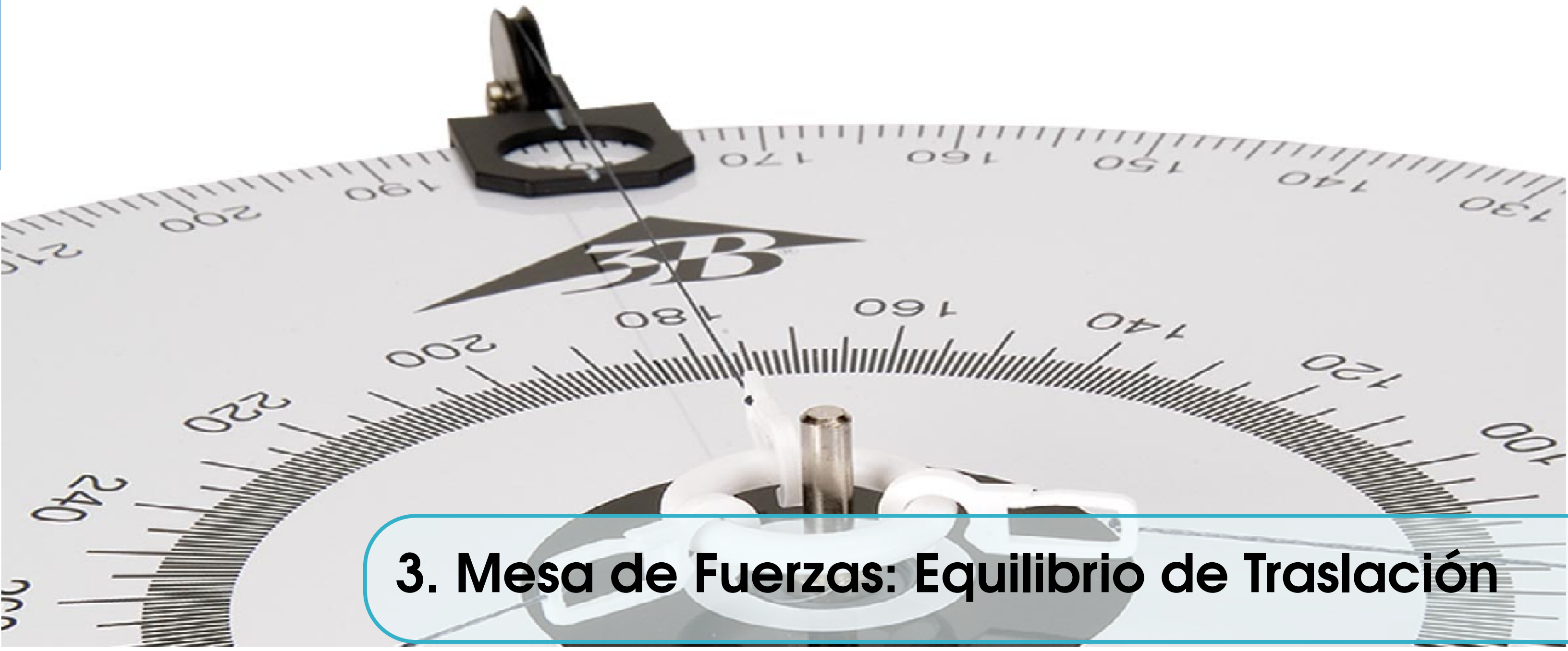


3. Mesa de Fuerzas: Equilibrio de Traslación

3.1 Objetivos

3.1.1 General

Comprender el carácter vectorial de la fuerza.

3.1.2 Específicos

- Descomponer vectores de fuerza.
- Comprobar experimentalmente el principio de equilibrio traslacional.
- Aplicar adecuadamente los criterios definidos para la adición de vectores.

