteníamos con la mano para modificar la pesa del peso del otro lado. Luego se puso dos pesitas de 25 para así formar las pesitas de 50gr después unir esas pesas para tener pesas de 100 gramos. Para que haya equilibrio se debe coger con las dos manos los pesos ponerlos a la misma altura donde este el punto más largo de las cuerdas”</i></p>                                                                       | <p>En su descripción dan una representación de cómo deben acomodar las pesas a qué altura y como manipularlas para finalmente obtener el equilibrio sumatoria de fuerzas igual a cero.</p>                                                                |

**Fuente: Elaboración propia**

Los grupos coinciden en que deben tener la misma masa a cada lado de la polea para que el sistema esté en equilibrio, nuevamente sostienen que la sumatoria de fuerzas debe ser igual a cero. Los estudiantes mencionan las leyes de la estática lo que supone una investigación y una revisión a nivel de fuentes de consulta, mencionan conceptos como fuerzas angular, colineal y paralela; particularizan la acción de las posiciones, las masas, las fuerzas, ángulo y torque.

Una vez finalizado el trabajo realizado en las cinco sesiones, los estudiantes socializan lo explorado en clase, para ello se realizó un conversatorio en donde se pretendía escuchar, socializar las ideas, conclusiones y preguntas que surgen a partir del trabajo realizado sobre sistemas en equilibrio.

El conversatorio que se nombró como *“Primer conversatorio de física liceísta”*, socializan su experiencia en clase, expresan sus observaciones y consideraciones que hicieron durante el desarrollo de la propuesta, las dificultades para expresar las ideas de la manera apropiada, además de resaltar el compromiso y la dedicación por parte de algunos grupos.

Algunos de los testimonios de los participantes en el conversatorio son:

*““Es chévere poder ver para que sirve lo que aprendemos en la vida real, no solo fórmulas que a veces no entendemos”.*

*“En lo personal somos mejores para hablar que para escribir, entonces esta es una oportunidad para resaltar nuestras habilidades”*

*“El hecho de presentarle a otros un tema implica un trabajo anterior que es lo que nos da la seguridad de que estamos haciéndolo bien”.*

*“Así me dan ganas de saber más de física porque es importante ver las aplicaciones”.*

*“Gracias por permitirnos mostrar lo que aprendemos a nuestros compañeros de otros cursos y motivarnos por esforzarnos y sacar lo mejor de cada uno de nosotros”.*

La mayoría de los estudiantes del grado décimo del Liceo Chicó Campestre consideran que la física es igual a un planteamiento matemático, es decir “solo es aplicar fórmulas y ya”, además abordar y modelar las situaciones y solucionar los problemas. Les parece muy interesante explicar fenómenos que en ocasiones son muy cercanos a todos ellos pero que pocas veces no se detienen a analizar.

A continuación se presenta el análisis de la actividad a la luz de la categoría de relaciones que emergió en la clase. Se tiene en cuenta para ello la pregunta investigativa: *¿Cuáles son las relaciones que emergen en la experiencia sobre los sistemas de equilibrio con los estudiantes del grado décimo del Colegio Liceo Chicó Campestre?* y el objetivo general: *Distinguir las relaciones sobre los sistemas en equilibrio con los estudiantes del grado décimo del colegio Liceo Chicó Campestre.*

En este trabajo es significativo tener en cuenta inicialmente la idea de sistema en equilibrio que tienen los estudiantes. En cada sesión, ellos realizaron el montaje y crearon la situación, es decir tuvieron en cuenta y definieron los elementos que conforman el sistema, además su funcionalidad. Algunas de las expresiones al respecto fueron:

*“[...]Un sistema en equilibrio en donde puedo comparar ambos lados de la balanza y si es igual quiere decir que está en equilibrio”, “El equilibrio lo veo representado en este sistema –gancho de ropa, pitas y platillos- .... Los platillos están ubicados en los extremos y puedo variar los objetos que pongo en ellos”, “Esto sirve para pesar objetos*

*si no se inclina para un lado quiere decir que las cosas que pongamos en los plasticos son iguales”.*

Los estudiantes no solo piensan en el sistema y sus partes, sino también para que sirve y cuál es su funcionalidad para dar cuenta de las situaciones en equilibrio. En las fotos que se muestran en la primera sesión, se puede también mirar lo que los estudiantes privilegian en sus montaje realizan y qué condiciones tienen en cuenta, por ejemplo tener distancias iguales en cada lado de la balanza después de su eje.

