

# *Universidad Nacional de Córdoba*

Facultad de Matemática, Astronomía y Física

Didáctica Especial y Taller de Física

Trabajo Final

Diseño de una unidad didáctica:  
“Una propuesta para la introducción del concepto de equilibrio  
estático”

Autores:  
Corchero, Enrique Carlos  
D'Alessandro, Hugo Javier

Marzo 2011

## Introducción:

El equilibrio estático es un tema presente en casi todo currículum de la educación secundaria, que se suele abordar exclusivamente como un contenido procedimental con el objetivo de desarrollar habilidades en la resolución de ejercicios de papel y lápiz. A pesar de que seguramente ha sido estudiado en el secundario, los alumnos que comienzan estudios superiores en el área de las Ciencias Naturales o Ingeniería presentan serias deficiencias a la hora de analizar situaciones de equilibrio. Tienen dificultades para realizar diagramas de cuerpo libre por no poder determinar la dirección y sentido de las fuerzas actuantes. La condición de equilibrio se interpreta sólo como un método para resolver ejercicios estándares (calcular fuerzas desconocidas en sistemas estáticos). Los resultados no suelen ser verificados y las respuestas equivocadas no son vistas como conflicto o como aportes constructivos.

En este trabajo proponemos una unidad didáctica como introducción al tema equilibrio con el objetivo de que los alumnos construyan el concepto de equilibrio, trabajando activamente en equipos flexibles, diseñando y realizando prácticas de laboratorio en un ambiente de encuentro y debate que emule el trabajo de la comunidad científica. Esperamos que de ser aplicada, los alumnos construyan un conocimiento significativo del concepto de equilibrio (y su formulación matemática) y de cómo se produce el conocimiento científico.

## Fundamentos:

La Física es una de las materias con la cual los alumnos deben adquirir las capacidades para transformar sus conocimientos previos, para dar paso a la construcción de los científicos.

El enfoque constructivista, al que adherimos, implica que el alumno construya nuevos conocimientos mediante la interacción de éstos con otros adquiridos anteriormente, además de la interacción con sus pares y docentes. Aquí es donde entran en juego las concepciones previas de los alumnos, que son los modos de ver y modificar la realidad empleados para construir los nuevos conocimientos. Por lo tanto, es necesario que los docentes conozcamos estos preconceptos para poder seleccionar, jerarquizar y organizar los contenidos y diseñar las actividades de acuerdo al nivel cognoscitivo de los alumnos.

La enseñanza de la Física debemos pensarla no sólo como la construcción de contenidos conceptuales actualizados y relevantes, sino también de contenidos procedimentales que se aproximen al modo de producción de la actividad científica. Por eso, los trabajos prácticos de laboratorio son un importante recurso didáctico, especialmente si se implementan dentro de una situación problemática, donde los datos obtenidos contribuyen a la resolución de un cuestionamiento guiado por el docente. La experimentación empleada como simple demostración de una ley o principio no es coherente con el carácter indagatorio de la ciencia, y fomenta una visión positivista de la misma. Por este motivo, en nuestra unidad didáctica, los alumnos desarrollarán la necesidad de comprobar “lo que dicen” en un entorno más controlado.

En esta unidad consideramos importante que los alumnos sean capaces de usar sus conocimientos en la resolución de ciertos problemas, inicialmente cualitativos. Sin embargo en la palabra “problemas” se suelen agrupar ejercicios simples en los que la única estrategia desarrollada por el alumno es aplicar el algoritmo para llegar a la solución. No está mal la ejercitación y la automatización de técnicas de cálculo, pero no deben ser el tipo de actividad prioritaria, porque nuestro objeto de conocimiento no es la Matemática sino Física, y en particular, el equilibrio estático de fuerzas.

En este sentido, los “problemas escolares” deben ser capaces de tener características de cotidianidad y deben ser adecuados para contrastar y poner de manifiesto la necesidad de otro tipo de conocimiento, como el científico, ya que éstos no ocurren en la vida diaria del alumno. Necesita ser cotidiano pues de este modo el alumno se ve a sí mismo involucrado en el problema y podrá comenzar a resolverlo partiendo desde sus preconcepciones o experiencia previa, la cual quedará en evidencia. De algún modo, los problemas escolares están entre los cotidianos y los científicos.

Centrándonos en los contenidos actitudinales, entendemos que la importancia de la adquisición de los mismo es algo que el alumno debe percibir a lo largo de su proceso de aprendizaje mediante las actividades que se realicen. Por eso resulta fundamental la valoración que nosotros, como docentes, hagamos de las mismas. Esto contribuye tanto al desarrollo personal del alumno, en lo que se refiere a su capacidad de abstracción, curiosidad, creatividad, actitud crítica, razonamiento ordenado, como a las actitudes de respeto ante opiniones de pares o valoración del trabajo en equipo.

De este modo adherimos a la concepción de que el objetivo de nuestra enseñanza es la formación integral del alumno, relativa a conocimientos conceptuales, procedimentales y actitudinales. Esta formación integral de la persona implica un sostenido trabajo educativo para que el alumno se desarrolle como sujeto de derecho. Esto implica que se conozca a sí mismo, que interactúe con los demás y que pueda disponer de todas las condiciones para definir su aprendizaje. Intentaremos en esta unidad aproximarnos a esto.

## Objetivos Generales de la Unidad:

- Que los alumnos construyan y formalicen activamente el concepto de equilibrio de fuerzas.
- Que el alumno sea capaz de reconocer las condiciones necesarias para que un sistema de fuerzas esté en equilibrio, identificar las magnitudes que lo componen y averiguar las que sean desconocidas.
- Que el alumno sepa reconocer el valor técnico y social de los objetivos precedentes en relación a la asignatura y su carrera.

## ¿Qué es lo que el alumno ya sabe?

### Conocimientos previos y requisitos de la materia:

- Sabe usar múltiplos y submúltiplos de magnitudes.
- Conoce las unidades de fuerza
- Maneja vectores.
- despeja ecuaciones.
- Interpreta gráficos.

### Preconceptos de los alumnos:

Numerosas investigaciones sobre los preconceptos de los alumnos en mecánica aportan algunos relacionados al equilibrio.

- |  |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"><li>I. Los “obstáculos” no ejercen fuerza (sólo son obstáculos en el camino).</li><li>II. Solo los cuerpos activos ejercen fuerzas.</li><li>III. Del conjunto de fuerzas que actúan sobre un mismo objeto, una fuerza le gana a las otras.</li><li>IV. El aire y/o la presión del aire son los responsables de que un objeto se mantenga en reposo.</li><li>V. La ausencia de movimiento implica ausencia de fuerzas.</li><li>VI. Si un cuerpo no cambia su posición al transcurrir el tiempo las fuerzas que actúan sobre el cuerpo están equilibradas.</li></ol> |
|--|

Tabla 1: Preconceptos comunes en relación al equilibrio

- I. **Cuando un objeto se encuentra sobre una superficie, ésta lo único que hace es sostener el objeto, evitando así que éste se mueva:**  
Según Halloun y Hestenes (en McDermont, 1998), los estudiantes creen que los objetos inanimados pueden servir como barreras para detener o redirigir el movimiento, pero no como agentes de una fuerza. Un alumno explicó: *“Había un fuerza mientras la detenías [la pelota] en tu mano...[pero cuando la pelota se encuentra sobre la mesa] no*

*hay una fuerza en la pelota...esto es distinto. La pelota quiere ir hacia abajo, pero la mesa sólo la está sosteniendo...evitando que se mueva”.*

Minstrell (1982) pidió que dijeran las fuerzas que actúan sobre un libro para que se mantenga sobre una mesa. La mitad de los estudiantes dijeron que la gravedad ejerce una fuerza vertical y que la mesa “*sólo se encuentra en su camino*”. Algunos alumnos mencionaron que no es necesario que la mesa empuje hacia arriba y otros que la mesa no es capaz de empujar hacia arriba. Por ejemplo, un alumno dijo: “[...] *la mesa está ahí, evitando que [el libro] sea aspirado [por la gravedad], pero eso no es una fuerza. Debido a que la mesa es un objeto sólido. Ahora...las moléculas de la mesa no van a abrirse y dejar que el objeto las atraviese... Oh!! Eso significa que no hay una fuerza que actúa entre la mesa y el objeto pero sí hay una fuerza que mantiene juntas a las moléculas de la mesa para evitar que el objeto la atraviese...*”

## **II. Sólo los cuerpos activos ejercen fuerzas:**

Clement (1973) y Watts (1983) (en Jimenez Gómez et. al.,1997) se encontraron con la idea de que los humanos, las máquinas y algunos objetos son considerados centros de fuerza (noción antropomórfica de fuerza) mientras que los otros objetos solo se interponen en su camino.

