



***ESTUDIO EXPERIMENTAL***

***CON TOBOGANES***

***Realizado por: Tobo - ganas***

SARA CARAZO LORENZO, LAURA MARTÍN GARCÍA, ANA RODRIGO BARRIUSO y  
CRISTINA SANZ SERRANO.

# Índice

1- Presentación del grupo .....	3
2- Introducción .....	4
3- Objetivo .....	5
4- Metodología .....	5
5- Consideraciones previas:	
- Rozamiento sobre los deslizamientos .....	6
- Cálculo de la fuerza de rozamiento .....	6
- Ángulo de rozamiento .....	6
- Leyes del rozamiento con respecto al deslizamiento .....	7
- Planos inclinados .....	7
- Descenso de objetos por un plano inclinado	
▪ Aplicación de las leyes de la Dinámica .....	8
▪ Aplicación de la Cinemática .....	9
▪ Cálculo de la Energía .....	9
6- Nuestro experimento:	
• Tobogán número 1 .....	10
• Tobogán número 2 .....	12
• Tobogán número 3 .....	14
7- Conclusiones .....	17
8- Seguridad en los toboganes .....	18
9 – Bibliografía y webgrafía .....	20
ANEXO.....	21



## 1- Presentación del grupo:

El grupo que hemos realizado este trabajo hemos tomado el nombre de "Tobo-ganas" en honor al estudio sobre los toboganes que hemos realizado y a las ganas e ímpetu que hemos puesto en este trabajo.

El grupo "Tobo-ganas" está compuesto por cuatro chicas: Laura Martín García, Cristina Sanz Serrano, Ana Rodrigo Barriuso y Sara Carazo Lorenzo. Todas somos alumnas de 4º curso de ESO del Colegio Claret de Aranda de Duero.

Este trabajo está coordinado por nuestra profesora de Física y Química; Susana Miranda Herrero, que se ha encargado de supervisar la validez de la metodología empleada y los resultados obtenidos, a la vez que nos ha aconsejado en diversos aspectos técnicos y de desarrollo de experimentos y, una vez finalizado el trabajo, ha realizado la revisión y corrección final del mismo.



*Fotografía realizada en la guardería del Colegio*

El trabajo de los toboganes se nos ha ocurrido tras el estudio del plano inclinado en la asignatura de Física y tras tratar el tema de trigonometría en Matemáticas. Nos propusimos aunar ambos conocimientos aplicándolos a un objeto que veíamos diariamente en el patio de nuestro colegio: el tobogán, en el que tanto disfrutaban los más pequeños de nuestros compañeros.

Con esta idea del tobogán como plano inclinado, hicimos un estudio con diferentes toboganes de nuestra localidad, distintos en altura y materiales, a los que hemos ido observando, fotografiando, tomando medidas, y experimentando con caídas de pesos y tiempos.



## 2- Introducción:

Un tobogán es un aparato en forma de rampa inclinada, por la que se desciende deslizándose.

Se le considera como una construcción de carácter recreativo formada por un deslizadero, comúnmente hecho de aluminio u otro tipo de metal liso e incluso plástico, que facilita el descenso del cuerpo de la persona hacia un estrato más bajo. En él podemos distinguir las siguientes partes<sup>1</sup>:

- Deslizadero o Canaleta: Que puede ser en línea recta o curva.
- Escalera de acceso: Situada en la parte posterior y por la que se llega a la parte superior desde la que se inicia la caída. Puede ser metálica, de hormigón, de madera o usando alturas geográficas del terreno. En lugar de escaleras puede accederse a la parte superior de la canaleta a través de cuerdas, espalderas, etc que es más atractivo para los niños.
- Torre de Soporte: Donde se asienta la canaleta.

Los lugares comunes donde se pueden encontrar los toboganes son parques de atracciones, en parques de recreo infantiles y en los parques acuáticos, donde adoptan muchas formas y estilos. También se usan toboganes en los procedimientos de evacuación de lugares situados a cierta altura, como los aviones, donde, en caso de emergencia, se pueden hinchar estos deslizaderos en pocos segundos para que los pasajeros puedan “tirarse” a través de ellos y bajar rápidamente a tierra.

Los toboganes de recreo son tradicionalmente metálicos, abiertos y con una superficie recta. Sin embargo, existen otros tipos de toboganes como el tobogán tubo, en el que la canaleta es una estructura circular de plástico; el tobogán en espiral, en el que la canaleta describe una curva que puede ser más o menos cerrada; el tobogán de varias pendientes, en el que la superficie presenta dos o más pendientes de deslizamiento, y el tobogán acuático, en él, corre una película de agua sobre su superficie favoreciendo el deslizamiento.

En el caso de un tobogán recto, que es el que vamos a estudiar en este trabajo, la velocidad que el cuerpo adquiere depende de varios factores:

- Del material del que esté hecho el deslizadero, que ofrezca más o menos rozamiento.
- La pendiente (la  $\cotg$  de  $\alpha$ ), que está en relación de altura máxima y la longitud del deslizadero.