3.2 Referentes Conceptuales y Marco Teórico

La física suele diferenciar las magnitudes entre: cantidades escalares y las cantidades vectoriales. Las cantidades escalares están completamente determinadas por un único número y, posiblemente, unas unidades, por ejemplo, 60 min ó 37 C. Sin embargo, los vectores son cantidades más sofisticadas; además de la magnitud, contienen información sobre la dirección y el sentido. Ejemplo de una cantidad vectorial es: el desplazamiento, no es equivalente moverse hacia un lado que hacia el otro, aunque se desplace la misma distancia. La fuerza es otro ejemplo de un vector, empujar o halar un cuerpo en determinada dirección es totalmente distinto a hacerlo en dirección opuesta. En esta guía se usan las letras mayúsculas y sin negrilla (por ejemplo: A) para referirnos a objetos matemáticos como los escalares o las dimensiones de las cantidades. Y para distinguir las cantidades vectoriales se usa, además, letra en negrita y una fecha en la parte superior de la misma (por ejemplo: $\overrightarrow{A}$). Adicionalmente, en los gráficos que incorporen vectores, estos se denotarán mediante flechas como el que se ilustra en la figura 1.1.

3.2.1 Representación de Vectores

Un vector puede representarse en el plano mediante una pareja ordenada de puntos. Esta explicación se hace para el caso de dos dimensiones, porque es lo relevante para la mesa de fuerzas. Sin embargo, la misma idea puede aplicarse a casos de tres dimensiones - vectores en el espacio.

Un vector, como el ilustrado en la figura 1.1 tiene un origen y un final. La distancia desde el punto de origen al punto final corresponde a la magnitud del vector. La inclinación de la flecha indica la dirección del mismo.

Existen algunas formas para representar un vector; la forma polar y la forma cartesiana que vale aclarar que sea cual sea el método que se elija para representar el vector, debe poder permitir conocer su magnitud y su dirección.

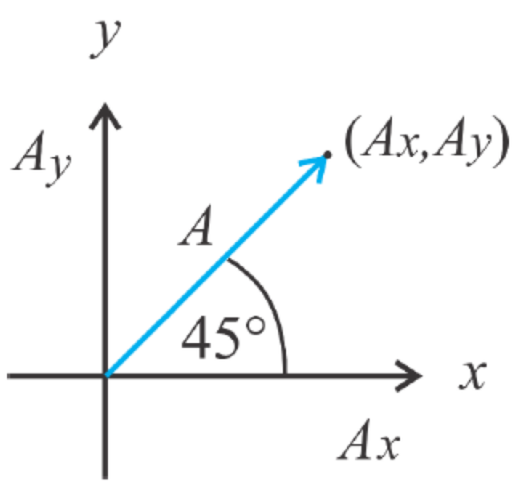


Figura 3.1: La flecha azul representa un vector en el plano. Las coordenadas del punto final de vector (donde termina la flecha), nos sirven para darle un nombre o etiqueta única a cada vector. A partir de ese nombre es posible conocer toda la información relevante sobre el vector: su magnitud y dirección.

Cada vector tendrá sus componentes, que permite distinguir el vector $\overrightarrow{A}$ del vector $\overrightarrow{B}$, usaremos la notación:

$$\overrightarrow{A} = A_x\hat{i} + A_y\hat{j} \qquad \therefore \qquad \overrightarrow{B} = B_x\hat{i} + B_y\hat{j} \tag{3.1}$$

Los valores A_x y A_y se conocen como componentes del vector, y son cantidades escalares. Se puede especificar que dos vectores son iguales si su magnitud, dirección y sentido coinciden; lo que implica que sus componentes en cada una de las direcciones sean iguales:

$$\overrightarrow{A} = \overrightarrow{B} \qquad A_x = B_x \qquad y \qquad A_y = B_y \tag{3.2}$$