## **III. Cuando dos o más fuerzas están en competencia, el movimiento está determinado por la fuerza más grande:**

Maloney y Halloun y Hestenes (en McDermont (1998)) encontraron que muchos estudiantes caracterizan la interacción entre dos objetos por un principio de dominancia: el objeto que causa movimiento sobre el otro es el que ejerce la mayor fuerza, debido a que supera la oposición del otro.

## **IV. El aire y/o la presión del aire son los responsables de que un objeto se mantenga en reposo:**

Minstrell (1982) trabajó con estudiantes de secundaria para investigar sus ideas previas acerca del estado de reposo de los cuerpos. Colocó un libro sobre una mesa y pidió a los alumnos que hicieran un diagrama en el que dibujaran con flechas las fuerzas que actuaban sobre el libro para mantenerlo sobre la mesa. La mayoría de los estudiantes dibujaron flechas alrededor del bloque, en dirección al mismo, e indicaron que las flechas eran la presión del aire. Otros alumnos sólo dibujaron flechas sobre el bloque en dirección hacia abajo y dijeron que las flechas representaban la presión del aire y que ésta ayudaba a la gravedad a mantener el libro sobre la mesa, por ejemplo, ante la pregunta *¿cuáles son las fuerzas que actúan sobre el libro?*, un alumno dijo: *“la gravedad, no hay fuerza en la mesa y la presión del aire que empuja igual por todos lados, excepto que no creo que empuje igual por abajo”*. Un grupo más pequeño de estudiantes, dibujaron y mencionaron que sólo era la presión del aire la responsable de que el libro se mantuviera sobre la mesa; por ejemplo, un alumno mencionó: *“Si se quitara el aire, el libro se iría a la deriva”*. La minoría de los estudiantes respondieron que lo que mantendría al libro en su lugar era el viento o las corrientes de viento que actuaban a los lados del mismo.

## **V. El reposo implica la ausencia de fuerzas:**

Los estudios Hestenes (1992) le llevaron a

concluir que es fuerte la presencia de la idea aristotélica de que el reposo es el estado natural de los cuerpos y que no actúan fuerzas en esta situación, incluso el peso.

**VI. Si un cuerpo está en reposo se cumple la condición de equilibrio:** Este concepto acorde a la visión newtoniana probablemente se deba a aprendizajes formales anteriores de los alumnos.

Destacamos que el VI es un preconcepto coincidente con las concepciones newtonianas, pero sólo se menciona en Sebastià (1984).

Los preconceptos I, III y V son los que deben ser trabajados para lograr una construcción de conocimiento significativo acerca del concepto de equilibrio y sus condiciones, así como para lograr una comprensión cabal de los métodos aplicados para calcular reacciones vinculares.

El tener activo el preconcepto I impedirá al alumno poder identificar reacciones vinculares. La presencia del III estará en conflicto la condición de equilibrio traslacional que se pretende construir. El preconcepto V inhibirá la inclusión de fuerzas en cualquier situación estática.

Estos conceptos conforman, junto a muchos otros, un esquema conceptual que tiene características de teoría, por lo que influir sobre uno de ellos individualmente es imposible. Toda modificación de un preconcepto implicará una reestructuración de toda la red que lo contiene. Al preconcepto II lo consideramos una versión del I pero no iguales, consideramos que para lo que nos incumbe, su relación con el equilibrio, pueden ser considerados equivalentes. Con respecto al IV, lo encontramos directamente relacionado al concepto de peso y por la dificultad que presenta trabajarlo empíricamente, debería ser tratado exclusivamente, con el propósito de diferenciarlo del peso, probablemente mediante el uso de textos y TICs.

## ¿Qué aprenderán de novedoso con esta Unidad?

En el desarrollo de esta unidad didáctica esperamos que los alumnos construyan los conceptos científicos siguientes:

**Preconcepto P1:** Los “obstáculos” no ejercen fuerza (sólo son obstáculos en el camino).

**Concepto científico:** Todos los cuerpos en interacción se ejercen fuerzas mutuamente

**Preconcepto P2:** Del conjunto de fuerzas que actúan sobre un mismo objeto, una fuerza le gana a las demás.

**Concepto científico:** La resultante de un sistema de fuerzas es la suma vectorial de las fuerzas

**Preconcepto P3:** La ausencia de movimiento implica ausencia de fuerzas.

**Concepto científico:** Ausencia de movimiento implica equilibrio de fuerzas

Tabla 2: Conceptos científicos en relación a los posibles preconceptos presentes.

Los contenidos que se desarrollarán en la unidad entera serán:

### Contenidos Conceptuales:

- Sobre los cuerpos en reposo también se ejercen fuerzas.
- Los sistemas estáticos cumplen la condición de equilibrio.
- Las reacciones vinculares son fuerzas variables que equilibran el sistema.

### Contenidos Procedimentales:

- Que el alumno pueda calcular fuerzas desconocidas en un sistema en equilibrio.
- Que el alumno elabore hipótesis fundamentadas.
- Que el alumno diseñe experiencias para contrastar las hipótesis.
- Que el alumno participe del proceso de construcción de conocimiento científico.

### Contenidos Actitudinales:

- Que logren participar activamente en las discusiones.
- Que el alumno sepa argumentar en favor de sus ideas y respetar las ajenas.
- Que el alumno trabaje en equipo en pos de una meta en común.

## Análisis de la Unidad desde la perspectiva de la V de Gowin:

La V de Gowin fue ideada por este autor como *instrumento* para analizar cómo se construye el conocimiento. Su estructura se ordena en torno a una pregunta central cuya respuesta es el conocimiento que se pretende construir. En el proceso de construcción del conocimiento se produce la interacción de dos dominios, el de las ideas y el de los hechos. Todo evento-objeto de conocimiento es interpretado desde los conceptos previos de los sujetos y reinterpretado mediante el uso de las herramientas que permiten procesar las impresiones que éste produce. En el diagrama V queda reflejada esta dicotomía al ubicar estos dominios a ambos lados de la V. La pregunta-foco es el centro alrededor de cual se estructura el proceso de construcción. La V tiene la utilidad de explicitar los dominios conceptual y metodológico de una pregunta o problema y sus interacciones (Moreira, 1990).

Usaremos esta herramienta como representación del proceso de construcción que se pretende desarrollar en los alumnos y como guía de las actividades desarrolladas.

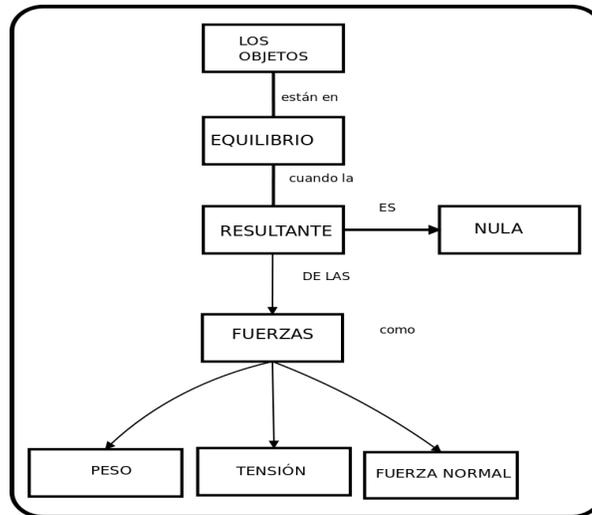
La forma de realizar la V consistió en responder a la pregunta central seleccionada tal y como hubiera hecho un alumno basándose en sus conocimientos, usamos para esto como referencia las investigaciones didácticas sobre los preconceptos acerca del reposo y el conocimiento científico en general.

En la parte más general del dominio conceptual presentamos los preconceptos sobre el trabajo y el conocimiento científico. Debajo detallamos los preconceptos relevantes al reposo que se detectaron en las investigaciones didácticas. Entre estos dos, están presentes las teorías implícitas que pueden justificar esos preconceptos.