La pendiente mínima de los toboganes puede ser del 10% para toboganes para niños muy pequeños, pero la pendiente ideal es del 16-23%, para usuarios mayores de 3 años. En pendientes mayores del 30% es preciso realizar alguna limitación de la velocidad. Para ello se hace continuar la rampa con un breve tramo de menor pendiente, que frena la caída.

<sup>1</sup> Extracto de [www.es.wikipedia.org/wiki/Tobog%](http://www.es.wikipedia.org/wiki/Tobog%25)



### 3- Objetivo:

En este trabajo vamos a realizar un estudio del plano inclinado centrándonos en las fuerzas que actúan sobre un cuerpo que se desliza sobre su superficie, la velocidad que el cuerpo adquiere y la energía que posee dicho cuerpo.

El cuerpo en cuestión lo colocaremos sobre el punto más alto del plano inclinado, y lo dejaremos deslizarse él solo, sin que le apliquemos ninguna fuerza exterior; luego mediremos las fuerzas que actúan sobre el cuerpo, la aceleración, la energía y la velocidad con la que el objeto llega al final del plano.

Hay que hacer constar que los toboganes modernos, por razones de seguridad, presentan un tramo final de menor pendiente (en algunos toboganes, casi horizontal). En nuestro trabajo sólo tendremos en cuenta el plano inclinado real del tobogán, obviando este tramo final, para no complicar demasiado los cálculos.

### 4- Metodología:

Hemos hecho mediciones en unos 10 toboganes de nuestra localidad pero en el trabajo solo hemos puesto tres de ellos, que son los más representativos: uno de canaleta de aluminio, otro de canaleta de plástico y mayor altura, y otro de canaleta de plástico y escasa altura, para niños muy pequeños. La pendiente de cada uno de ellos también es distinta.

De todos los toboganes hemos tomado fotografías y estas medidas:

- Longitud de la canaleta
- Altura máxima del tobogán

Hemos utilizado un peso conocido, de 13 kg. Este peso lo hemos obtenido con dos garrafas de agua de 6,5 l cada una, envueltas en una camiseta para formar un único "bulto". Deseábamos que se asemejara al peso de un niño, al fin y al cabo, son ellos los que utilizan los toboganes, en concreto, el hermano menor de una de nosotras, colaboró encantado en el proyecto.

Disponemos de un cronómetro para medir el tiempo que tarda el cuerpo en llegar al final de la rampa, dejándolo caer libremente desde el punto más alto del tobogán sin aplicarle ninguna fuerza.

En nuestro experimento hemos aplicado las leyes de la Dinámica para estudiar las fuerzas que actúan sobre el cuerpo y





de esta forma calcular la aceleración con la que se deslizará el cuerpo.

Aplicaremos también la Cinemática para estudiar el movimiento del cuerpo y así calcular la velocidad con la que el cuerpo llega al final de la rampa.

Por último haremos un cálculo de la Energía Mecánica con que cae el cuerpo; suma de las energías cinética y potencial: la energía que posee un cuerpo debido a su velocidad y/o a la posición que ocupa en el espacio.

## 5- Consideraciones previas:

### Rozamiento sobre los deslizamientos<sup>2</sup>:

El rozamiento abarca toda resistencia que se opone a que un cuerpo resbale o ruede sobre otro.

El rozamiento por deslizamiento es el que se produce cuando se desplaza una superficie en contacto con otra; es originado por las rugosidades de las dos superficies y depende de la naturaleza de éstas y de la fuerza que ejerce una superficie contra la otra, pero es independiente del área de las superficies en contacto.

La fuerza de rozamiento está siempre dirigida en sentido contrario al movimiento.

El coeficiente de rozamiento o coeficiente de fricción<sup>3</sup> es un número adimensional, característico de las superficies en contacto, que se define como la fracción de fuerza normal que es necesario aplicar tangencialmente para vencer el rozamiento; su valor estático es mayor que el valor dinámico que alcanza cuando ya se ha iniciado el movimiento. Usualmente se representa con la letra griega  $\mu$  (*mu*) y depende de varios factores (no sólo del acabado de las superficies): como la temperatura, la velocidad relativa entre las superficies, etc.

### Cálculo de la fuerza del rozamiento

Conocido el valor del coeficiente de rozamiento aplicable (cada material tiene uno determinado), la fuerza de rozamiento máxima que puede ejercer una superficie sobre la otra se expresa como el producto del coeficiente de rozamiento por la fuerza normal (perpendicular) a ambas superficies.

$$F_R = \mu N$$

<sup>2</sup> Extracto de "es.wikibooks.org/wiki/Física/Estática/Rozamiento"

<sup>3</sup> Véase anexo, figura 1.