Las componentes del vector permiten conocer toda la información relevante sobre él. Facilitando el calculo de su magnitud y su dirección: La magnitud o módulo de un vector, que denotamos sin negrita, ni flecha superior A, por ser una cantidad escalar, puede hallarse, simplemente, a partir de las componentes, mediante el teorema de Pitágoras, garantizando que la magnitud de un vector sea siempre positiva:

$$A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2} \tag{3.3}$$

La dirección del vector, que siempre se mide con respecto al eje x y en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj, puede calcularse mediante la ecuación 1.4 :

$$\theta = arctan\left(\frac{A_y}{A_x}\right) \tag{3.4}$$

Si por el contrario, se conocen la magnitud y la dirección, es posible determinar las componentes, mediante el uso de relaciones trigonométricas:

$$A_x = Acos\theta \qquad A_y = Asin\theta \tag{3.5}$$

3.2.2 Primera Condición de Equilibrio

Un cuerpo se encuentra en estado de equilibrio traslacional si y sólo si la suma vectorial de las fuerzas que actúan sobre él es igual a cero. Esto ocurre cuando el cuerpo no se traslada o cuando se mueve a velocidad constante; es decir cuando la aceleración lineal del centro de masa es cero al ser observado desde un sistema de referencia inercial En este caso, la $\sum F_x$ como la $\sum F_y$ debe ser cero; esta la condición para que un cuerpo esté en equilibrio.

¡IMPORTANTE!
Tenga presente las siguientes recomendaciones para asegurar el buen desempeño en la actividad.

- Verificar si las poleas funcionan de manera adecuada, sin excesiva fricción entre la polea y las cuerdas.
- Realice la experiencia cuidando que las influencias externas (Viento, vibraciones, polvo, orden del equipo) no interfieran en la mesa con el equilibrio del sistema de fuerzas.
- Atienda las recomendaciones adicionales que brinde el docente.

3.3 Actividades Previas al Laboratorio

Use sus apuntes de clase, consultas, referencias bibliográficas propuestas en esta guía y/o adicionales; para contestar en forma adecuada las situaciones planteadas a continuación:

1. Un semáforo está sostenido por un sistema que consta de un brazo horizontal y tres cables, dos de ellos inclinados y uno vertical,como se muestra la figura 3.2a. Determine los valores de las tensiones en cada cable.

2. Revise la situación mostrada en la figura 3.2b, en ella se observa una configuración. ¿Se puede afirmar que dicha configuración se encuentra en equilibrio? Justifique su respuesta con los respectivos cálculos.

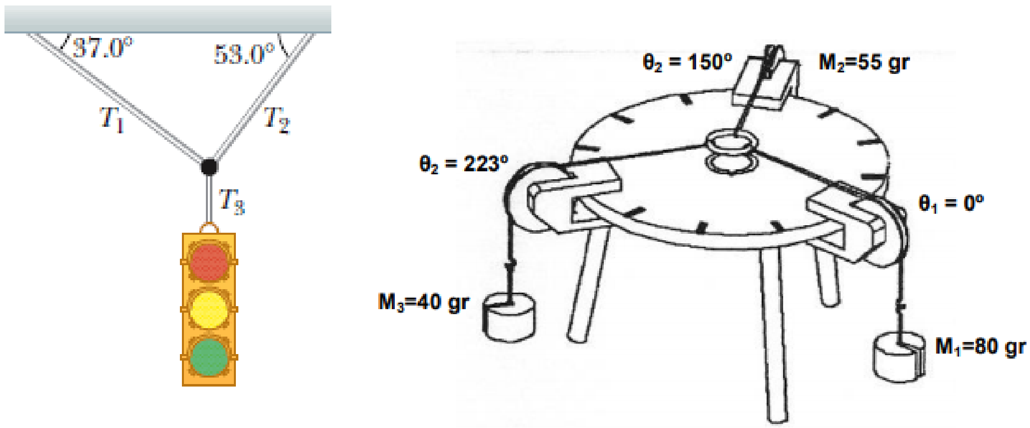


Figura 3.2: Actividades Previas al Laboratorio.