Los estudiantes mencionaron al respecto del ámbito de la Física lo siguiente:

*“La física es una ciencia que estudia las diferentes cosas que pasan, los sistemas en movimiento y que tienen una explicación matemática a través de las leyes”:*

*“No me gusta la física es mucho razonamiento porque todos los problemas son diferentes y no es como en matemáticas que una ejercicio se parece a otro”.*

*“A mí sí me parece interesante saber la razón de las cosas, de pronto se puede dificultar los problemas algebraicos, analizar los problemas y llevarlos a una solución porque del equilibrio, el movimiento y tener las herramientas matemáticas”*

*“A mí me gusta pero cuando no puedo abordar los problemas de manera matemática”*

*“Si la física fuera solo razonamiento sería filosofía, pero la matemática le da la forma y la esencia para que sean válidas las teorías. Siento que cuando aplico la matemática estoy aprendiendo y está bien y tiene una prueba”.*

*“Pero la ecuación es la misma para varios ejercicios”.*

De lo anterior se evidencia que lo que más dificultad les causa o el aspecto que no les agrada a los estudiantes es el manejo matemático, como lenguaje de la física, que además utilizan para solucionar los problemas que se proponen en la clase de física. A continuación se presenta el análisis de las relaciones de los estudiantes sobre los sistemas en equilibrio abordados en la clase.

-Algunos estudiantes combinaciones de ángulos y masas pero no lograban el que equilibrio, pues se movían de un lado a otro. Otros, dicen *“Buscamos el equilibrio, si analizamos los distintos ángulos... el sistema estaba en reposo”*.

-Encuentran diferencia entre masa y peso, definen el peso como masa por gravedad y la masa dicen que es lo que ocupa un lugar. Las relaciones que surgen a través de la experiencia de aula. Tensión-masa: tensión en las cuerdas independientemente de las masas que colgaran. Peso-masa: definen el peso y establecen la fuerza neta del sistema. Aprenden a manipular los instrumentos de medición como el transportador, el dinamómetro, metro y la báscula digital. -Los estudiantes mencionan que les gusto las sesiones en donde eran más de análisis, *“fue interesante porque dentro del grupo teníamos ideas distintas de la misma situación, por lo que tuvimos una discusión de cara a esa situación”*. Consideran que la situación en donde hay una velocidad constante no hay aceleración por lo tanto no hay fuerza, pero hay movimiento. Además, asumen que el universo está en constante movimiento entonces, concluyen que depende del marco de referencia al analizar la situación.

## 6. REFLEXIONES FINALES

En el trabajo entorno de los sistemas en equilibrio, los estudiantes reflejaron un manejo de las relaciones entre las variables físicas a partir de las situaciones de equilibrio se amplían y les permiten particularizar los conceptos a través de la vivencia en el aula. En la presente investigación se evidenciaron las siguientes conclusiones:

-A partir de esta propuesta emergen elementos para que los estudiantes asuman su proceso de aprendizaje de la Física desde el punto de vista de la curiosidad sin abandonar las ideas y representaciones de las situaciones abordadas que para este caso particular son los sistemas en equilibrio.

-Se generaron espacios de reflexión y análisis a partir de una propuesta experimental, esto permite en la institución educativa tener un mecanismo que sirve como metodología y motivación en este caso para estudiar sistemas en equilibrio y en generar una cultura de apreciar la física desde otro ángulo (diferente al matemático).

-Se identificaron las relaciones entre las variables físicas que intervienen en los sistemas de equilibrio y representaciones a nivel textual, gráfico y visual de los estudiantes sobre los sistemas en equilibrio, sus ideas fueron evolucionando, propusieron nuevas situaciones y representaciones de sistemas en equilibrio, ampliando su horizonte de conocimiento.

-Se logró reflexionar acerca de situaciones en donde los estudiantes podían vivenciar y relacionar con sus experiencias personales en situaciones cotidianas, frente a los elementos que permiten tener sistemas en equilibrio. De tal manera que su aprendizaje es significativo en tanto tienen el

conocimiento, lo comprenden y pueden ir más allá, suscitando curiosidad y ganas de saber más. Finalmente los estudiantes llegan a establecer las características y condiciones para que un sistema se encuentre en equilibrio, mejorando la argumentación de sus consideraciones de lo discutido en clase.