## Angulo de rozamiento

Sabemos que si cambiamos la inclinación de un plano (sobre la que se desliza un cuerpo) hasta un punto determinado, dicho cuerpo se moverá. Esto se debe a que al aumentar la inclinación, se reduce continuamente la componente perpendicular del peso, la fuerza N, que es proporcional al coseno del ángulo de inclinación. Todo ello es independiente del peso del cuerpo deslizante, pues el rozamiento y la fuerza (E. cinética y potencial) con la que éste cae hacia abajo son proporcionales, y a más masa, más fuerza de caída pero más rozamiento. Así determinamos que un coeficiente de rozamiento dado entre dos cuerpos equivale a un ángulo determinado, que se conoce como ángulo de rozamiento. Cada material posee un ángulo de rozamiento interno y éste se define por la siguiente fórmula:

$$\tan \alpha = \mu_e$$

## Leyes del rozamiento con respecto al deslizamiento

- La fuerza de rozamiento se opone al movimiento de un bloque que desliza sobre un plano.
- La fuerza de rozamiento es proporcional a la fuerza normal que ejerce el plano sobre el bloque.
- La fuerza de rozamiento no depende del área aparente de contacto.

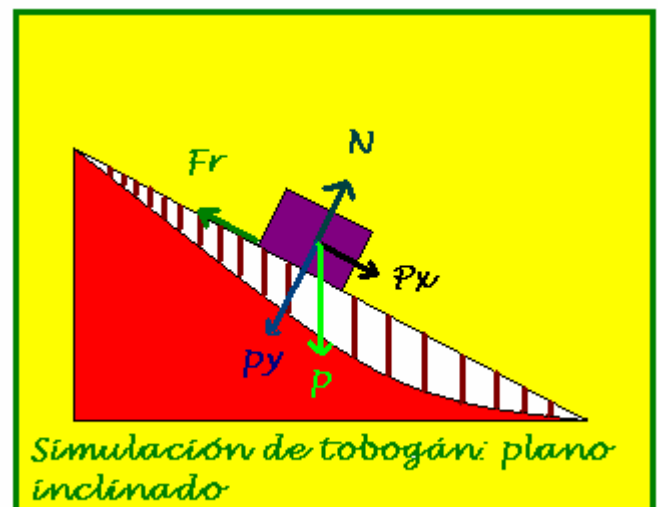
## Planos inclinados<sup>4</sup>

El **plano inclinado** es una superficie plana que forma con otra un ángulo agudo (menor de  $90^\circ$ ), es decir  $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ . El plano inclinado, una de las máquinas simples, permite reducir la fuerza que es necesario realizar para elevar o descender un peso.

En el siguiente gráfico definimos las fuerzas que actúan sobre un cuerpo situado sobre el plano inclinado.

El peso del cuerpo es una fuerza vertical y, como cualquier otra fuerza, se puede descomponer en otras dos fuerzas perpendiculares entre sí: una de ellas paralela a la superficie del plano (**Px**) y la otra perpendicular a dicha superficie (**Py**).

A las fuerzas Px y Py las llamamos componentes del peso. La componente x del peso es la responsable de que el cuerpo se deslice por el plano. El valor de las componentes del peso varía con la inclinación del plano.



*Simulación de tobogán: plano inclinado*

*Dibujo realizado por Ana Rodrigo. Programa Paint*

<sup>4</sup> Arróspide Román M. y otros. *Física y química 4º ESO. Proyecto +q1*. Edelvives, 2008.



El valor numérico de las componentes del peso se obtienen utilizando las funciones trigonométricas  $\text{sen } \alpha$  y  $\text{cos } \alpha$ .

El peso y sus componentes forman un triángulo rectángulo que se puede resolver por trigonometría.

$$P_x = P \cdot \text{sen } \alpha$$

$$P_y = P \cdot \text{cos } \alpha$$

## **Descenso de objetos por el plano inclinado**

### **1- Aplicación de las leyes de la Dinámica<sup>5</sup>**

Al deslizarse un objeto sobre un plano inclinado, no hay ninguna fuerza aplicada, simplemente actúa el propio peso del bloque y la fuerza de rozamiento, de modo que la suma de ambas, como sabemos por la 2.ª ley de Newton (el cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa y ocurre según la línea recta a lo largo de la cual aquella fuerza se imprime) será igual al producto de la masa por la aceleración.

### **2- Aplicación de la Cinemática<sup>6</sup>**

La velocidad del cuerpo al final del plano inclinado es:

$$v_f = v_o + a \cdot t$$

### **3- Cálculo de la Energía<sup>7</sup>**

La energía mecánica de un cuerpo permanece constante. Esta afirmación constituye el principio de conservación de la energía mecánica. Por lo tanto, la energía puede transformarse de potencial a cinética y viceversa pero su suma final permanece invariable.

En nuestro experimento hacemos caer una determinada masa desde cierta altura. A medida que el cuerpo desciende, su energía potencial desaparece transformándose en energía cinética que va aumentando hasta llegar al tramo final.

Existen tres tipos de energía<sup>8</sup>:

- Energía cinética: es la energía que poseen los cuerpos cuando están en movimiento. Se mide en julios.

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

- Energía potencial: es la que almacena un cuerpo debido a la posición que ocupa en el espacio. Su unidad en el Sistema Internacional es el julio. Existen dos energías potenciales:

- o Energía potencial gravitatoria: energía potencial que adquiere un cuerpo al encontrarse a una cierta altura sobre el suelo. En esta fórmula damos a "g" el valor de 9,8 m/s<sup>2</sup>.



$$W = E_p = P \cdot h = m \cdot g \cdot h$$

- Energía potencial elástica: es la energía almacenada por los cuerpos elásticos debido a la deformación que experimentan.

$$E_p = \frac{1}{2} k \cdot x^2$$

En nuestro trabajo utilizaremos la energía potencial gravitatoria ya que el cuerpo lo situaremos en la parte superior del tobogán.