3.4 Materiales

Para la práctica de laboratorio se necesitan los siguientes elementos:

1. Mesa de fuerzas.
2. Dinamómetros.
3. Juego de masas.
4. Soporte Universal.
5. Pinzas y Nueces de sujeción.
6. Hojas milimetradas (Debe traerlas cada grupo).
7. Transportador (Debe traerlo cada grupo).
8. Regla (Debe traerla cada grupo).

3.5 Procedimiento

3.5.1 Sistemas en Equilibrio de Traslación

1. Asegúrese que la mesa de fuerzas se encuentre nivelada, de esa manera se garantiza que el trabajo se realiza en dos dimensiones.
2. Antes de comenzar, ubique los ángulos 0°, 90° y 270° en la mesa de fuerzas. Los necesitará para posteriores procedimientos. Es muy importante que no debe rayar ni realizar marcas en la mesa.
3. Se llama eje x+ a la linea que va desde el centro de la mesa hasta la marca de 0°. Y se llama eje y+ en a la linea que va desde el centro de la mesa hasta la marca de 90°. Tal como se observa en la figura 3.3

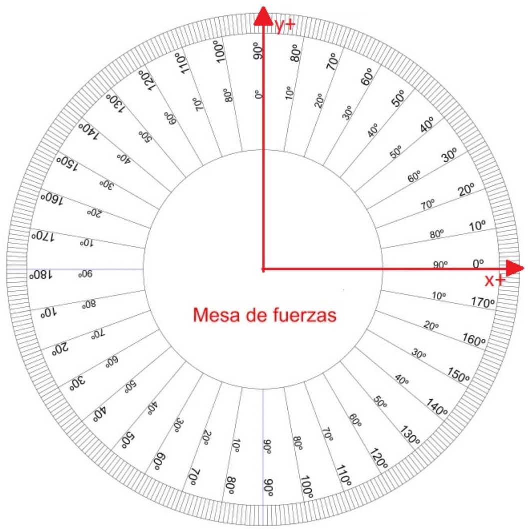


Figura 3.3: Establecimiento del sistema de referencia en la mesa de fuerzas.

4. Coloque dos masas iguales en los soportes, ubique las poleas en la mesa de fuerza de modo que la polea uno vaya a lo largo del eje x+ y la polea dos a lo largo del eje y+. Así se garantiza que las dos cuerdas formen un ángulo de 90°. A continuación elija una tercera masa y ubiqué la polea de tal manera que el anillo no toque el eje central, garantizando que se encuentre en el centro de la mesa.
5. En la tabla 3.1 escriba el valor de cada masa y el ángulo que forman las cuerdas con respecto al eje x+.

Masa (g)		Ángulo (θ)
M_1		
M_2		
M_3		

Tabla 3.1: Tabla de Datos 1

6. Repita el paso 4, empleando dos masas iguales en los soportes, pero en este caso, ubique las poleas de modo que las dos cuerdas formen un ángulo de 45°. En la tabla 3.2 escriba los datos de esta nueva configuración.

Masa (g)		Ángulo (θ)
M_1		
M_2		
M_3		

Tabla 3.2: Tabla de Datos 2

7. Repita el paso 4, con masas y ángulos diferentes. En la tabla 3.3 escriba los datos conseguidos para esta nueva configuración.