-La experiencia de aula realizada y el estudio sobre los sistemas en equilibrio, se contemplan en la propuesta curricular de este nivel académico, posibilitan relacionarla con otras temáticas del curso. Este estudio se constituye en un eje central en las situaciones no solo del equilibrio mecánico sino también del equilibrio termodinámico, equilibrio electromagnético, el equilibrio en fluidos. Se tiene dos ámbitos de conceptualización como son el de los sistemas y el del equilibrio, lo cual conduce a replantear las propuestas en el aula no solo para estudiantes de la Educación Media sino también Básica y universitaria.

-Desde el quehacer como profesora, permite establecer otros vínculos los estudiantes, teniendo espacios formales pero con la tranquilidad de aportar, hablar y proponer. Este tipo de actividades permiten establecer un ambiente académico favorable en donde el estudiante se siente cómodo exponiendo sus ideas y resaltando sus habilidades, fortaleciendo el trabajo en equipo, respetando las ideas del otro, construyendo en equipo conocimiento y aprendiendo del otro y con el otro.

-Finalmente, quedan posibles propuestas investigativas a partir de lo realizado en esta propuesta investigativa como por ejemplo, profundizar en las representaciones de los estudiantes sobre los sistemas en equilibrio, incursión del estudio del equilibrio en el ámbito de la Física, sobre la modelación de eventos físicos, entre otros aspectos relevantes para pensar la Física y su enseñanza.

**Tabla 14. Relaciones establecidas por los estudiantes a partir de las situaciones sugeridas en las sesiones de trabajo en el aula.**

| GRUPO           | GRUPO 1                                                                                                                                                  | GRUPO 2                                                                                                                                              | GRUPO 3                                                                                                                             | GRUPO 4                                                                                                                                                                  | GRUPO 5                                                                                                                                                                    |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>SESIÓN 1</b> | El equilibrio con la balanza                                                                                                                             | El equilibrio con la balanza                                                                                                                         | El equilibrio con la balanza                                                                                                        | El equilibrio con la balanza                                                                                                                                             | El equilibrio con la balanza                                                                                                                                               |
| <b>SESIÓN 2</b> | La fuerza con el ángulo de aplicación                                                                                                                    | La posición - tensión                                                                                                                                | A menor fuerza, mayor ángulo                                                                                                        | El reposo con el estado de movimiento                                                                                                                                    | Los ángulos iguales con fuerzas iguales                                                                                                                                    |
| <b>SESIÓN 3</b> | La velocidad igual a cero con no aplicar fuerza<br><br>La $\sum f = 0$ con la no existencia de fuerza<br><br>Las distancias iguales con tiempos iguales  | El equilibrio con no aplicar fuerza y como consecuencia una aceleración constante<br><br>Las Fuerzas que actúan en el sistema – peso – fuerza normal | La velocidad cero con la existencia de movimiento<br><br>Iguales tiempos con iguales distancias<br><br>Las fuerzas con las acciones | El reposo con existencia de fuerzas<br><br>La fuerza constante con velocidad variable y aceleración variable<br><br>Si no hay fuerza resultante no hay acción de fuerzas | Si no hay velocidad, no hay acción de las fuerzas<br><br>El equilibrio $= \sum F = 0$ con aceleración variable<br><br>La fuerza normal con el peso y la fuerza de fricción |
| <b>SESIÓN 4</b> | La posición con la fuerza<br><br>La fuerza con la aceleración                                                                                            | El radio con la posición del dedo                                                                                                                    | El ángulo con el torque                                                                                                             | El reposo con el estado de movimiento<br><br>La $\sum F = 0$ con el equilibrio                                                                                           | La Velocidad con el esfuerzo                                                                                                                                               |
| <b>SESIÓN 5</b> | La estática con las fuerzas que se aplican a un cuerpo<br><br>Los tipos fuerzas, angular, colineal y centrípeta<br><br>La $\sum F = 0$ con el equilibrio | El equilibrio con masa iguales                                                                                                                       | La Posición con la masa, la fuerza, el ángulo y el torque                                                                           | La $\sum masas$ con igualdad en ambos lados del sistema<br><br>La $\sum F = 0$ con el equilibrio                                                                         | La altura de las masas con la longitud de las cuerdas                                                                                                                      |
| <b>SESIÓN 6</b> | La física con la vida real                                                                                                                               | Habilidades propias con las habilidades comunicativas                                                                                                | El conocimiento con las aplicaciones                                                                                                | La motivación con la posibilidad de aprender con el otro                                                                                                                 | La preparación de la exposición con la seguridad al expresarse                                                                                                             |

Fuente: elaboración propia

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araceli, G. E. (1999). *Didáctica e innovación curricular*. Sevilla: Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla.