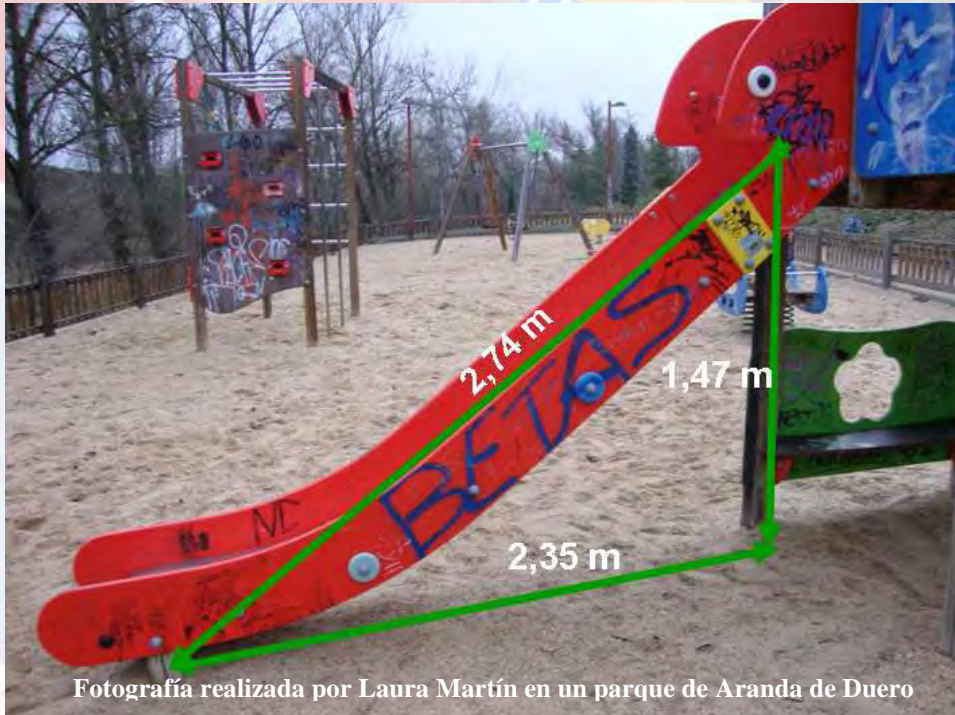
- Energía mecánica (cinética+ potencial): es la que posee un cuerpo debido a su velocidad y/o a la posición que ocupa en el espacio.

- 5 Paula A. Tipler, *Leyes de la dinámica*, Tipler, Tomo I, II Edición, Editorial Reverté. 1991. (pag. 101, 102).
- 6 Paula A. Tipler, *Cinemática*, Tipler, Tomo I, II Edición, Editorial Reverté. 1991. (pag 196, 197).
- 7 Paula A. Tipler, *Energía, capítulo VII*, Tipler, Tomo I, II Edición, Editorial Reverté. 1991. (pag 233).
- 8 Extracto sacado de *Platea. Pntic.mec.es/.../energía\_mecánica/energía\_mecánica.htm*.



## 6- Nuestro experimento:

### - TOBOGÁN NÚMERO 1:



Hemos tomado las medidas que aparecen en el dibujo y procedemos a calcular el ángulo  $\alpha$  de inclinación del plano

$$\text{tg } \alpha = 1,47/2,35 ; \text{ de donde } \alpha = 32,02^\circ$$

La canaleta del tobogán está construida en aluminio que tiene un coeficiente de rozamiento de **0,4**.

En nuestro experimento hemos lanzado un peso de 13 kg desde el punto superior del tobogán, sin aplicarle ninguna fuerza inicial. En este descenso ha tardado **0,93 segundos**.

### Aplicación del concepto de la dinámica a nuestro experimento:

**1-** Calculamos el peso de nuestra masa de 13 kg:

$$P = m \cdot g = 13 \cdot 9,8 = 127,4 \text{ N}$$

**2-** Calculamos  $P_x$  y  $P_y$ :



$$\text{sen } \alpha = P_x / P \quad \rightarrow \quad P_x = P \cdot \text{sen } \alpha$$

$$P_x = 127,4 \cdot \text{sen } 32,02^\circ = \mathbf{67,55 \text{ N}}$$

$$\text{cos } \alpha = P_y / P \quad \rightarrow \quad P_y = P \cdot \text{cos } \alpha$$

$$P_y = 127,4 \cdot \text{cos } 32,02 = \mathbf{108,02 \text{ N}}$$

3- Calcular el coeficiente teniendo en cuenta la normal ( $P_y = N$ )

$$F_{\text{roz}} = 0,4 \cdot N = 0,4 \cdot 108,02 = \mathbf{43,208 \text{ N}}$$

4- Habiendo calculado  $P_x$ ,  $P_y$ ,  $F_{\text{roz}}$  y  $N$  establecemos un equilibrio de fuerzas con el que podremos obtener la aceleración del sistema:

$$P_x - F_{\text{roz}} + P_y - N = m \cdot a$$

$P_x - F_{\text{roz}} = m \cdot a \rightarrow P_y$  y  $N$  son iguales pero en sentido contrario por lo que se anulan.