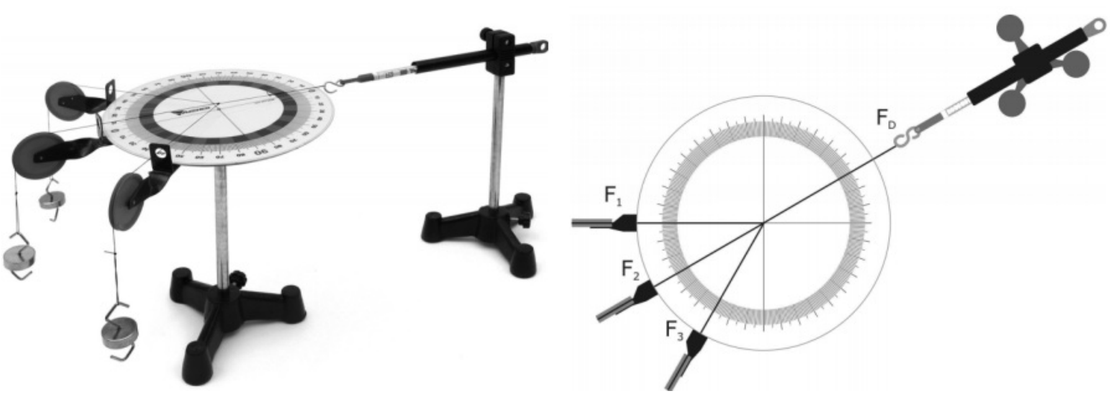
Masa (g)		Ángulo (θ)
M_1		
M_2		
M_3		

Tabla 3.3: Tabla de Datos 3

8. Con los datos medidos realice los análisis que se solicitan en la sección de 3.6.1.

3.5.2 Resultante de un Sistema de Fuerzas

1. Ajuste el dinamómetro para que indique cero cuando se lo coloque en posición horizontal.
2. Monte el equipo como se muestra en la figura 3.4a. Ponga masas en los portamasas que pasan por las tres poleas.
3. Desplace las poleas y el dinamómetro hasta que el anillo quede concéntrico con el centro del transportador. Como se observa en la figura 3.4b.



(a) Montaje Experimental (b) Configuración de equilibrio en mesa de fuerzas

Figura 3.4: Esquema de Sistemas - Mesa de Fuerzas.

4. Determine el valor de las fuerzas (recuerde que corresponden al valor de los pesos de las masas allí colgadas) y el ángulo de cada una (medido desde el eje x+).

$$F_1 = \underline{\hspace{3cm}} N,\ \theta_1 = \underline{\hspace{3cm}}.$$
$$F_2 = \underline{\hspace{3cm}} N,\ \theta_2 = \underline{\hspace{3cm}}.$$
$$F_3 = \underline{\hspace{3cm}} N,\ \theta_3 = \underline{\hspace{3cm}}.$$

5. Tome nota del valor de la fuerza indicada en el dinamómetro. $F_D = \underline{\hspace{3cm}}$ N (Fuerza Equilibrante). Y mida el ángulo que F_D forma con el eje horizontal (x+). $\theta_D = \underline{\hspace{3cm}}$.

6. Con los datos medidos realice los análisis que se solicitan en la sección 3.6.2

3.6 Análisis Cuantitativo y Cualitativo

3.6.1 Sistemas en Equilibro de Traslación

1. Calcule la magnitud de la fuerza de tensión en cada cuerda, empleando los datos de la tabla 3.1. Tenga en cuenta que para este caso, la magnitud de la fuerza de tensión (T) es igual al peso en cada soporte, por lo tanto $F = mg$. Donde m es la masa en kg y $g = 9{,}8\ m/s^2$. Escriba estos valores en la tabla .

Masa	g	Kg	Fuerza N	
M1			F1	
M2			F2	
M3			F3	

Tabla 3.4: Tabla de Datos 4

2. Calcule las componentes de cada vector fuerza de tensión ($\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, $\vec{F}_3$) empleado los ángulos de la tabla 3.1 y las magnitudes de las fuerzas calculadas en la tabla 3.4. Escriba en la tabla 3.5 los vectores fuerza de tensión en términos de sus componentes ($\vec{F} = F_x\hat{\mathbf{i}} + F_y\hat{\mathbf{j}} + F_z\hat{\mathbf{k}}$).
3. Realice la suma de las componentes F_x y F_y de forma separada y consígnelas en la ultima fila de la Tabla 3.5.

