

Trabajo Seguro En Alturas: Un Análisis Desde La Física Clásica

Safety at Heights: An Analysis from Classical Physics

Henry Ortega ¹ Elías Bedoya ²

¹ Programa de Seguridad e Higiene Ocupacional, Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco, Cartagena, Colombia.

² Coordinación de investigación, Programa de Seguridad e Higiene Ocupacional, Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco. Cartagena, Colombia.
{hortegaz,ebedoya}@tecnologicocomfenalco.edu.co

Resumen. Uno de los temas importantes en la seguridad industrial, es el trabajo en altura, donde la física puede dar explicación de cómo y porque se establecieron las normas que actualmente rigen en el mercado laboral, el objetivo del trabajo presentado es la caracterización de las temáticas de la física mecánica a los trabajos en altura, se realizó la relación de todas las temáticas de la física mecánica, a los trabajos en alturas utilizando todas las ecuaciones y leyes. Todas estas temáticas relacionas con los trabajos en alturas desembocaron a la visión de la energía como gran concepto jerárquico, desde la cinemática, dinámica, estática hasta el trabajo y conservación de la energía, de todo se concluye que todas las actividades en el trabajo en alturas se rigen por las leyes de la física, constituyendo una base para las demás tareas en la industria donde el movimiento de los cuerpos es inevitable.

Palabras claves: trabajo en alturas, energía, leyes naturales, física mecánica.

Abstract. One of the most important topics of industrial safety is work at heights, where physics can explain how and why the current standards regulating the labor market were established. The objective of this study is to characterize the topics of mechanical physics in working at heights. Each of the topics of mechanical physics was related to work at heights, using all the equations and laws. All these topics related to work at heights lead to the vision of energy as the great hierarchical concept, from kinematics, dynamics, statics, to work and energy conservation. With all this, it is concluded that every activity in working at heights is governed by the laws of physics, constituting a base for the rest of the tasks in the industry, where the movement of bodies is inevitable.

Keywords: work at heights, energy, natural laws, physical mechanics.

1 Introducción

Desde siglos anteriores civilizaciones como los egipcios, mayas, babilónicos entre otros trabajaron en grandes edificaciones, dejando en manifiesto su interacción en contra de la gravedad. Giovanni batista Riccioli se acercó al valor de esta al realizar en el año de 1644 un experimento de caída libre en la famosa torre Asinelli de Bolonia contribuyendo al desarrollo de la ciencia física, siglos más tarde la construcción seguía evolucionando, Con la aparición de los grandes centros urbanos, los escaladores europeos empezaron a realizar trabajos de mantenimiento y limpieza en medios urbanos con el sistema de rappel y con equipo derivado del alpinismo y la espeleología. Empezaron a profesionalizarse y elaborar sistemas de trabajo en condiciones diferentes a las deportivas, los principales fabricantes desarrollan equipo especializado para los trabajos verticales como arneses, cascos y cuerdas. En la actualidad autores como Juan Ramón Martínez [1] y Elías Bedoya Marrugo han trabajado en el desarrollo de las actividades de estos trabajos [2], sin embargo hace falta el enfoque específico de la física y de la explicación de uno de los principales agentes llamada gravedad, la cual que no se puede ignorar en cualquier parte donde nos ubiquemos en nuestro planeta, si la desafiamos corremos el riesgo es por eso que debemos equiparnos de elementos que puedan reaccionar a ella con mucha eficacia, nuestro sol es una prueba de que la gravedad es un agente que puede llegar a ser agradable y a la vez no, el astro rey al tener una gran masa su fuerza gravitatoria aumenta reaccionando por la tercera ley de newton, quemando su hidrogeno siendo su calor beneficioso para nuestro planeta, lo desagradable seria en un tiempo determinado este hidrogeno se acabe y nuestra estrella colapse. Así como el sol se equipa de hidrogeno para contrarrestar la gravedad, el hombre debe dotarse de unos buenos equipos para elevarse en contra de ella, en los trabajos en altura, donde en este campo el hombre y la gravedad enfrentan una batalla, la cual se puede vencer conociendo muy bien cómo actúa la gravedad, es por ello que la física es la única ciencia que puede explicar este comportamiento por lo que su estudio cobra relevancia. Muchas personas utilizan andamios y escaleras y no conocen en qué posición están situados o a quienes se están enfrentando cuando se elevan a tal distancia, ante esto se plantea el interrogante ¿Como la gravedad afectaría la seguridad y salud de las personas cuando se encuentran a determinada altura?

Ante el interrogante anterior se tienen como objetivos: Identificar los tipos de movimientos realizados en los trabajos en altura, explicar los fenómenos físicos presentes en los trabajos en altura basados en las leyes fundamentales de la mecánica clásica, además se debe analizar la variación de energías en el efecto de una caída repentina colocando elementos de control y protección que garanticen la seguridad y salud del trabajador.