Ayala, M. M., Garzón, M., & Malagón, F. (2007). Consideraciones sobre la formalización y matematización de los fenomenos físicos. *scielo* .

Bautista Ballen, M., & Salazar Suárez, F. L. (2011). *Hipertexto física*. Bogotá, Colombia: Santillana.

David, J. (05 de 02 de 2015). *BLOG física mecánica*. Obtenido de <https://jmillos.wordpress.com/author/juandavid52/>

*Fsica Adultos*, (19 de Abril de 2010).. Obtenido de <http://pablo-fisicadultos.blogspot.com.co/2010/04/en-ciertas-ocasiones-la-aplicacion-de.html>

(MEN), M. d. (1998). *Min educación*. Obtenido de [https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-116042\\_archivo\\_pdf3.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-116042_archivo_pdf3.pdf)

*Fsica Adultos*, (19 de Abril de 2010).. Obtenido de <http://pablo-fisicadultos.blogspot.com.co/2010/04/en-ciertas-ocasiones-la-aplicacion-de.html>

Araceli, G. E. (1999). *Didáctica e innovación curricular*. Sevilla: Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla.

Ayala, M. M., Garzón, M., & Malagón, F. (2007). consideraciones sobre la formalización y matematización de los fenomenos físicos. *scielo* .

Bautista Ballen, M., & Salazar Suárez, F. L. (2011). *Hipertexto física*. Bogotá, Colombia: Santillana.

David, J. (05 de 02 de 2015). Blog física mecánica. Obtenido de <https://jmillos.wordpress.com/author/juandavid52/>

Flick, U. (2007). *Introducción a la Investigación Cualitativa*. Madrid: Ediciones Morata S.L.

García, I. A. (10 de Junio de 1998). *Repositorio académico digital, Universidad Autonoma de Nuevo León*. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/7154/1/1080080856.PDF>

Giraldo García, J. I. (2014). propuesta de enseñanza de cuerpo rigido por la acción de fuerzas coplanares, con el uso de la geometría plana.

Hecht, E. (1998). *Física I. Algebra y trigonometría*. México: International Thomson.

- Infante Luna, E. d. (2006). *Física I*. Bogotá, Colombia: Norma S.A.
- Johnston, B. &. (2010). *Mecánica vectorial para ingenieros*. México: Mc Graw Hill interamericana editores .
- Kneschke, R. (2000). *dreamstime*. Obtenido de <https://www.dreamstime.com/royalty-free-stock-photo-equilibrium-balance-seesaw-two-red-balls-image37262625>
- López, C. M. (2001). *Planeación y evaluación del proceso enseñanza aprendizaje*. México: Trillas.
- MEN. (1998). *Ministerio de educación nacional*. Obtenido de [https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-116042\\_archivo\\_pdf3.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-116042_archivo_pdf3.pdf)
- Nacional, M. d. (1998). *MEN*. Obtenido de [https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-116042\\_archivo\\_pdf3.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-116042_archivo_pdf3.pdf)
- Nave, M. O. (2009). *HyperPhysics*. Obtenido de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/torq2.html>
- Pedrerros Martínez, R. I. (2013). Formas de pensar e falar sobre o equilíbrio nas ciências da natureza.
- Pedrerros Martínez, R. I. (2011). Perfil conceptual de equilibrio a partir de las ideas en comunidades culturalmente diferenciadas: implicaciones para una educación en ciencias en una sociedad culturalmente diversa .
- Pedrerros Martínez, R. I. (2013). Significados de la palabra equilibrio en los estudiantes de primer semestre de las licenciaturas de física, diseño tecnológico, biología y química.
- Peralta, J. (2003). Semana nacional de investigación y docencia en matemáticas. dificultades para articular los registros gráfico,. Hermosillo, México.
- Pérez García, A. (2012). Interpretación y aplicación de las leyes de movimiento de Newton: una propuesta didáctica para mejorar el nivel de desempeño y competencia en el aprendizaje de los estudiantes del grado décimo del Instituto Técnico Industrial Piloto.
- Pérez García, E. M. (2012). Equilibrios sorprendentes. *Ciutat de les arts i les ciencies* .
- Perkins, D. (1992). Enseñanza para la comprensión. *Maristas* .
- Rodríguez Gómez, G., Gil Flores, J., & García Jiménez, E. (1996). *Metodología de la investigación educativa*. Málaga: Aljibe.
- Rodriguez, G., Gil Flores, J., & García Jimenez, E. (1996). *Metodología de la Investigación Cualitativa* . Málaga: Aljibe.

Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2008). *Física para ciencias e ingeniería Vol. 1*. México D.F.: Cengage.

Tipler, P. A. (2005). *Física para la ciencia y la tecnología*. Barcelona: Reverté.

Tippens, f. (2007). *Tippens fisica 7e\_diapositivas\_05b*. Obtenido de <https://image.slidesharecdn.com/tippensfisica7ediapositivas05b-131103204752-phpapp01/95/tippens-fisica-7ediapositivas05b-4-638.jpg?cb=1383511735>

Valencia Ramos, J. L. (2014). Estrategia didáctica, basada en el concepto de equilibrio, para la enseñanza de la

Villegas Rodríguez, M., & Ramírez Sierra, R. (1998). *Galaxia física*. Santafé de Bogotá-Colombia: Voluntad.

Zemansky, S., Young, H. D., & Freedman, R. A. (2009). *Física universitaria Vol. 1*. México: Pearson educación.

## ANEXO GUÍAS DE TRABAJO

### GUÍA 1

#### OBJETIVO

Reconocer el carácter vectorial de las fuerzas

Descomponer fuerzas en un sistema coordenado

Relación fuerza equilibrio

#### CONCEPTOS PREVIOS

Fuerza, fuerza neta, leyes de Newton, Algebra vectorial y descomposición de vectores

#### SITUACIÓN EXPERIMENTAL

Dado cierto montaje se debe calcular el valor de una fuerza desconocida de modo que el sistema permanezca en equilibrio y hacer su verificación experimental.

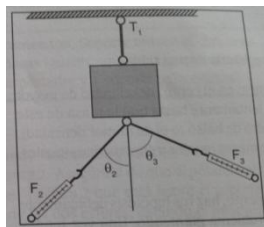
#### MATERIALES

- 1 bloque de madera
- 2 armellas
- Cuerdas
- 3 dinamómetros
- 1 Transportador
- 1 balanza

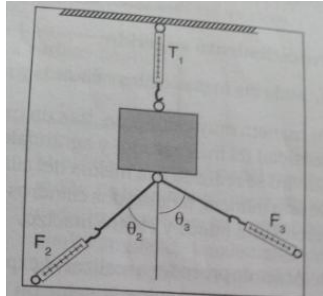
#### SUGERENCIA DE PROCEDIMIENTO

1. Coloca una armella a cada lado del bloque y coloca una cuerda en cada armella. Montaje

sugerido:



- Coloca el bloque sobre una superficie plana y sujeta la cuerda libre a una pared o algo fijo.
- Selecciona dos ángulos distintos utilizando los dinamómetros sin desplazar el bloque en ninguna dirección. Montaje sugerido:



- Registra en una tabla los ángulos y las respectivas lecturas de los dinamómetros.

Repite los pasos 2 y 3 para 5 posibles combinaciones de ángulos y fuerzas.

Cuestionamientos para análisis

¿En qué estado de movimiento se encuentra el sistema?

¿Cuánto vale la fuerza neta sobre el bloque en cada una de las combinaciones realizadas?

¿Coinciden con el registro con las mediciones hechas? ¿En caso que no por qué?

Haz un listado de los conceptos que surgen a partir de la experiencia.

## GUÍA 2

## OBJETIVO

Reconocer el carácter vectorial de las fuerzas

Descomponer fuerzas en un sistema coordenado

Relación fuerza equilibrio

## CONCEPTOS PREVIOS

Fuerza, fuerza neta, leyes de Newton, Algebra vectorial y descomposición de vectores

## SITUACIÓN EXPERIMENTAL

Dado cierto montaje se debe calcular el valor de una fuerza desconocida de modo que el sistema permanezca en equilibrio y hacer su verificación experimental.