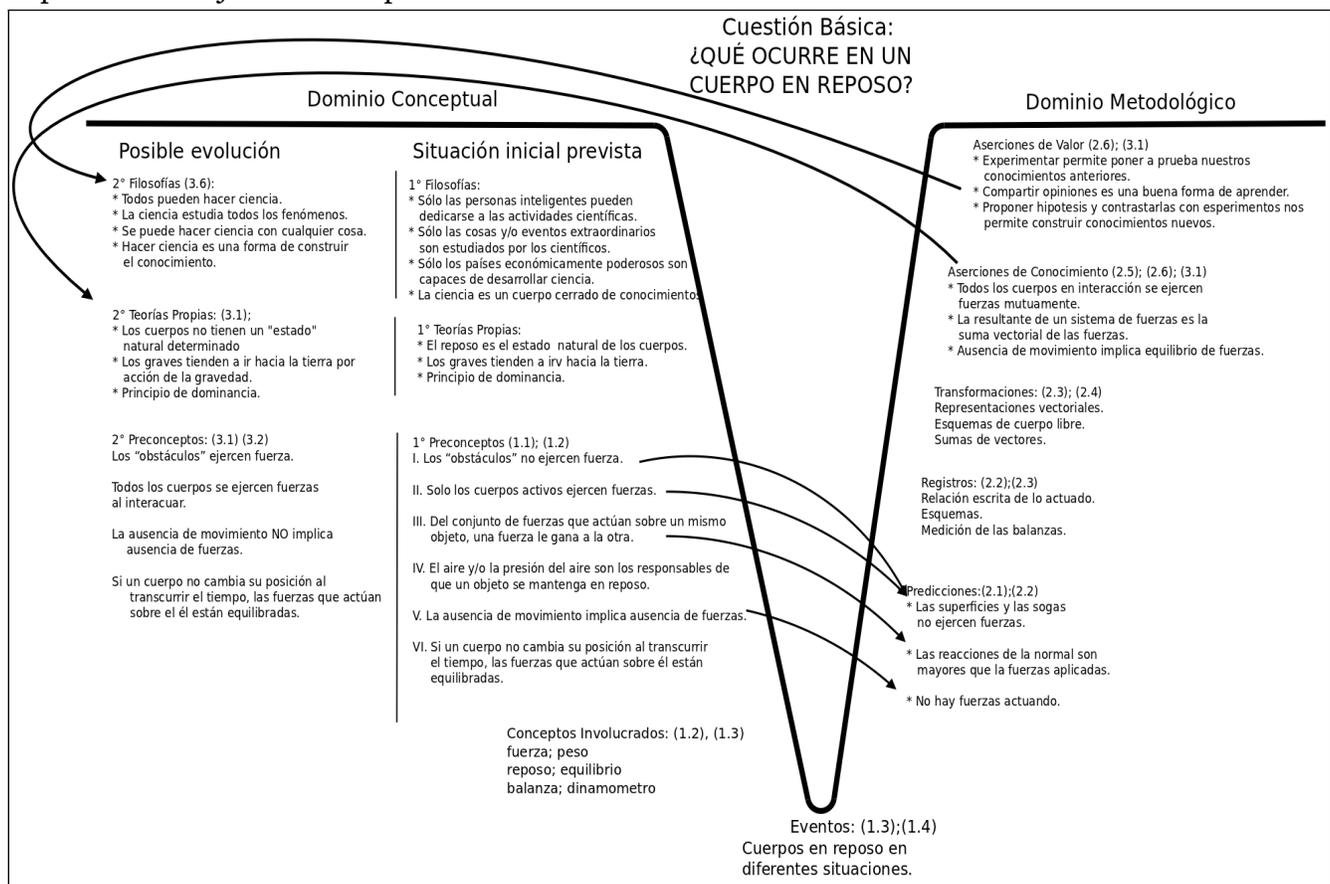
Esta investigación inicial nos mostró la necesidad de trabajar desde los esquemas conceptuales de los alumnos usando su poder predictivo para extraer conclusiones, acerca de hechos y eventos cotidianos, que sean contrastadas mediante su propia actividad empírica. La información obtenida registrada y transformada con las herramientas metodológicas del científico (mediciones, representaciones, diagramas) será la base para generalizar los conceptos construidos. El nuevo conocimiento y el proceso de construcción planificado es la base para declarar las afirmaciones de valor que esperamos obtener.

Desde luego el proceso no es tan lineal como se describe, sino que muchas veces al desarrollar el proceso las diversas interacciones entre los diferentes niveles y ambos dominios producen cambios y reajustes en toda la estructura. Buscamos que el ajuste se produzca en dirección al conocimiento establecido científicamente, en este caso la teoría de la mecánica clásica newtoniana.

Esquema conceptual del conocimiento que pretendemos construyan nuestros alumnos:  
Campanario (2001):



A continuación se presenta el Diagrama V de Gowin para guiar el desarrollo de nuestra unidad didáctica, enfocado principalmente en el proceso de construcción de conocimiento de los alumnos en esta unidad. Los números entre paréntesis indican en qué actividad de la unidad se explora o trabaja cada componente de la “V”.



## Desarrollo de las actividades de la unidad didáctica

### Clase 1:

#### Actividad 1.1

Objetivo: Diagnosticar los preconceptos presentes entre los alumnos.

*Comentario para el Docente:*

*El docente plantea el tema al llevar la conversación hacia las definiciones de la palabra “reposo” que puedan sugerir los alumnos. Nuestro objetivo aquí es comenzar a negociar los significados de “reposo”, “equilibrio”, etc. Comienzan entonces a aparecer los preconceptos de los alumnos, además trasladar el protagonismo al alumno, pidiéndole su opinión.*

D- Me gustaría que piensen ejemplos de cuerpos en reposo, para que podamos ver entre todos de que estamos hablando.

A- Yo sé uno, una persona acostada está con el cuerpo en reposo.

A- Ah, sí, a mi abuela el médico le indicó reposo.

A- Una caja que está quieta.

A- Mi mochila apoyada en el piso.

A- Una piñata colgando del techo y no se mueve.

D- ¡Muy buenos todos! Por favor los demás ayuden con alguna idea.

A- Yo.

D- Sí, ¿Cuál es tu ejemplo?

A- Yo, sentado en mi silla.

D- Excelente ejemplo.

D- Ahora les voy a pedir, mejor dicho exigir, que piensen en...

....

D- Les pido que elijan un ejemplo de estos que dieron, la piñata, la mochila, la caja o cualquier otro que quieran aportar.

D- Piensen por qué está en reposo ese cuerpo, qué tiene que pasar para que esté quieto y lo tratan de explicar por escrito, si quieren ayudarse usando dibujos, esquemas, ejemplos, o lo que se les ocurra haganlo. De manera individual, por favor.

As- nooo!

A- No, escrito no, yo no sé nada.

A- No puede, no avisó que tomaba evaluación.

D- Bien, no les voy a mentir, sí es una evaluación. Pero solo para tener una referencia de lo que ustedes saben y pueden decirme ahora mismo.

A- No ponga nota entonces.

D- mmm, habrá una nota, pero será en función a las ganas y esfuerzo que le pongan a su explicación, no evaluaré si es o no correcta esa explicación. También tengo en cuenta si participan, o no, de las discusiones.

Algunas respuestas posibles de los alumnos, agrupadas de acuerdo al preconcepto presente:

#### Preconcepto P1:

- “Yo sentado en mi silla soy un cuerpo en reposo porque aunque la silla no me deja ir hacia el piso, yo estoy quieto sobre ella por mi peso. Entonces un cuerpo está en reposo porque quiere ir hacia abajo y los objetos lo frenan”
- “La piñata quiere bajar pero el hilo no la deja”
- “Si tenemos una caja en una mesa, esta no deja que actúe la gravedad”

#### Preconcepto P2:

- “Una piñata colgando del techo, que no se mueve, está en reposo porque la soga la sostiene y hace más fuerza que la piñata que se quiere caer. Por eso para que un cuerpo esté en reposo tiene que haber algo que lo tire o lo empuje mas fuerte que su peso”
- “La silla me hace cierta fuerza que es más grande que mi peso, si yo fuera más pesado que la fuerza que hace la silla, esta se rompe y no estaría más en reposo.

#### Preconcepto P3:

- “Mi mochila apoyada en el piso está en reposo porque ya está en el piso y nada la molesta, nada la empuja para que se mueva. Esto quiere decir que los cuerpos van a estar en reposo cuando nada lo empuje o lo tire”
- “Si me quedo quieto, nadie me hace fuerza ni le hago fuerza a nada, entonces estoy en reposo porque no hay fuerzas.”
- “los cuerpos sólidos tienen peso que los hace bajar cuando están en el aire, pero al llegar al suelo se frenan y ya no hay más fuerzas”

#### Preconcepto P2, luego P1 y P3 combinados:

- “mientras lo tenés en la mano a un cuerpo hay una fuerza que hace la mano y esta es mayor que el peso, cuando lo ponés en la mesa ya no hay fuerzas porque la mesa le impide actuar al peso”

#### Comentario para el Docente:

*Tener la producción escrita del alumno servirá para diagnosticar los preconceptos presentes, aparte de lo que se haya logrado observar en las intervenciones orales. También mediante esta evaluación inicial tendremos una idea de las capacidades para elaborar argumentos y redactar textos de cada alumno.*

*Poner en claro al alumno el objetivo de la evaluación inicial y que se evaluará continuamente su actitud con respecto a lo aportado en clase lo hará esforzarse en participar aunque no tenga seguridad en su opinión u otra motivación para hacerlo.*

*Exigir una explicación propia le mostrará que él “tiene una idea” de lo que observa. Al escribirla quedará como registro para que luego sea revisada retrospectivamente.*

*Gracias a esta evaluación inicial podemos conocer la situación de partida de nuestros alumnos en función de los objetivos generales ya definidos, esto es: lo que saben en relación al tema que*

queremos enseñar, qué experiencias tuvieron, qué saben hacer, cuáles son sus intereses y cómo se comportan en grupo.