2 La Cinemática y su aporte a la seguridad

La cinemática es la rama de la física mecánica que estudia el movimiento sin tener en cuenta la causa que lo produce, es decir, la fuerza que lo produce no se estudia en esta disciplina, sin embargo es muy importante comprender todas las definiciones y características de esta ciencia, en el presente artículo se encuentran los conceptos de velocidad, rapidez, distancia y desplazamiento



Fig. 1 La Cinemática en el Trabajo en alturas. Fuente: Física universitaria Sears y Zemansky 12 Edición

En la Fig. 1 podemos observar la representación de un trabajo en alturas, para definir los conceptos de distancia y desplazamiento que tendemos a confundirlos e incluso a decir que son lo mismo teniendo un significado netamente diferente.

El concepto de distancia se refiere a la medida de la trayectoria tomada por el cuerpo, mientras que el desplazamiento es una cantidad con dirección y sentido, la rapidez es la variación de la distancia mientras que la velocidad es la variación del desplazamiento, en los trabajos en alturas estos conceptos coinciden en la medida que los cuerpos se muevan en línea recta.

2.1 Movimiento Uniforme.

Este movimiento se caracteriza porque la velocidad es la misma a lo largo de su trayectoria, en otras palabras la aceleración es nula, de lo que se deduce por las leyes de Newton que la fuerza resultante sobre el cuerpo es cero, donde se debe tener en cuenta que no todos los cuerpos que están en equilibrio no presentan movimiento [3], es por ello que los cuerpos que se mueven lentamente, su aceleración es casi cero y por consiguiente la fuerza que actúa sobre la masa también sería, valiéndonos de este principio, la persona deberá ascender lentamente por la escalera o el andamio, para reducir el efecto de caída ya que no existirá fuerza que lo esté impulsando [4]. Este movimiento es muy importante conservarlo ya que nos evitaría muchos inconvenientes en los trabajos en altura. La figura 2 muestra una persona en un andamio donde después de una ardua tarea debe bajar por las escaleras, este movimiento deberá ser uniforme por las razones anteriormente mencionadas.

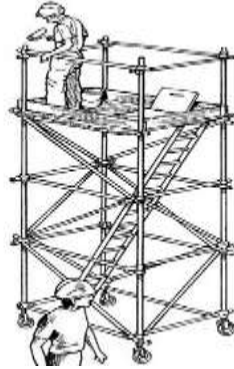


Fig. 2. Descenso y ascenso en Trabajos en alturas. Fuente: OIT

2.2 Movimiento Uniformemente Acelerado

Este movimiento se caracteriza porque la velocidad varía uniformemente con el tiempo, la aceleración le incrementa o le disminuye un valor constante a la velocidad. En la figura 3 se observa que un martillo, dejado caer desde la plataforma debe incrementar su velocidad a medida que va descendiendo, esto se debe a un valor constante llamado gravedad, su valor es de aproximadamente $9,8 \text{ m/s}^2$, en otras palabras su velocidad cada vez que pasa 1 segundo se le debe incrementar $9,8 \text{ m/s}$, si tomamos la posición 1 como el primer tiempo en el cual es dejado caer, su velocidad es cero, luego será de $9,8 \text{ m/s}$, pasado otro segundo más de $9,8 \text{ m/s} + 9,8 \text{ m/s} = 19,2 \text{ m/s}$.

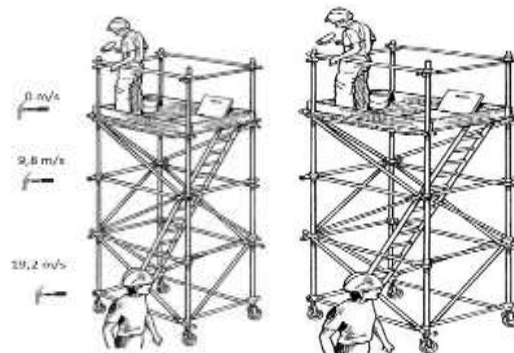


Fig. 3 La aceleración en el trabajo en alturas. Fuente: OIT

Según el laboratorio de producción de la facultad de ingeniería industrial de la escuela colombiana de ingeniería: *“La tarea de trabajo en altura está considerada como de alto riesgo y conforme a las*

estadísticas nacionales, es la primera causa de accidentalidad y de muerte en el trabajo” el caso anterior nos muestra como varía la velocidad de caída de este objeto, sin tener en cuenta la masa ya que la estamos analizando según la visión de la cinemática, el caso más preocupante será las liberaciones energéticas que este tendría al impactar una superficie y mortalmente al ser humano.