Fuerza N		Ángulo θ	$F_x = F\cos\theta$	$F_y = F\sin\theta$	$\vec{F} = F_x\hat{\mathbf{i}} + F_y\hat{\mathbf{j}}$
F1					
F2					
F3					
		$\sum F_x / \sum F_y$			

Tabla 3.5: Tabla de Datos 5

4. Realice un diagrama de cuerpo libre del anillo de la mesa de fuerzas.
5. Según los resultados de la tabla 3.5, ¿El anillo de la mesa de fuerzas se encuentra en estado de equilibrio traslacional? ¿Por qué? Explique sus resultados.
6. Dadas las masas M_1 y M_2 que selecciono en el paso 4 del procedimiento de la sección 3.5.1 y sus ángulos respectivos, medidos con respecto al eje $x+$. Determine teóricamente el valor de la masa M3 y su ángulo, para que se obtenga un estado de equilibrio de traslación en el anillo.
7. Determine el porcentaje de error de la masa M_3 y su ángulo encontrados experimentalmente en el punto 1. Tome como valores teóricos los encontrados en el punto 6. Para determinar el porcentaje error (% Error) emplee la ecuación 3.6:

$$\%Error = \left| \frac{M_e - M_t}{M_t} \right| \times 100 \tag{3.6}$$

donde M_e es el valor experimental encontrada para la $M3$ en el procedimiento 3.5.1 y M_t es el valor teórico de $M3$ obtenido en el punto 6.

8. Repita los pasos del 1 al 7 empleando los datos de la tabla 3.2. Escriba estos resultados en la tabla 3.6. Realice el diagrama de cuerpo libre del anillo. Determine teóricamente, empleando los datos experimentales de las masas $M1$ y $M2$ con sus ángulos, el valor teórico de la masa $M3$ y su ángulo, para que se obtenga un estado de equilibrio de traslación en el anillo. Finalmente, determine el porcentaje de error de la masa $M3$ y su ángulo encontrados experimentalmente. Realice todos esos cálculos en una hoja anexa.

Fuerza N		**Ángulo** θ	$F_x = F\cos\theta$	$F_y = F\sin\theta$	$\vec{F} = F_x\hat{\mathbf{i}} + F_y\hat{\mathbf{j}}$
F1					
F2					
F3					
		$\sum F_x / \sum F_y$			

Tabla 3.6: Tabla de Datos 6

9. Repita los pasos del 1 al 7 empleando los datos de la tabla 3.3. Escriba estos resultados en la tabla 3.7. Realice el diagrama de cuerpo libre del anillo. Determine teóricamente, empleando los datos experimentales de las masas $M1$ y $M2$ con sus ángulos, el valor teórico de la masa $M3$ y su ángulo, para que se obtenga un estado de equilibrio de traslación en el anillo. Finalmente, determine el porcentaje de error de la masa $M3$ y su ángulo encontrados experimentalmente. Realice todos esos cálculos en una hoja anexa.

Fuerza N		**Ángulo** θ	$F_x = F\cos\theta$	$F_y = F\sin\theta$	$\vec{F} = F_x\hat{\mathbf{i}} + F_y\hat{\mathbf{j}}$
F1					
F2					
F3					
		$\sum F_x / \sum F_y$			

Tabla 3.7: Tabla de Datos 7

3.6.2 Resultante de un Sistema de Fuerzas

1. Trace un sistema de ejes cartesianos en una hoja de papel milimetrado o use el de la figura 3.5. Represente los vectores $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ y $\vec{F}_3$ en el sistema de ejes cartesianos observando los ángulos que forman con el eje horizontal x+.