Siendo más específicos, los contenidos evaluados en los alumnos, en esta **evaluación inicial** son:  
Conceptuales:

- Qué concepto poseen de lo que se denomina “reposo”
- Si recurren a conceptos científicos como masa, fuerza, energía en sus explicaciones.

Procedimentales:

- La capacidad de los alumnos de argumentar y la manera en que lo hacen.
- La capacidad de organizar sus explicaciones y argumentaciones.
- La utilización de recursos para explicar lo que saben: diagramas; esquemas, gráficos, etc.

Actitudinales:

- La participación en clase
- El respeto hacia las opiniones de los pares.
- Valoración de las argumentaciones como tarea cognitiva para construir el conocimiento.
- Su actitud inicial hacia la forma en que se construye el conocimiento científico.

Por eso, esta información es nuestro punto de partida para establecer el tipo de actividades y tareas futuras en la Unidad, que facilitarán el aprendizaje de cada alumno en relación a los objetivos y contenidos de aprendizaje previstos (Evaluación inicial) (Zabala, 1995).

## Actividad 1.2

Objetivo: Que los alumnos vean expuesta su opinión y que coincidan con algunos de sus compañeros, por más que sea una idea propia. Obtener una aclaración de aquellos que no hayan podido expresar por escrito sus ideas.

Comentario para el Docente:

Luego de que el docente revise los trabajos escritos entregados por los chicos, en el siguiente módulo se procede a catalogar las diferentes explicaciones en función a los argumentos y conceptos utilizados, trabajando todo el curso como un gran grupo y llevando un conteo en el pizarrón de las explicaciones y quienes adhieren.

Si algún trabajo no fuera lo suficientemente claro, el docente le pedirá al alumno algún nuevo desarrollo o en su defecto que adhiera a alguna de las explicaciones presentadas.

D- Vemos que han surgido 3 explicaciones distintas para los objetos que están en reposo. ¿Alguno de ustedes cree que alguna explicación de estas es mejor que la que utilizó en su trabajo?

Si alguno decide cambiar de explicación se le dejará elegir su nueva posición modificando en el pizarrón su posición.

D (dirigiéndose a todo el curso): Vamos a intentar ponernos de acuerdo con lo que ocurre con un cuerpo en reposo. Me parece que será útil que se acerquen entre sí quienes tienen las mismas ideas.

Comentario para el Docente:

Se forman grupos con los alumnos que presentaron los mismos preconceptos (grupos G1, G2 y G3), para que cada uno de estos grupos “defienda” su explicación de las situaciones de reposo. Si alguna teoría tiene demasiados adherentes como para poder trabajar en un equipo se los dividirá en grupos más pequeños.

Al agrupar según los preconceptos presentes habrá en un mismo grupo alumnos que usaron la misma explicación para los distintos ejemplos seleccionados.

D: Tomen unos minutos para ponerse de acuerdo en cada grupo. Tratarán de defender sus ideas y hacerles ver a los otros grupos por qué son mejores que las de ellos.

Comentario para el Docente:

Durante esta actividad el docente recorrerá los grupos para encaminar las discusiones y motivar a que se elaboren argumentaciones, ejemplos, analogías útiles. Cuando todos tengan algo elaborado, cada uno de los grupos expondrán sus argumentos e ideas.

El docente deberá estar atento para ver si los preconceptos iniciales, que motivaron el agrupamiento, siguen presentes o evolucionaron en algún aspecto, a la vez que deberá ser capaz de detectar las contradicciones entre las teorías de cada grupo, para orientarse y encontrar ejemplos y situaciones donde se manifieste el límite predictivo de estas explicaciones.

Una vez que concluyan las exposiciones el docente deberá explicitar las contradicciones entre ellas para motivar el debate entre los grupos, si este no hubiera surgido durante las exposiciones. Si las contradicciones no fueran motivo de conflicto (ya sea porque los alumnos no sean capaces de percíbilas o que no las consideren como conflicto porque sean coherentes en su esquema) el docente propondrá a cada grupo ejemplos que hagan evidenciar la falla de las teorías y motivará a que los grupos expliquen estos nuevos ejemplos.

D- Chicos, ¿Qué pueden decir de las diferencias en las explicaciones?

G3- Que nosotros decimos que las cosas se quedan en reposo porque nada las molesta, porque no hay fuerzas, y los otros grupos dicen que sí hay fuerzas hechas en los objetos.

G1- Claro, pero aquél grupo dice que hay cosas que hacen más fuerza que el objeto y por eso se queda en reposo, porque una le gana a la otra.

G2- Si, lo que ustedes dice es raro, porque dicen que las cosas frenan a los objetos para que estén en reposo, pero nunca dijeron que es porque sí le hace fuerza y es más grande.

*Para desafiar las ideas al grupo que presentó el P3 el docente recurre a recordarles el concepto de peso.*

D->G3- A ver, ¿qué creen ustedes que es el peso de un cuerpo?  
G3- Es una fuerza siempre hacia abajo, que es grande si la masa es grande.  
D->A3- Alumno, ¿usted cuánto pesa?  
A3- Más o menos 80kg.  
D->A3- ¿Ahora usted está en reposo?  
A3- Si, bastante.  
D->A3- Entonces, ¿usted tiene peso en este momento? ¿Piense qué pasaría si se sienta en una balanza?

*Para desafiar las ideas al grupo que presentó el P1 el docente recurre a ejemplos.*

D->G1- Imaginen que toman una caja con ambos brazos  
D->G1- ¿Qué pasa con las fuerzas en esa situación?  
G1- Está el peso solamente.  
D->G1- ¿y si ahora a la caja le agrego cosas como para que esté muy pesada?  
G1- Tiene que hacer más fuerza para mantenerla  
D->G1- ¿Quién tiene que hacer?  
A1- el que la sostiene.  
D->g1- Entonces, ¿hay fuerzas además del peso? Que opinan?

*Para desafiar las ideas al grupo que presentó el P2 el docente recurre a cuestiones.*

D->G2- Imaginen que toman una caja con ambos brazos  
D->G2- ¿Qué pasa con las fuerzas en esa situación?  
G2- Está el peso solamente y la fuerza que hacemos nosotros.  
A3- Si, bastante.  
D->G2- ¿y cómo son sus magnitudes?, ¿son iguales, o alguna es mayor?  
G2- Tiene que hacer más fuerza para mantenerla  
D->G2- ¿Quién tiene que hacer?  
A2- El que la sostiene.  
D->G2- Entonces, ¿cuánta más fuerza debe hacer?  
D->G2- Quiero que lo piensen, además, si la caja pesa 2kg y yo le hago 3kg, está en reposo, porque le gano, ¿y qué pasa si le aplico 10kg?

### Actividad 1.3

Objetivo: Trabajar prioritariamente con G1, resaltando la necesidad de pensar en interacciones. Trabajar con el G2, remarcando que una ley del orden “ser más grande” requiere una cuantificación “cuanto más grande”. Que el G3 vea que atribuir fuerzas al estado de reposo es más productivo que negarlas.

#### Comentario para el Docente:

*Es aquí donde los mismos alumnos proponen las contradicciones a las explicaciones de los demás, a la vez que aceptan las críticas a su explicación.*

*Después de la discusión dentro de cada grupo se ofrecerá a los alumnos la oportunidad de reposicionarse en un nuevo grupo en caso de haber cambiado de opinión, siempre y cuando el alumno explique el por qué de su elección.*

*En este momento si no surgió de los propios alumnos, el docente puede hacer ver la necesidad de mejorar nuestro conocimiento de los eventos discutidos interactuando con los objetos.*

*A continuación se propone una charla en la que se desarrollan los conflictos aparecidos y se orienta hacia la cuestión de “medir” algo. También en esta charla se intentará promover la evolución del modelo inicial de los alumnos, en pos de trabajar sobre sus preconceptos.*

El docente pone un libro sobre el escritorio, a la vista del curso.

D- ¿Cómo explican que el libro quede en reposo?

G1- y... El libro quiere ir a la tierra, pero la mesa no lo deja.

G2- No, el libro no “quiere” nada, la fuerza de gravedad chupa hacia abajo, pero la mesa le gana

El docente le pide a un alumno que sostenga el libro en su palma abierta hacia arriba, a la vista de todo el curso.

D-¿y ahora qué pasa?

G1- Es lo mismo, el libro tiende a ir hacia abajo, pero él no lo deja.

G1- Tiene que aguantar al libro.

El docente agrega un libro u otro objeto pesado sobre el que ya sostiene el alumno.

D- ¿Qué les parece ahora?

G1- Ahora tiene que aguantar a los dos libros.

G2- Tiene que hacer más fuerza.

D- ¿Cómo es eso?

A2- Por que hay más libros hay que hacer más fuerza.

A3- Si, es más pesado ahora, aumentó la fuerza de gravedad.