Otra situación tomada del libro física principio con aplicaciones Giancoli, donde una persona se deja caer desde una altura de 15m, significa que su velocidad inicial es cero, pero esto no es totalmente cierto, según la norma a 1,5 m de profundidad debe colocarse una red de longitud mínima de 2,4 y a 3 m se debe colocar una red de 3m como mínimo [5], esto indica que si su velocidad fuera cero no existirían variaciones en las longitudes de las redes, en contraste debe ser por una velocidad horizontal de lanzamiento debido a un movimiento semiparabólico que se compone por uno uniforme (Horizontal) y acelerado (vertical) tal composición de movimientos hace que la energía cinética aumente en proporciones considerables, por otra parte la malla no debe estar tensionada para evitar el rebote, debe estar diseñada como tal que pueda desacelerar al cuerpo que se coloque en contacto, Para el ejemplo de la figura 6, usando la ecuación $v_f = \sqrt{2gh}$, se calcula la velocidad hasta la altura de 15 m, la cual es de 17,14 m/s lo que me permite hallar la

desaceleración $a = \frac{v_f^2 - v_o^2}{2h} = -14,98\text{m/s}^2$ lo que indica que le tomara 1 segundo en quitarle a la

velocidad un valor de aproximadamente 15 m/s, es importante tener en cuenta que la física juega con tiempos muy mínimos para valores grandes de velocidad, es por ello que se deben tomar todas las medidas de seguridad adecuadas en nuestro tiempo amplio, tomarnos un gran momento para analizar y calcular todas las variables que podamos encontrar para estar al lado de la seguridad.

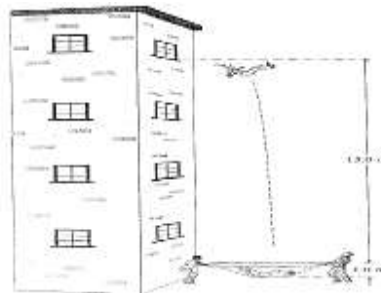


Fig. 4 Caída libre de una Persona. Fuente: Física principios con aplicaciones Giancoli.

2.3 Estática y Dinámica

Uno de los aspectos en el trabajo en altura es que las plataformas y andamios estén bien soportados [5], lo que evidentemente lo explica la ley del equilibrio de los cuerpos, donde la fuerza resultante debe ser nula, sin embargo hay tolerancias al presentarse fuerzas no equilibradas como lo dice la primera ley de Newton: *Un cuerpo permanecerá en equilibrio o en estado de movimiento uniforme a menos que una fuerza NO EQUILIBRADA actúe sobre él*, la tolerancia radica en que se pueden presentar fuerzas de viento, donde los andamios deben de estar bien arriostrados para mitigar estas fuerzas.

Una de las fuerzas que siempre se tendrá en el trabajo en alturas es el peso (Objetos, personas, andamios) es necesario comprender con claridad la diferencia entre el peso de un cuerpo y su masa. Tal vez estos son los conceptos más confusos para las personas cuando se está familiarizando con las leyes físicas. El peso de cualquier cuerpo es la fuerza con la cual el cuerpo es atraído verticalmente hacia abajo por la gravedad. Cuando un cuerpo cae libremente hacia la Tierra, la única fuerza que actúa sobre él es su peso W . Esta fuerza neta produce una aceleración g , que es la misma para todos los cuerpos que caen [3]. Entonces, a partir de la segunda ley de Newton escribimos la relación entre el peso de un cuerpo y su masa: $W = mg$. Una prueba representativa sería si un martillo y un cartucho de medición caen accidentalmente desde la plataforma de trabajo, la fuerza de impacto es mayor en el martillo ya que posee mayor masa, sin embargo su velocidad de impacto es la misma, entonces debe existir una ley que cuantifique este impacto de una manera satisfactoria, esto es la energía

3 Momento o torque de una Fuerza

Se define momento o torque como la fuerza que es capaz de realizar un giro con respecto a un punto de referencia, el trabajo en altura es muy importante apropiarse de este concepto debido a los voladizos que se puedan presentar en la plataforma de trabajo, incluso fuerzas inesperadas como un fuerte viento que podría realizar giro sobre objetos o las mismas personas, llevándolas a la caída. Se ha definido la fuerza como un tirón o un empujón que tiende a causar un movimiento. El momento de torsión r se define como la tendencia a producir un cambio en el movimiento rotacional [1]. En algunos textos se le llama también momento de fuerza. Como ya hemos visto, el movimiento rotacional se ve afectado tanto por la magnitud de una fuerza F como por su brazo de palanca r . Por tanto, definiremos el momento de torsión como el producto de una fuerza por su brazo de palanca.