$$67,55 - 43,208 = 13 \cdot a$$

$$24,342 = 13 \cdot a$$

$$\mathbf{a = 1,87 \text{ m/s}^2}$$

### Aplicación del concepto de la cinemática a nuestro experimento:

1- Hacemos el cálculo de la velocidad final que lleva el cuerpo. Al tratarse de un movimiento uniformemente acelerado pues la aceleración es constante aplicamos la siguiente ecuación de movimiento:

$$V_f = V_o + a \cdot t$$

$$V_f = 0 + 1,87 \cdot 0,93 = \mathbf{1,7391 \text{ m/s}}$$

### Aplicación del concepto de la energía a nuestro experimento:

1- Calculamos la energía potencial que se conservará y se transformará en cinética:

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 13 \cdot 9,8 \cdot 1,47 = \mathbf{187,278 \text{ J}}$$

Esta Energía potencial gravitatoria se transforma en Energía cinética. Por lo tanto sustituiremos la Energía potencial, calculada anteriormente, en la Energía cinética y calculamos la velocidad. ( $E_c = E_p$ )

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot 13 \cdot v^2$$

$$187,278 = \frac{1}{2} \cdot 13 \cdot v^2$$



$$V = 5,36 \text{ m/s}$$

2- Cálculo de la velocidad en relación espacio/ tiempo del experimento. Aquí tenemos en cuenta los datos obtenidos de la práctica.

$$S \text{ (m)} = 2,74 \text{ m} \rightarrow \text{longitud de la pendiente del tobogán}$$

$$t \text{ (s)} = 0,93 \text{ s} \rightarrow \text{tiempo que tarda en descender la masa}$$

$$V = s/t = 2,74 / 0,93 = 2,94 \text{ m/s}$$

### - TOBOGÁN NÚMERO 2:



Fotografía realizada por Cristina Sanz en la Plaza de San Esteban

Con las medidas tomadas en el tobogán vamos a calcular el ángulo  $\alpha$  de inclinación del plano

$$\text{tg } \alpha = 1,93 / 3,41 ; \text{ de donde } \alpha = 34,4^\circ$$

La canaleta del tobogán está construida en plástico que tiene un coeficiente de rozamiento de **0,6**.

El peso de 13 kg lanzado desde el punto superior del tobogán, sin aplicarle ninguna fuerza inicial, ha tardado **0,96 segundos** en llegar al final de la rampa.



### Aplicación del concepto de la dinámica a nuestro experimento:

1- Calculamos el peso de nuestra masa de 13 kg:

$$P = m \cdot g = 13 \cdot 9,81 = \mathbf{127,53 \text{ N}}$$

2- Calculamos  $P_x$  y  $P_y$ :

$$\text{sen } \alpha = P_x / P \quad \rightarrow \quad P_x = P \cdot \text{sen } \alpha$$

$$P_x = 127,53 \cdot \text{sen } 34,4^\circ = \mathbf{71,41 \text{ N}}$$

$$\text{cos } \alpha = P_y / P \quad \rightarrow \quad P_y = P \cdot \text{cos } \alpha$$

$$P_y = 127,53 \cdot \text{cos } 34,4^\circ = \mathbf{105,22 \text{ N}}$$

3- Calcular el coeficiente teniendo en cuenta la normal ( $P_y = N$ )

$$F_{\text{roz}} = 0,6 \cdot N = 0,6 \cdot 105,22 = \mathbf{63,13 \text{ N}}$$

4- Habiendo calculado  $P_x$ ,  $P_y$ ,  $F_{\text{roz}}$  y  $N$  establecemos un equilibrio de fuerzas con el que podremos obtener la aceleración del sistema:

$$P_x - F_{\text{roz}} + P_y - N = m \cdot a$$

$$P_x - F_{\text{roz}} = m \cdot a \quad \rightarrow \quad P_y \text{ y } N \text{ son iguales pero en sentido contrario por lo que se anulan.}$$

$$71,41 - 63,13 = 13 \cdot a$$

$$8,28 = 13 \cdot a$$

$$\mathbf{a = 0,64 \text{ m/s}^2}$$

### Aplicación del concepto de la cinemática a nuestro experimento:

1- Hacemos el cálculo de la velocidad final que lleva el cuerpo. Al tratarse de un movimiento uniformemente acelerado pues la aceleración es constante aplicamos la siguiente ecuación de movimiento:

$$V_f = V_o + a \cdot t \quad \rightarrow \quad V_o = 0, \text{ pues el cuerpo al principio permanece parado.}$$

$$V_f = 0,64 \cdot 0,96 = \mathbf{0,61 \text{ m/s}}$$

### Aplicación del concepto de la energía a nuestro experimento:

1- Calculamos la energía potencial que se conservará y se transformará en cinética:

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 13 \cdot 9,81 \cdot 1,93 = \mathbf{246,13 \text{ J}}$$



Esta energía gravitatoria se transforma en energía cinética. Por lo tanto sustituiremos la energía potencial, calculada anteriormente, en la energía cinética y calculamos la velocidad.