D- Si él tiene que hacer más fuerza ¿Cuánto más?

A2- No se, mas o menos como para ganarle a los libros.

El docente hace sentar al alumno que lo ha ayudado, agradeciendo su buena voluntad. Toma el primer libro y lo ata con un hilo que ha traído dejando un tramo largo para poder levantar el libro tirando del hilo.

D- Ahora necesito otro ayudante.

D-Muy bien, ahora levánta el libro tirando del hilo ¿podés?

D-¿Qué pasa ahora en este caso?  
A-Tiene que hacer la misma fuerza que antes.  
D- A ver, vení a ayudarnos.  
El docente llama a otro alumno.  
D- Sostené el libro desde abajo.  
D- ¿Estás haciendo fuerza?  
A2- Claro que si.  
D- Ahora vos volvé a tirar del hilo, pero no tan fuerte como antes.  
D (se dirige al que sostiene el libro)- ¿Qué pasa ahora?  
A2- Está menos pesado que antes.  
D- ¿Habrá disminuido el peso?...

*A esta altura ya surgen las palabras peso o gravedad en las explicaciones de los grupos y este es un buen concepto para deslizar la necesidad de un instrumento de medición para mejorar nuestra percepción de los fenómenos, como la balanza, que es familiar para todos.*

*Por otro lado, las propuestas del docente (arriba escritas) logran sorprender y poner en conflicto a los alumnos pues pone de manifiesto la debilidad de sus explicaciones ante pequeños experimentos sencillos.*

#### Actividad 1.4

Objetivo: Cierre de las actividades, puesta en común de los grupos, revisión de la evolución preconceptos en el transcurso de la clase. Evaluar la dinámica de trabajo de cada grupo y como se dirimen los conflictos.

*El docente realiza un repaso de las situaciones analizadas y una revisión de las posiciones de cada grupo con respecto a ellas. Luego propone la siguiente actividad*

D: Para la próxima clase vamos a tener que ponernos de acuerdo acerca de cómo podemos interpretar estas situaciones. Ahora antes de terminar elijan una situación de los ejemplos y elaboren una explicación como grupo de la situación de reposo, indiquen además de qué manera podemos “armar” situaciones que pongan a la vista lo que ocurre ahí.

### ***Finaliza Clase 1***

## Clase 2:

### Actividad 2.1

Objetivo: Repaso de las actividades realizadas. Desarrollar la capacidad de idear experimentos. *El docente les entrega los trabajos grupales de la actividad 1.4 de la clase anterior. Luego propone la siguiente actividad*

D- En la clase anterior vimos la necesidad de lograr un consenso entre nuestras explicaciones, hicimos los grupos de acuerdo a las tres explicaciones que surgieron.  
D- Trabajando en los mismos grupos, quisiera que revisen sus explicaciones brevemente y vean si quieren modificarlas.

*Aquí estamos pidiendo que expliciten sus hipótesis por escrito, para luego poder contrastarlas con algún trabajo de laboratorio o experimento sencillo.*

*El docente recorre los grupos para orientar en la redacción de hipótesis contrastables.*

D: Ahora para verificar sus explicaciones y si son correctas o no ¿qué les parece que podemos hacer? ¿Idear más situaciones, pensar en ellas, realizarlas y ver qué pasa?

*El docente deberá hacer surgir en los grupos la necesidad de incorporar algo medible (si es que no ha surgido en los mismos grupos), recordando la relación del peso con la balanza introducido en la Actividad 1.3.*

D- En el recreo vamos a conseguir una balanza, veremos qué nos puede facilitar el laboratorio.  
D- entonces, ¿qué medirá la balanza que traigamos?  
A- obvio profe, el peso.  
D- ¿Qué medirá si la pongo contra la pared y la empujo?  
A- ¿el peso que le hace usted con la mano?  
D- ¿es un peso lo que hago al empujar o tirar algo?  
A- hace fuerza.  
D- me parece mejor decirlo así.  
D- La balanza mide la fuerza que le hace uno ¿lo pueden ver así?  
A- No entiendo...  
D- Por eso mismo ya buscamos una balanza para poder ver que pasa con ella, a veces nuestra imaginación no es suficiente para entender.  
D- Por ahora piensen (proyecten, diseñen) qué deberíamos hacer con la balanza para entender mejor lo que pasa, y qué esperan ver en la balanza.

*Esto fomenta las predicciones por parte de los alumnos a partir de sus preconceptos.*

*El docente ayuda a los grupos a diseñar experiencias que contrasten sus hipótesis y les pide predicciones concretas.*

## Actividad 2.2

### Comentario para el Docente:

*En el laboratorio (o llevando las balanzas al aula) los alumnos implementarán lo que hayan diseñado en la etapa anterior.*

*Como actividad introductoria pueden interactuar con los instrumentos un tiempo para ver cómo reacciona la balanza a las diferentes situaciones. Será conveniente introducir un dinamómetro (graduado en kilogramos fuerza) como un caso de balanza que pesa “desde arriba” para lograr medir reacciones normales y tensión a la vez. Puede ser que la aprieten con la mano, pongan diferentes objetos encima, anclar un dinamómetro en la pared y tirar desde diferentes direcciones con distintas fuerzas, etc.*

*En una balanza para pesar humanos, se pueden pesar ellos y probar de agarrarse de algo y tirar hacia abajo o hacia arriba para ver cómo se comporta la balanza. Poner los libros sobre la balanza atados con un hilo y tirar hacia arriba.*

*El docente ayudará proponiendo distintas situaciones y fomentando la toma de notas y exigiendo la recolección de datos escritos.*

*Con esta actividad se busca poner de manifiesto la existencia de otras fuerzas además del peso. (Preconcepto P1)*

El G1 elige trabajar con una balanza de mesa y un dinamómetro.

D->G1- ¿Hace fuerza la balanza mientras ponemos el libro sobre ella?

G1- No, sólo lo sostiene.

D->G1- ¿Qué es lo que indica la balanza?

G1- El peso del libro.

D->G1- ¿Qué pasará si apoyo la mano sobre libro?

G1- La balanza va a marcar más.

El docente presiona el libro desde arriba.

D->G1- Efectivamente. ¿Por qué pasa eso?

G1- Ahora sostiene el peso del libro y de la mano.

Atan el libro hilo y lo ponen sobre la balanza, luego de ver que indica lo mismo que antes.

D->G1- ¿Qué piensan que pasará si tiro del hilo hacia arriba?

G1- La balanza va a marcar igual.

G1- La balanza va a marcar menos, porque usted le ayuda.

El docente tira del hilo hasta que la disminución de la indicación de la balanza sea apreciable.

G1- Como usted le ayuda ya no dice el peso verdadero.

D->G1- ¿Qué indica entonces?

D->G1- Les dejo la pregunta y me cuentan en un rato que les parece. Siguen experimentando y anotan todo lo que hacen ustedes y que indica la balanza en cada caso.

*Luego se puede repetir la experiencia usando un dinamómetro como balanza. En este caso la mano empuja hacia arriba y el hilo tira para abajo.*

*Con esta actividad se busca poner de manifiesto que las otras fuerzas, además del peso, lo igualan para lograr el equilibrio. (Preconcepto P2)*

El G2 elige trabajar con una balanza de mesa y un dinamómetro.

D->G2- ¿Hace fuerza la mesa mientras ponemos el libro sobre ella?

G2- Si, una fuerza que evita que se caiga el libro.

D->G2- ¿Han pesado el libro?

G1- Si, el peso del libro es 1,5kg.

D->G2- ¿Qué pasará si pongo el libro en la balanza y apoyo la mano sobre libro?

G2- La balanza marcará más que el peso.

El docente presiona el libro desde arriba, hasta que la balanza indica 2,5kg.

D->G2- Aha, muy bien, ¿Por qué pasa eso?

G2- Ahora la balanza sostiene el peso del libro y de la mano.

D->G2- ¿me pueden decir en esta situación qué fuerza hago yo?

G2- El peso de más que indica la balanza, 1kg.

D->G2- Entonces, ¿el valor que hay de más ahora es igual a la fuerza que yo hago?

G2- Claro.

D->G2- Muy bien. ¿por qué pasa esto?

G2- Porque la balanza mide todos los pesos que hay sobre ella.

D->G2- Aha, ¿y hace fuerza la balanza cuando el libro está sobre ella?

G2- Si, por supuesto.

D->G2- ¿Cuánta fuerza?

G2- No sé.

D->G2- ¿Como podríamos saberlo?

Atan el libro hilo y lo ponen sobre la balanza, luego de ver que indica lo mismo que antes (antes asegurarse de que existan los hilos de masa despreciable).

D->G2- ¿Qué piensan que pasará si tiro del hilo hacia arriba?

G2- Indicará menos porque faltará la que haga usted.

El docente tira del hilo hasta que la disminución de la indicación de la balanza sea apreciable.

D->G2- ¿Qué piensan de esta situación?