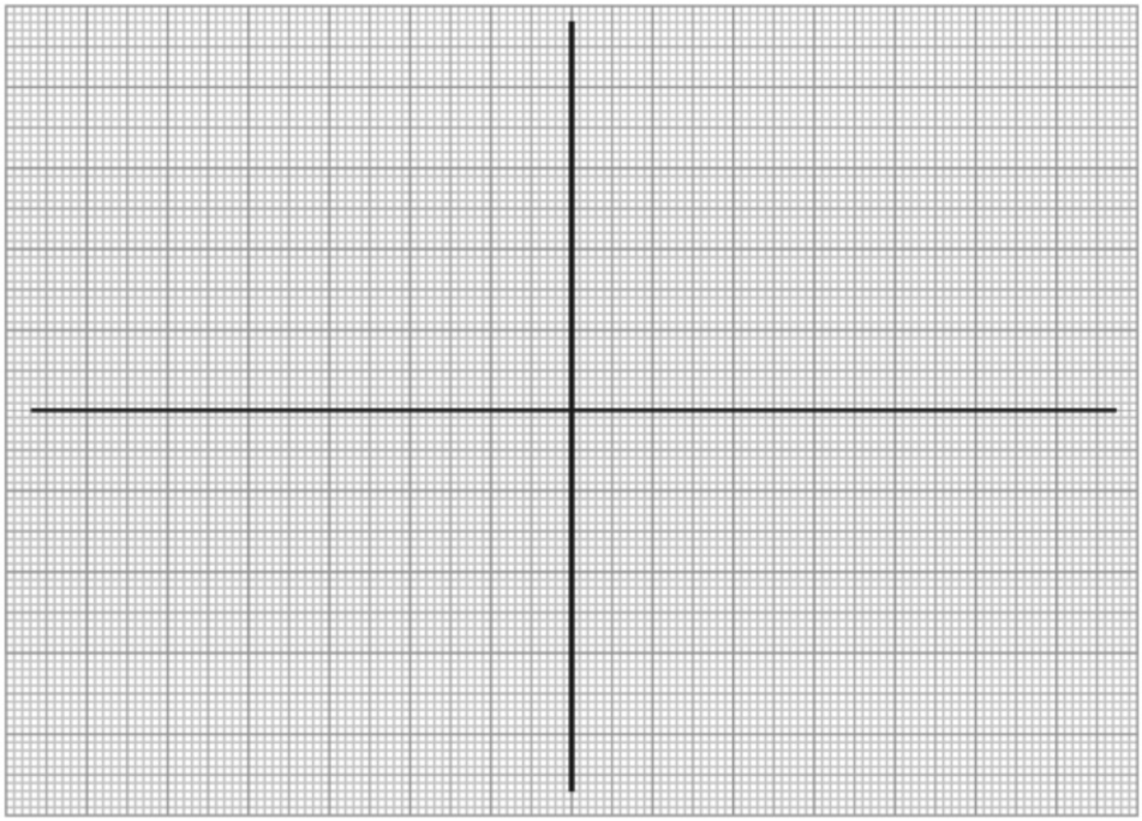


Figura 3.5: Escala Milímetrada

2. Por el proceso de descomposición calcule el módulo de la resultante del sistema de fuerzas. Descomposición:

$$\begin{array}{ll} F_{1x} = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ N, & F_{1y} = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ N. \\ F_{2x} = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ N, & F_{2y} = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ N. \\ F_{3x} = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ N, & F_{3y} = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ N. \end{array}$$

3. Encuentre la resultante en el eje x: $F_{Rx} =$ __________ N.
4. Encuentre la resultante en el eje x: $F_{Ry} =$ __________ N.
5. Calcule la dirección de la fuerza resultante. $\theta_R =$ __________ N.
6. Compare el valor de $\vec{F_R}$ calculada con la fuerza $\vec{F_D}$ indicada en el dinamómetro.
7. Compare la dirección de la fuerza resultante (calculando) con la dirección de la fuerza medida con el goniómetro de la mesa de fuerzas θ_D.

3.7 Referencias

R Serway, K. y Beichner R (2002) Física. Tomo I. México, McGraw Hill Interamericano, S.A. Editores, S.A.

R Boor, F., y Johnston, R (1990) Estática. Mecánica vectorial para ingenieros. México, D.F.,México. Mc Graw Hill Interamericana Editores, S.A. de C:V.

R Alonso, M. y Finn, E. (1976). Física. Volumen I: Mecánica. Mexico, Fondo Educativo Interamericano, S.A.Editores, S.A. de C.V.