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot 13 \cdot v^2$$

$$246,13 = \frac{1}{2} \cdot 13 \cdot v^2$$

$$V = 6,15 \text{ m/s}$$

**2-** Cálculo de la velocidad en relación espacio/ tiempo del experimento. Aquí tenemos en cuenta los datos obtenidos de la práctica.

**S (m)= 3,10 m** → longitud de la pendiente del tobogán

**t (s)= 0,96 s** → tiempo que tarda en descender la masa

$$V = s/t = 3,10 / 0,96 = 3,22 \text{ m/s}$$

### - TOBOGÁN NÚMERO 3:



El ángulo  $\alpha$  de inclinación del plano es:

$$\text{tg } \alpha = 0,8 / 1,10; \text{ de donde } \alpha = 36,03^\circ$$

La canaleta del tobogán está construida en plástico que tiene un coeficiente de rozamiento de **0,6**.



En nuestro experimento hemos lanzado un peso de 13 kg desde el punto superior del tobogán, sin aplicarle ninguna fuerza inicial. En este descenso ha tardado **0,33 segundos**.

**Aplicación del concepto de la dinámica a nuestro experimento:**

**1-** Calculamos el peso de nuestra masa de 13 kg:

$$P = m \cdot g = 13 \cdot 9,81 = \mathbf{127,53 \text{ N}}$$

**2-** Calculamos  $P_x$  y  $P_y$ :

$$\text{sen } \alpha = P_x / P \quad \rightarrow \quad P_x = P \cdot \text{sen } \alpha$$

$$\mathbf{P_x = 127,4 \cdot \text{sen } 36,03^\circ = 75,01 \text{ N}}$$

$$\text{cos } \alpha = P_y / P \quad \rightarrow \quad P_y = P \cdot \text{cos } \alpha$$

$$\mathbf{P_y = 127,4 \cdot \text{cos } 36,03^\circ = 103,13 \text{ N}}$$

**3-** Calcular el coeficiente teniendo en cuenta la normal ( $P_y = N$ )

$$\mathbf{F_{roz} = 0,6 \cdot N = 0,6 \cdot 103,13 = 61,88 \text{ N}}$$

**4-** Habiendo calculado  $P_x$ ,  $P_y$ ,  $F_{roz}$  y  $N$  establecemos un equilibrio de fuerzas con el que podremos obtener la aceleración del sistema:

$$P_x - F_{roz} + P_y - N = m \cdot a$$

$P_x - F_{roz} = m \cdot a \rightarrow P_y$  y  $N$  son iguales pero en sentido contrario por lo que se anulan.

$$75,01 - 61,88 = 13 \cdot a$$

$$13,17 = 13 \cdot a$$

$$\mathbf{a = 1,01 \text{ m/s}^2}$$



### Aplicación del concepto de la cinemática a nuestro experimento:

1- Hacemos el cálculo de la velocidad final que lleva el cuerpo. Al tratarse de un movimiento uniformemente acelerado pues la aceleración es constante aplicamos la siguiente ecuación de movimiento:

$$V_f = V_o + a \cdot t$$

$$V_f = 0 + 1,01 \cdot 0,33 = \mathbf{0,333 \text{ m/s}}$$

### Aplicación del concepto de la energía a nuestro experimento:

1- Calculamos la energía potencial que se conservará y se transformará en cinética:

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 13 \cdot 9,81 \cdot 0,8 = \mathbf{102,024 \text{ J}}$$

Esta energía gravitatoria se transforma en energía cinética. Por lo tanto sustituiremos la energía potencial, calculada anteriormente, en la energía cinética y calculamos la velocidad.

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot 13 \cdot v^2$$

$$102,024 = \frac{1}{2} \cdot 13 \cdot v^2$$

$$\mathbf{V = 12,5 \text{ m/s}}$$

2- Cálculo de la velocidad en relación espacio/ tiempo del experimento. Aquí tenemos en cuenta los datos obtenidos de la práctica.

$$\mathbf{S (m) = 1,36 \text{ m} \rightarrow \text{longitud de la pendiente del tobogán}}$$

$$\mathbf{t (s) = 0,33 \text{ s} \rightarrow \text{tiempo que tarda en descender la masa}}$$

$$\mathbf{V = s/t = 1,36 / 0,33 = 4,12 \text{ m/s}}$$



- Recopilamos los resultados en la tabla siguiente:

P = 127,4 N	TOBOGÁN 1	TOBOGÁN 2	TOBOGÁN 3
	(Aluminio)	(Plástico)	(Plástico)
<b>DINÁMICA</b>	Px = 67,55 N Py = 108,02 N Froz = 43, 21 N a = 1,87 m/s <sup>2</sup>	Px = 71,41 N Py = 105,22 N Froz = 63,13 N a = 0,64 m/s <sup>2</sup>	Px = 75,01 N Py = 103,13 N Froz = 61,88 N a = 1,02 m/s <sup>2</sup>
<b>CINEMÁTICA</b>	v = 1,74 m/s	v = 0,61 m/s	v = 0,34 m/s
<b>ENERGÍA</b>	Ep = 187,28 J v = 5, 36 m/s	Ep = 246, 13 J v = 6,15 m/s	Ep = 102,03 J v = 12,5 m/s
<b>NUESTRO EXPERIMENTO</b>	t = 0,93 s v = 2,94 m/s	t = 0,96 s v = 3,22 m/s	t = 0,33 s v = 4,12 m/s

## 7- Conclusiones:

Si se observan los resultados de la tabla con detenimiento, no son acordes unos con otros, es cierto, pero hay muchos factores, que al nivel de estudios alcanzado no llegamos, así que nos acordaremos de este trabajo cuando lleguemos a bachillerato...

Es lógico, los errores de medida son frecuentes, sobre todo al tomar tiempos, y aunque seamos conscientes de ello, no lo hemos tenido en cuenta.

No quita, que pensemos que algunos de estos toboganes tengan una inclinación demasiado pronunciada, sobre todo en los toboganes de los mas pequeños, aunque estemos en el caso de que el tobogán es de un material cuyo coeficiente de rozamiento es mayor que en otros casos donde la inclinación es apropiada.

Observando la tabla de coeficientes de rozamiento del anexo<sup>10</sup> (figura 1), vemos que el valor de  $\mu$  poniendo en contacto tela y plástico es menor, tal vez, en parte, por eso, los toboganes 2 y 3 al ser de plástico, tienen una fuerza de rozamiento mayor.

Si hubiéramos tomado las medidas un día lluvioso, también hubieran cambiado los resultados, por ser  $\mu$  menor, pero seguro que el número de accidentes aumentaría, ¡siempre avisan los responsables de los parques de atracciones cuando vas en día lluvioso!

Hemos intentado comparar estos coeficientes con el rozamiento en articulaciones sinoviales en humanos con  $\mu_e=0,01$  y  $\mu_c=0,003$ . Este coeficiente variara dependiendo de la movilidad de la persona (o también con la edad)...



Comparando los toboganes, vemos que las velocidades son diferentes puesto que los factores que se tienen en cuenta en cada una de las pruebas son distintos ya que en la dinámica tenemos en cuenta el rozamiento. Por el contrario ni en cinemática ni en la energía tenemos en cuenta el rozamiento pero si el tiempo que hemos calculado con el cronometro al realizar la prueba.

La velocidad obtenida a partir de las energías tiene distinto resultado, ya que en el primer método no tenemos en cuenta el tiempo ni la curvatura de su superficie ya que influye en el tiempo que tarda el cuerpo en realizar el recorrido.

En el tobogán nº 3 hemos observado que la pendiente es demasiado pronunciada, por lo que en principio este tobogán resultaría peligroso para el uso de niños tan pequeños como a los que esta destinado (es un tobogán de guardería, para menores de 3 años). Así, observamos que la velocidad que alcanzarían los niños seria excesivamente elevada.

Por otro lado la energía que se adquiere en el ultimo tobogán es menor que en resto. Deducimos, pues, que el tobogán posee otras cualidades que no hemos tenido en cuenta y que frenan la caída. Lo único que no hemos considerado en el cálculo de la velocidad es el rozamiento, y precisamente este factor es el que el fabricante ha utilizado para frenar la velocidad. El plástico esta recubierto de una sustancia antideslizante que muestra bastante oposición al deslizamiento.

Como es lógico, a los niños les gusta alcanzar mayor velocidad en el descenso y por tanto prefieren superficies más deslizantes. Esta es la razón de que les guste más los toboganes de canaleta metálica que los de plástico.

## 8- La seguridad en los toboganes<sup>9</sup>

El concepto de seguridad se establece por contraposición. Así, decimos que la seguridad esta en relación opuesta al concepto de aproximación al peligro.

En los juegos, la seguridad depende, en parte, de la experiencia de la persona. Pero, aunque toda persona este en situación de protegerse, los juegos han de tener unos ciertos sistemas de seguridad. Estos sistemas evitan la aparición de accidentes peligrosos o, al menos, su disminución.

Una norma de seguridad en los toboganes infantiles es que deben tener una inclinación que no supere los 30° y los laterales del plano inclinado, deben ser de más de 10 centímetros, de manera que contengan a la persona.

Toda la parte del tobogán no debe ser inclinada. Una parte debe de tener una inclinación menor respecto al resto del tobogán, de tal forma que se pueda producir el frenado.

Esta parte en la que se produce el frenado, debe tener una cierta altura para que la persona no se golpee si por algún casual se pasa de largo y cae hacia atrás.



En la parte superior del tobogán debe haber una barra que obligue a la persona a sentarse para deslizarse por el tobogán y no se tire de otra forma y se produzca alguna lesión.

“En la actualidad, la construcción de toboganes se realiza sobre firme de caucho artificial, con el fin de evitar golpes mayores en la caída” esto nos lo comento un encargado de Obra Publica que estaba montando un parque infantil a las afueras de Aranda.