G2- Usted tira para arriba y la balanza mide menos.

El docente tira del hilo hasta que la indicación de la balanza sea nula.

D->G2- ¿Y ahora que pasó con el peso?

G2- Usted sostiene el peso.

G2- Usa su fuerza para sostener el peso.

D->G2- ¿Entonces el peso está o disminuyó?

Se les sugiere repetir la secuencia ellos mismo pero usando un dinamómetro para tirar para arriba. Colgar el cuerpo del dinamómetro y empujarlo hacia arriba o abajo.

Si hay posibilidad de tener una soga que soporte a una persona, se puede repetir la experiencia usando a un alumno como cuerpo en una balanza para personas, que se vaya sosteniendo de la cuerda o a lo sumo que se agarre de una superficie y tire hacia arriba.

*Si a esta altura no hay evolución en los conceptos hacia la condición de equilibrio debería ser posible hacer surgir la necesidad de igualar fuerzas como principio de economía*

*Con esta actividad se busca poner de manifiesto la existencia de fuerzas en sistemas en reposo. (Preconcepto P3)*

D->G3- ¿Hace fuerza la balanza mientras nos paramos sobre ella?  
G3- Si está quieto, no.  
D->G3- ¿Qué es lo que indica la balanza?  
G3- El peso de la persona.  
D->G3- Parate sobre la balanza por favor.  
D->G3- ¿Qué pasa con tu peso? ¿Está presente?  
G3- Si, la balanza me dice que es 82kg.  
D->G3-¿Recuerdan que el peso es una fuerza? Y ahora está actuando en vos...  
G3- Entonces hay una fuerza actuando....  
D->G3 Aha, ¿habrá más?  
....

*Probablemente este grupo evolucione sus preconcepto hacia el P1 o P2, se puede dividir el grupo para repetir las experiencias de G1 y G2, o incorporar algunos alumnos a los otros grupos para que estos les expliquen sus resultados.*

### Actividad 2.3

Objetivo: Que el alumno determine correctamente la dirección y sentido de las fuerzas que actúan en un cuerpo.

El docente trabajando con todo el curso presenta diferentes situaciones estáticas y dinámicas con el dinamómetro y le pide a los alumnos que indiquen la dirección de la fuerza éste hace.  
Empieza tirando horizontalmente de un cuerpo apoyado sin moverlo.  
Se espera que haya dos posibles respuestas:

- Que el dinamómetro aplica una fuerza opuesta a la que hacemos nosotros con él.
- La que buscamos construir: el dinamómetro aplica una fuerza en el sentido en que tiramos de él.

Se aumenta ahora la fuerza hasta mover el cuerpo con objeto de que el preconcepto de que la velocidad lleva la dirección de la fuerza los haga decidir por la opción correcta (Hestenes, 1992)  
Se pueden hacer analogías empujando el objeto para moverlo y luego hacerlo con el dinamómetro, sosteniendo el peso con la mano, luego con el dinamómetro y por último con la balanza de mesa.

#### Comentario para el Docente:

*Es fundamental lograr consensuar la dirección de las fuerzas aplicadas para todo el desarrollo posterior de las actividades.*

## Actividad 2.4

Objetivo: Que el alumno participe de un debate como aproximación al concepto de consenso científico (Wikipedia, 2011). Lograr un consenso acerca del evento.

El docente explicará el concepto de debate.  
Reunidos en grupos revisen las anotaciones de las experiencias realizadas y traten de ponerse de acuerdo para explicarlas.  
Cada grupo expone sus ideas y explica sus experimentos.  
Luego se realiza un debate moderado por el docente donde cada grupo hablara a través de un vocero luego de consensuar una respuesta. Si es necesario el docente presenta situaciones que conflictuen las explicaciones o resalta las contradicciones a fin de incentivar la discusión.  
Al finalizar cada ronda se pregunta si hay alumnos que cambiaron de idea con el debate y se los invita a reubicarse en el grupo correspondiente.

*Probablemente algún grupo no defienda en este momento la idea original que motivo su formación.*

*El debate entre grupos a través de representantes busca plantear la necesidad de mantener una posición coherente y seleccionar las mejores argumentaciones. A la vez evitar desbordes, enfrentamientos o respuestas de motivación emocional.*

*El reposicionamiento es un indicador de la fuerza de cada idea, visible para todos los actores. Se espera que haya un flujo neto de alumnos hacia el grupo que presente una posición acorde al concepto newtoniano de equilibrio que pretendemos construir. Si no es así habrá que rehacer o revisar las actividades anteriores.*

## Actividad 2.5

Objetivo: Poner en común los resultados de los alumnos, para llegar a un concepto formal de equilibrio. Explicitar las conclusiones a las que llegaron.

D- ¿Qué podemos decir de lo que acaban de hacer?  
A- La balanza mide fuerzas y hace más fuerza si más peso le ponemos.  
D- ¡Muy bien! ¿Qué más?  
A- Si le ayudamos, tirando para arriba de los pesos, mide menos.  
D- Excelente.  
A- Si, eso, lo que nos dieron las dos balanzas juntas, la común y el dinamómetro, suman el peso.  
D- Eso es muy interesante, ¿lo podemos poner en mejores palabras?  
A- Sí yo, las fuerzas para arriba deben sumar igual que el peso, para abajo.  
D- ¿qué opinan los demás de esto?  
A- no, el peso no, yo me apoyé en libro y acá anoté que dio más que el peso.  
A- Si, y cuando yo empuje para arriba dio menos.  
D- ¿entonces?  
**A- Las fuerzas que van hacia abajo deberán sumar igual que las que van para arriba.**

D- ¿Qué opina el resto de esta afirmación?  
 A- creo que debe ser así.  
 D- No nos creas, fijate en las notas. Todos fíjense en sus notas y miren si suman igual las fuerzas “para arriba” y las “para abajo”.  
 A- ¿Cuáles suben y cuales bajan?  
 A- el peso baja, hace caer los cuerpos.  
 A- La que hace la balanza sube<sup>1</sup>. La de la mano depende si haces fuerza para arriba o para abajo.  
 D- Me parece excelente lo que dicen.  
 A- Profe, yo acá no sé que fuerza hice al apoyarme en la mesa, mientras me pesaba.  
 D- Entonces, ese caso dejalo de lado y ya vemos que podemos hacer.  
 A- ¡Profe, en todos dá igual sumando lo que sube y lo que baja!  
 D- ¿Podemos poner eso en palabras?  
 A- Las fuerzas que suben, sumadas, igualan a las que bajan.  
 D- Excelente chicos. ¿Puedo sugerir algo?  
 D- Igualan se puede poner como equilibran, ¿les suena bien?  
 A- Si, o balancean, es mas o menos lo mismo.  
 D- Bien es su idea, elijan.  
**A- Las fuerzas hacia arriba, sumadas, balancean a las fuerzas hacia abajo.**  
**A- Las fuerzas hacia arriba equilibran a las fuerzas hacia abajo.**

*Aunque no es lo buscado o lo que se esperaba deducir (sumatoria de fuerzas=0) se llegó la conclusión de que la “suma de fuerzas en un sentido = suma fuerzas en otro sentido”. Notamos aquí un importante avance hacia el concepto científico de Equilibrio.*

*Por otra parte, constantemente se evalúa la participación de los alumnos en las discusiones, haciendo notar lo fructífero de la discusión grupal.*

## Actividad 2.6

Objetivo: El objetivo de esta instancia es realizar una evaluación reguladora, de modo que podamos apreciar cómo se va desarrollando el plan previsto y cómo responden los alumnos al mismo, para poder introducir actividades nuevas que resulten más adecuadas y ayudas más específicas.

D: Ahora para finalizar quiero que por grupo escriban un pequeño informe contando lo que hicieron y esta conclusión que acabamos de sacar. Tienen hasta el final de la clase de hoy. Trabajen en orden y a bajo volumen, así pueden escucharse y pensar mejor.

*Entre los contenidos desarrollados aquí, tenemos:*

*Conceptuales: Construcción del concepto de equilibrio estático; reconocimiento de peso y reacciones normales como fuerzas.*

<sup>1</sup> Ver actividad 2.3 en donde se construye esta idea.

*Procedimentales: Desarrollo de explicaciones a fenómenos cotidianos; diseño de experiencias argumentativas<sup>2</sup>.*

*Actitudinales: Participación en clase, respeto al orden general y a las opiniones y explicaciones de los pares. Evolución de su actitud hacia el conocimiento: se genera una actitud científica hacia el mismo.*

## **Finaliza Clase 2**

### Clase 3

#### Actividad 3.1

##### Comentario para el docente:

*En este momento el docente hace una revisión grupal de los resultados de la clase pasada. El objetivo de esta puesta en común es formalizar el concepto de Equilibrio y lograr introducir el lenguaje matemático necesario para hallar fuerzas desconocidas a partir de la condición de equilibrio.*

*En este momento se desea trabajar los contenidos siguientes:*

*Conceptuales: Formalización matemática del concepto de equilibrio estático; remanencia de preconceptos.*

*Procedimentales: Resolución de problemas cualitativos sobre equilibrio (ver Actividades 3.4 y 3.5), Actitudinales: Nivel de participación, Aplicación en los problemas cualitativos de los conocimientos científicos construidos.*

D- Bueno, ¿en qué quedamos la clase anterior?