## MATERIALES

1 bloque de madera

2 armellas

Cuerdas

3 dinamómetros

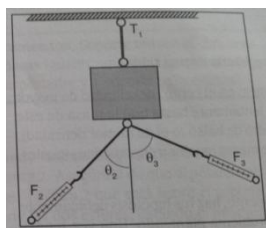
1 Transportador

1 balanza

## SUGERENCIA DE PROCEDIMIENTO

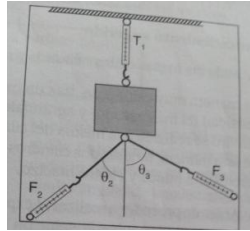
1. Coloca una armella a cada lado del bloque y coloca una cuerda en cada armella. Montaje

sugerido:



2. Coloca el bloque sobre una superficie plana y sujeta la cuerda libre a una pared o algo fijo.

3. Selecciona dos ángulos distintos utilizando los dinamómetros sin desplazar el bloque en ninguna dirección. Montaje sugerido:



4. Registra en una tabla los ángulos y las respectivas lecturas de los dinamómetros.

Repite los pasos 2 y 3 para 5 posibles combinaciones de ángulos y fuerzas.

Cuestionamientos para análisis

¿En qué estado de movimiento se encuentra el sistema?

¿Cuánto vale la fuerza neta sobre el bloque en cada una de las combinaciones realizadas?

¿Coinciden con el registro con las mediciones hechas? ¿En caso que no por qué?

Haz un listado de los conceptos que surgen a partir de la experiencia.

### **GUÍA 3**

#### **OBJETIVO**

Reconocer el carácter vectorial de las fuerzas

Descomponer fuerzas en un sistema coordenado

Relación fuerza equilibrio

## CONCEPTOS PREVIOS

Fuerza, fuerza neta, leyes de Newton, Algebra vectorial y descomposición de vectores

## SITUACIÓN EXPERIMENTAL

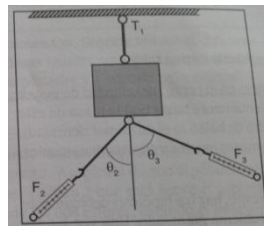
Dado cierto montaje se debe calcular el valor de una fuerza desconocida de modo que el sistema permanezca en equilibrio y hacer su verificación experimental.

## MATERIALES

- 1 bloque de madera
- 2 armellas
- Cuerdas
- 3 dinamómetros
- 1 Transportador
- 1 balanza

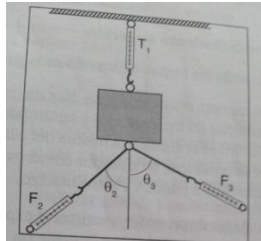
## SUGERENCIA DE PROCEDIMIENTO

1. Coloca una armella a cada lado del bloque y coloca una cuerda en cada armella. Montaje sugerido:



2. Coloca el bloque sobre una superficie plana y sujeta la cuerda libre a una pared o algo fijo.

3. Selecciona dos ángulos distintos utilizando los dinamómetros sin desplazar el bloque en ninguna dirección. Montage sugerido:



4. Registra en una tabla los ángulos y las respectivas lecturas de los dinamómetros.

Repite los pasos 2 y 3 para 5 posibles combinaciones de ángulos y fuerzas.

Cuestionamientos para análisis

¿En qué estado de movimiento se encuentra el sistema?

¿Cuánto vale la fuerza neta sobre el bloque en cada una de las combinaciones realizadas?

¿Coinciden con el registro con las mediciones hechas? ¿En caso que no por qué?

Haz un listado de los conceptos que surgen a partir de la experiencia.

#### **GUÍA 4**

Teniendo en cuenta los montajes experimentales propuestos, establecer cuáles son las condiciones para que haya equilibrio. Deben expresar todas sus ideas con un lenguaje coherente, técnico y lo más explícito posible.

#### **GUÍA 5**

Indagar en los videos de la ciencia de lo absurdo de natgeo lo concerniente al centro de gravedad del cuerpo humano y plantear una situación en donde puedas implementarlo, y establecer el centro de gravedad de tu cuerpo.