Estas normas de seguridad del tobogán están vigiladas por el Ministerio de Industria y todos los toboganes modernos las cumplen. Es raro encontrar parques infantiles antiguos con toboganes no homologados, que no cumplen las normas de seguridad, pues a los ayuntamientos se les ha obligado a sustituirlos por toboganes seguros.

Además de la seguridad en toboganes, hemos investigado en Internet acerca de las fracturas infantiles. En un artículo publicado el 20 de Octubre de 2008 relacionado con la seguridad en toboganes (en este caso acuáticos) y sus riesgos, indica que tirarse con la cabeza por delante puede llegar a provocar parálisis...

En otro artículo encontrado en una publicación digital, habían hecho un estudio Norteamericano sobre especialidades medicas, en concreto, fracturas infantiles.

Afirman los autores, que hay dos periodos con fracturas frecuentes: en la infancia y durante la adolescencia; la caída desde una altura representa el **70%** de las fracturas. Este estudio señala, que los niños Norteamericanos mayores de 4 años son victimas de caídas durante la práctica de actividades al aire libre en columpios, toboganes, etc, como causa frecuente de accidente.

También pudimos comprobar en la “Guía para la prevención de accidentes en centros escolares” publicada por la Conserjería de Sanidad y la de Educación de la Comunidad de Madrid, que no se olvidan de la seguridad en columpios de parques infantiles.

<sup>9</sup>Guía para la prevención de accidentes en centros escolares. Comunidad de Madrid / Conserjería de Sanidad / Conserjería de Educación.

*Documento electrónico: Fracturas infantiles, Conceptos y Principios.* Julio de Pablos del servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología, hospital San Juan de Dios (Pamplona) y Pedro González Herranz del servicio de Ortopédica Infantil, Hospital Teresa Herrera, Complejo Hospitalario Juan Canalejo (La Coruña).

[www.medicina21.com/doc.php?op=especialidad3&ef=Medicina%20Deportiva&id=2791](http://www.medicina21.com/doc.php?op=especialidad3&ef=Medicina%20Deportiva&id=2791)



## 9- Bibliografía

- Paul A. Tipler. *Física Tipler (Tomo I)*, Editorial Reverte S.A, 2a Edición.
- M<sup>a</sup> Carmen Arrospide y M<sup>a</sup> Mercedes Manuel. *Física y Química 4º ESO, Proyecto más que uno*, Editorial Luis Vives (2008).
- Serway R.A. *Física (Tomo I)*. Editorial Mc Graw Hill (1992). 3a Edición.
- *Guía para la prevención de accidentes en centros escolares*. Comunidad de Madrid / Conserjería de Sanidad / Conserjería de Educación.
- *Documento electrónico: Fracturas infantiles, Conceptos y Principios*. Julio de Pablos del servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología, hospital San Juan de Dios (Pamplona) y Pedro González Herranz del servicio de Ortopédica Infantil, Hospital Teresa Herrera, Complejo Hospitalario Juan Canalejo (La Coruña).
- [es.wikipedia.org/wiki/Tobog%](http://es.wikipedia.org/wiki/Tobog%)
- [es.wikipedia.org/wiki/Friccion](http://es.wikipedia.org/wiki/Friccion)
- [es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente\\_de\\_rozamiento](http://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente_de_rozamiento)
- [es.wikibooks.org/wiki/Fisica/Estatica/Rozamiento](http://es.wikibooks.org/wiki/Fisica/Estatica/Rozamiento)
- [es.wikipedia.org/wiki/Energia\\_mecanica](http://es.wikipedia.org/wiki/Energia_mecanica)
- [platea.pntic.mec.es/.../energia\\_mecanica/energia\\_mecanica.htm](http://platea.pntic.mec.es/.../energia_mecanica/energia_mecanica.htm)
- [www.es/#hl=es&source=hp&q=la+seguridad+en+los+tobogan](http://www.es/#hl=es&source=hp&q=la+seguridad+en+los+tobogan)
- [www.medicina21.com/doc.php?op=especialidad3&ef=Medicina%20Deportiva&id=2791](http://www.medicina21.com/doc.php?op=especialidad3&ef=Medicina%20Deportiva&id=2791)



ANEXOS<sup>10</sup>:

**Figura 1: Tabla de los coeficientes de rozamiento por deslizamiento para diferentes materiales:**

<b>Superficies en contacto</b>	<b>M</b>
Acero sobre acero	0.18
Acero sobre hielo (patines)	0.02-0.03
Acero sobre hierro	0.19
Hielo sobre hielo	0.028
Patines de madera sobre hielo y nieve	0.035
Tela sobre metal	<b>0.4-0.5</b>
Correa de cuero sobre metal	0.56
Bronce sobre acero	0.18
Roble sobre roble en la dirección de la fibra	0.48
Goma (neumático) sobre terreno firme	0.4-0.6
Tela sobre plástico	<b>0.6</b>

*Tabla tomada de es.wikipedia.org/wiki/Fricción.*