A- Le dimos el informe de lo que hicimos con las balanzas.

D- Por supuesto y aquí están, muy buenos todos. Pero quiero que me digan qué recuerdan al respecto.

A- Que las fuerzas que suben son iguales a las que bajan.

A- ¡No!, que la suma de las que bajan balancean a la suma de las que suben.

D- Excelente. ¿Había algún problema pendiente?

A- A mi me faltó poner que pasa cuando me apoyaba y eso, porque no sabía qué fuerza hacía.

D- Ahh, cierto. ¿Qué hacemos con esos casos?

A- Nada, están incompletos.

A- Yo sé, buscamos cuanto debe ponerle a esa fuerza para que se igualen.

D- ¿Cómo es eso? Explicá mejor por favor.

---

2 Experiencia en las que intentan demostrar sus preconceptos.

A- Así, si el peso de él es 90kg y la balanza hace 80kg, debería haber una fuerza hacia arriba de 10kg que ayuda a la balanza, o sea para arriba eso es lo que hace de fuerza al apoyarse.

D- Que buena idea. ¿lo entienden?

A- Más o menos.

A- No.

D- Si no sabemos el valor de alguna fuerza, buscamos cuánto debe valer para que sigan equilibradas.

D- Por ejemplo, si apoyamos un libro sobre la balanza y esta indica 2kg. Luego empujamos el libro y la balanza mide 5kg. ¿Cuánta fuerza le estamos aplicando?

A- Obvio 3kg.

A- Ya sé, lo hacemos como que siguen sumando igual.

D- Claro, suponemos que pasa lo mismo que en los otros casos, y usamos eso para averiguar lo que no sabemos.

A- No me complique.

D- Para eso estamos. ¿hay alguno que desconozca algún dato de sus anotaciones?

A- Ya hay uno que no sumé, habíamos puesto el libro sobre la balanza apoyado y lo colgamos con la otra balanza de arriba, luego lo empujé con el dedo para arriba y no daban las dos balanzas el peso del libro.

D- ¿Qué pasaba ahí?

A- Y mi dedo hacía ¿fuerza? hacia arriba, pero no se cuánto.

D- Exacto muy buena deducción. ¿tenés anotado los datos?.

A- No, los borré porque estaban mal.

D- No, no estaban mal, solo que te faltaba entender un poco más que ocurría en esa situación.

D- Por favor, ¿quierés pasar al pizarrón y dibujarnos lo que habían armado?.

El alumno dibuja la balanza, el libro, el dinamómetro y su mano.

A- No se entiende, está feo eso que hizo.

D- No está feo, pero se entiende poco. ¿Recordás que el año pasado en física aprendiste a representar vectores?

A- No profe, el año pasado estaba en cuarto también.

D- Bueno, el año anterior a ese habrá sido.

A- Me llevé física de tercero.

D- ¿Alguno que nos ayude con vectores?

A2- Son las flechitas, con longitud.

A- Cierto, las flechas que no son como las de los indios.

D- Sirven, entre otras cosas, para representar fuerzas. Si tenemos una fuerza hacia arriba, la representamos como un vector hacia arriba, cuanto más grande sea la fuerza más grande el vector.

D- Dibujá solo el libro ahí al lado, y poné los vectores en lugar de las balanzas y la mano.

El alumno, con ayuda del docente, dibuja tres vectores para arriba.

D- ¿qué representa cada uno?

A- Las fuerzas de las balanzas y la mano.

A2- profe, si todos van para arriba, ninguno los balancea para abajo.

A- No, me equivoqué, le falta el peso.

D- Ahora, ponele algún nombre a los vectores.

A- Le pone, B, b, d y P a los vectores, para las dos balanzas, el dedo y el peso respectivamente.

D-Muy bien, no sabes que valía cada una, pero inventá algunos valores para el peso y las balanzas.

Le pone a  $B=6\text{kg}$ , a  $b=3\text{kg}$  y a  $P=10\text{kg}$ .

D- Gracias, podés sentarte.

A- Yo sé profe, el dedo vale  $1\text{kg}$ .

D- Digamos la fuerza que hace el dedo mejor.

D- ¿Cómo sabés eso?

A- Fácil, seis mas tres es nueve, y al diez uno.

A3- ¿de que hablan?

A2- No entiendo.

D- Estaría bueno que bajemos la situación a una ecuación.

A- ¡No! Eso es matemática.

D- Exactamente, una representación matemática.

A- Yo no entiendo matemática.

D- Veamos que pasa acá, y luego me decís.

D- Dijimos que la suma de las que suben debe igualar a las que bajan. ¿Quienes suben acá?

A- Profe, las que apuntan para arriba, la B, la b y la d.

A- La P es la única que baja.

D- Muy bien.

Escribe en el pizarrón:  $B + b + d = P$

D- ¿Me siguen?

A- Aha, creo que si.

D- Como sabemos B, b y P, las reemplazamos.

Escribe en el pizarrón:  $6\text{kg} + 3\text{kg} + d = 10\text{kg}$

D- Ahora esto es una ecuación, con d como incógnita. Despejamos d. Paso el  $6\text{kg}$  y el  $3\text{kg}$  restando.

Escribe en el pizarrón:  $d = 10\text{kg} - 6\text{kg} - 3\text{kg}$   
 $d = 1\text{kg}$

A- si, eso dije yo que daba.

D- Exacto, ¿Quieren que repitamos los pasos que nos llevaron hasta acá?...

## Actividad 3.2

Objetivo: Formalización matemática del concepto de equilibrio

D- En física también vieron que la letra griega Sigma mayúscula es el símbolo usado para la sumatoria.

Escribe en el pizarrón:  $\Sigma$

D- esto quiere decir que sumamos lo que le pongamos al lado.

Escribe en el pizarrón:  $\Sigma F_{arriba} = \Sigma F_{abajo}$

A- Huy, ya estoy frito.

D- ¿Por qué?

A- Porque no entiendo nada las ecuaciones.

D- Entiendo, cuando mezclamos la física con la matemática nos asustamos un poco, pero intentemos expresarlos con palabras, quiere decir, la suma de todas las fuerzas hacia arriba iguala a la suma de todas las fuerzas hacia abajo.

A- Es lo que dijo antes.

D- Si, pero sin palabras, es otra forma de decir lo mismo, más concisa, en otro lenguaje. El lenguaje matemático.

D- **Esto es lo que se tiene que cumplir, es decir, una condición para que el cuerpo esté equilibrado. Le llamamos condición de equilibrio:**  $\Sigma F_{arriba} = \Sigma F_{abajo}$

### Actividad 3.3

Objetivo: Aquí la idea es estudiar la aplicación cuantitativa de lo aprendido a las actividades que a realizaron de manera cualitativa en 2.3.

Buscar en las situaciones experimentales que realizaron, aquellas que tengan fuerzas desconocidas y calcularlas despejando de la ecuación de equilibrio.

### Actividad 3.4

Objetivo: Detectar cuáles preconceptos siguen activos. Revisar si los alumnos identifican las fuerzas y sus direcciones.

Se les entrega a cada alumno una noticia y la siguiente actividad:

De manera escrita, indique qué fuerzas actúan en cada situación y quién la ejerce. Intente usar vectores para ayudarse.  
Explique por qué el sistema está, o no, equilibrado. Si responde que no, busque identificar la posición de alguna fuerza para lograrlo.

## Espectacular accidente con auto colgado

El accidente se produjo ayer a la madrugada en uno de los accesos este de la capital cordobesa.

A la altura del kilómetro 6 de la avenida Las Malvinas, en barrio Arenales, alrededor de las 5.30 de la mañana, un automóvil que se desplazaba a gran velocidad terminó sorpresivamente colgado de los cables eléctricos.

No se aportaron datos respecto de la mecánica del accidente, aunque se presume que el auto mordió el cordón de la calle y salió despedido por el aire. Esta avenida es en realidad angosta y los vehículos suelen circular a altas velocidades. A pesar de la forma peculiar en que quedó el vehículo, según la Policía de la Provincia no hubo heridos. El conductor del automóvil logró escapar por sus propios medios, casi sin sufrir daño alguno, saltando desde una altura de dos metros.



## SUCESO EN BILBAO

# «La tomé del brazo y quedó colgando del puente»

Un taxista de Bilbao salva la vida a una mujer que intentó suicidarse saltando por un puente

---

Esteban de 25 años, lleva sólo un año y medio ejerciendo como taxista y ya le ha tocado perseguir a un ladrón y salvar la vida a una clienta que iba a suicidarse. El joven, que prefiere mantenerse en el anonimato porque no quiere «protagonismos», estaba transitando en su taxi por el puente de Bilbao cuando observó a una mujer en la baranda del puente con actitud sospechosa.