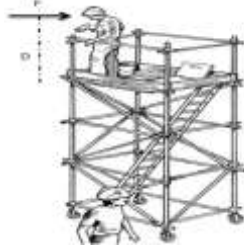


Fig. 5 Torque sobre una Persona.

Fuente: http://training.itcilo.it/actrav_cdrom2/es/osh/cinte/main.htm

La figura 5 muestra una fuerza externa que en este caso es el viento, donde hace torque o momento sobre la persona, por tal motivo antes de preparar los trabajos en altura se debe prever ante el estudio meteorológico, cuál sería la velocidad del viento para poder tomar determinaciones acertadas en los trabajos en altura.

4 Trabajo y Energía

La razón principal de aplicar una fuerza resultante es causar un desplazamiento. Por ejemplo, una enorme grúa que levanta una viga de acero hasta la parte superior de un edificio; el compresor de un acondicionador de aire que fuerza el paso de un fluido a través de su ciclo de enfriamiento, y las fuerzas electromagnéticas que mueven electrones por la pantalla de un televisor. Como aprenderemos aquí, siempre que una fuerza actúa a distancia se realiza un trabajo [5], el cual es posible predecir o medir. La capacidad de realizar trabajo se define como energía y la razón de cambio que puede efectuar se definirá como potencia. En la actualidad, las industrias centran su interés principal en el uso y el control de la energía, por lo que es esencial comprender a fondo los conceptos de trabajo, energía y potencia. El enfoque de estos conceptos en los trabajos en altura radica en que entendamos que es la energía y como se puede liberar o transformar, teniendo en cuenta el principio de conservación de la energía: La energía no se crea ni se destruye, si no que se transforma.

La figura 5 muestra a un trabajador a una altura aproximada de 6 metros, en este caso el trabajador se carga energéticamente con energía Potencial, lo cual es un riesgo, el peligro sería si esa energía se logra transformar en otro tipo llamada cinética, para entenderlo de una mejor manera lo ilustraremos con valores matemáticos. $E_p = mgh$ (Energía Potencial) $E_k = mv^2/2$ (Energía Cinética). Dónde: m: masa g: gravedad h: altura v: velocidad. Si la masa de una persona es de 70Kg entonces su $E_p = 70Kg \cdot 9,8m/s^2 \cdot 6m = 4116J$ este valor lo liberaría en movimiento o en energía cinética lo que implicaría una velocidad de impacto en la malla de 10,84m/s o 40 Km/Hr, en otras palabras la malla debe ser capaz de desacelerarla hasta detenerla. De lo anterior se puede

interiorizar que siempre que un trabajador este a una altura determinada, poseerá energía potencial y hay que tomar todas las medidas necesarias para que esta no se transforme en cinética [6].

5 Conclusiones

La explicación de todos los requerimientos para poner en marcha con seguridad los trabajos en alturas lo da la física, como ciencia, es por ello que se debe tener una visión clara de las leyes que la dominan, para poderlas interiorizar no quedarse solo en la explicación de una fórmula para calcular distancias, fuerzas o energías si no es trasladar esa serie de conceptos a los movimientos y cambios energéticos que se puedan generar en los trabajos en altura. Por otra parte hay que estar de lado de la rigurosidad de la verificación del uso de los conceptos, ya que así como existen algunas leyes y propiedades físicas que se esconden de la visión humana y no son perceptibles en primera instancia, como la aceleración de la gravedad y la energía, para mitigar los riesgos al cual estarán expuestos los trabajadores: en otras palabras la gravedad se ve en su efecto, ella siempre estará allí para causar daño, por lo cual se debe estudiar muy a fondo a través de la física sus posibles consecuencias, en el estudio anteriormente presentado se puede evidenciar sus efectos.

Referencias

1. Martínez, JR.: Conceptos básicos de seguridad relacionados con el trabajo realizado en altura. Trabajos en altura Seguridad y uso de EPI contra caídas. Found Confemetal. 1(2011) 12-14
2. Bedoya, E.: Conceptos relacionados con el trabajo en altura. Manual de Trabajo en altura. Alfa Omega. 1 (2015) 60-62
3. Hernández, P.J.: Riesgo eléctrico. Manual de seguridad y salud en la edificación, obra industria y civil. JHP. 1 (2005) 18-22
4. Hewit, PG.: Primera ley de newton. Física Conceptual. Pearson. 10 (2007) 27-30
5. Beer, F., Johnston, R., Mazurek, D., Eisenberg, E.: Estática de partículas. Mecánica vectorial para ingenieros. Mc Graw Hill. 9(2010) 17-30
6. Tippens P.: Aceleración Uniforme. Física, Conceptos y Aplicaciones. Mac Graw Hill. 7 (2011)112-115