El taxista sintió un «pálpito». «*Me temía que hiciera lo que luego intentó*». Estacionó el vehículo con las luces de emergencia encendidas en el arcén y esperó a ver lo que hacía. La mujer se fue andando y saltó la valla hacia la zona peatonal. «Cuando se encontraba en mitad del puente, la vi agarrada a la barandilla, pero situada ya de espaldas, por fuera de la protección». El joven aceleró el coche, paró y corrió hacia ella. Saltó la valla y «le chisté». «Al oírme, se giró y se dio la vuelta otra vez».

Esteban «*ya estaba encima de ella cuando se soltó. Me dio tiempo a agarrarla del brazo y quedó colgando, se zarandeaba y gritaba que se quería morir*». El taxista pesa sólo unos 64 kilos y sujetaba a la mujer a pulso.

Angustiado, el joven pidió auxilio. Un chico con una moto y el conductor de una furgoneta se bajaron. «*Entre los tres pudimos subirla, la sentamos en un muro y la agarramos para que no se volviera a lanzar*».

Un patrullero que circulaba avisó a una ambulancia. «Una vez que la subimos, me desentendí, tenía un disgusto que no quería volver a verla, me hizo pasar un trago...». El joven cree que «cualquier persona con un poco de ética hubiera hecho lo mismo que yo».

### Comentario para el Docente:

*En atención a la diversidad se le entrega a los alumnos más avanzados la noticia de la suicida, que carece de fotografías y posee algún concepto dudoso (el peso del taxista como relevante para la fuerza que puede ejercer)*

*Esto es para evaluar si se aplica el concepto de equilibrio correctamente y qué preconceptos siguen actuando en sus esquemas.*

### Actividad 3.5

Objetivos: Realizar la *evaluación final e integradora*. Generalizar los conceptos desarrollados. Que el alumno sea consciente de que ha habido una evolución en su esquema conceptual. Que el alumno sea consciente que fue protagonista del proceso de construcción de su conocimiento. Hacer explícito que se valora su opinión respecto a la intervención didáctica. Detectar qué preconceptos siguen activos en los alumnos

1. Recordando el ejemplo que usaron en la Actividad 1.1, elabore una explicación de por qué el cuerpo está en reposo. Trate de identificar todas las fuerzas que actúan y quién la realiza, acompañe con un diagrama si le parece necesario.

*El docente entrega a cada alumno su Evaluación Inicial 1.1.*

1. De manera escrita, en otra hoja, compare e indique si hay diferencias entre las explicaciones que expuso recién y la que expresó hace dos clases.
2. Trate de explicar qué es lo que entendía hasta ese momento y qué es lo que entiende ahora. Trate también de explicarlo en general no sólo sobre el ejemplo.
3. ¿Cuáles fueron los eventos o hechos que lo llevaron a esta nueva opinión?
4. Si su explicación anterior no cambió, por favor, explique por qué.
5. Hasta ahora, entre todos, hemos construido las explicaciones nuevas proponiendo nuestras ideas acerca de lo que estudiamos e intentando verificarlas con ejemplos o experimentos: ¿Se podrá aplicar este método en otras situaciones de Física? ¿en otras asignaturas? ¿y fuera de la Escuela?
6. Con respecto al trabajo grupal y la forma de ponernos de acuerdo ¿Cómo se sintió durante el proceso? ¿Qué actitud se debe tener para poder participar en este tipo de actividades?
7. ¿Qué materiales su utilizaron en las actividades?, ¿Le parece que hubiéramos necesitado equipos más sofisticados para mejorar nuestras actividades? ¿Cuáles?
8. Acerca de la manera de proponer la clase por parte del docente ¿Qué le pareció? ¿Preferiría trabajar de otra manera para desarrollar la clase?

Comentario para el Docente:

*Con estas actividades se busca revisar el camino recorrido y la metodología de trabajo, para que sea evidente para el alumno que el conocimiento actual de la misma situación supera al original en cuanto a poder explicativo, predictivo y coherencia.*

*También es necesario poner en evidencia que la construcción ha sido lograda por la actividad de la clase como una gran comunidad, moderada por la intervención del docente, pero no prescripta por éste.*

*Se busca también tener opiniones subjetivas y sugerencias que nos permitan hacer evolucionar esta primera planificación implementando los cambios sugeridos que sean constructivos.*

**Finaliza Clase 3**

## **Bibliografía:**

### Fundamentos:

- DUSCHL, R. (1997). *Renovar la enseñanza de las ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo*. Ed. Narcea.
- GIL PÉREZ D., (2005). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica?*, OREALC/UNESCO.
- HOLTON, G. (1989). *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*, Ed. Reverté.
- MORTIMER, E. (2000). *Lenguaje y formación de conceptos en la enseñanza de las ciencias*. Ed. Visor.
- PERALES PALACIOS, J. (2000). *Didáctica de las Ciencias Experimentales: Teoría y Práctica de la Enseñanza de las Ciencias*. Ed. Marfil.
- POZO, J. I. (1994). *La solución de problemas*. Editorial Santillana.
- ZABALA, V. (1995). *La práctica educativa. Cómo enseñar*. Ed. Graó.

### Herramientas:

- CAMPANARIO, J. M. (2001). *Algunas propuestas para el uso alternativo de los mapas conceptuales y los esquemas como instrumentos metacognitivos*. Didáctica de las Ciencias Experimentales. (28) pp. 31-38
- GARCÍA SALCEDO, R.; SÁNCHEZ D. (2009) *La enseñanza de conceptos físicos en secundaria: diseño de secuencias didácticas que incorporan diversos tipos de actividades*. Latin-American Journal of Physics Education. 3(1), enero, pp. 62-67.
- MOREIRA, M. A. (1993). *La V Epistemológica de Gowin como recurso instruccional y curricular en Ciencias*, Fascículos CIEF, Serie Enseñanza-Aprendizaje, No. 3, 1993.
- WIKIPEDIA (2011). Definición de Debate y Consenso Científico  
<http://es.wikipedia.org/wiki/Debate>  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Consenso\\_cientifico](http://es.wikipedia.org/wiki/Consenso_cientifico)

### Preconceptos de mecánica:

- CASADELLÀ REIG, J.; SANMARTÍ N. (1987). *Semejanzas y diferencias entre las concepciones infantiles y la evolución histórica de las ciencias: el ejemplo del concepto de fuerza y especialmente*

*del de fuerza de gravedad*. Enseñanza de las Ciencias, 5 (1), pp. 53-58.

COVIÁN REGALES, E.; CELEMÍN MATACHANA, M. (2008). *Diez años de evaluación de la enseñanza-aprendizaje de la mecánica de Newton en escuelas de ingeniería españolas. Rendimiento académico y presencia de preconceptos*. Enseñanza de las Ciencias, 26 (1), pp. 23-42.

HESTENES, D., WELLS, M.; SWACKHAMER, G. (1992). *Force concept inventory*. The Physics Teacher, 30(3), pp. 159-166.

JIMÉNEZ GÓMEZ, E.; SOLANO, L.; MARÍN, N. (1997). *Estudio de la progresión en la delimitación de las "ideas" del alumno sobre fuerza*. Enseñanza de las Ciencias, 15 (3), pp. 309-328.

MCDERMONT, L. (1998). *Concepciones de los alumnos y resolución de problemas en mecánica*, Resultados de Investigaciones en Didáctica de la Física en la Formación de Docentes.

MINSTREL, J. (1982). *Explaining the "at rest" condition of an object*. The Physics Teacher, enero, pp. 10-14.

MORA, C., HERRERA D. (2009). *Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza*. Latin-American Journal of Physics Education. 3(1), enero, pp. 72-86.

PEDUZZI, L.O.Q., ZYLBERSZTAJN A. (1997). *La física de la fuerza impresa y sus implicaciones para la enseñanza de la mecánica*". Enseñanza de las Ciencias, 15(3), pp. 351-359.

SEBASTIÀ, J.M. (1984). *Fuerza y movimiento: la interpretación de los estudiantes*. Enseñanza de las Ciencias, 2 (3), pp. 161-169.

### Preconceptos de ciencia:

FERNÁNDEZ, I.; GIL PEREZ, D.; VILCHES, A.; VALDÉS, A.C.; PRAIA, J.; SALINAS, J. (2003). *El olvido de la tecnología como refuerzo de las visiones deformadas de la ciencia*. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias 2(Nº Especial).

RUIZ ORTEGA, F.R. (2006). *ideas de ciencia y su incidencia en el proceso de enseñanza - aprendizaje*. Revista Latinoamericana de Estudios Educativos. 2(1), enero, pp. 119 – 130.