

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE SAN ANDRÉS TUXTLA		PRODUCTO: PRESENTACIÓN ELECTRÓNICA (lista de cotejo)		
ASIGNATURA: Estática		GRUPO: 311B	PERIODO: Agosto-Dic 2025	
DOCENTE: M.I. LORENA PALMA CRUZ		FECHA: 19/09/2025		
NOMBRE DE (LOS) ALUMNO(S): Uziel Reyes Mixtega Erick Bazán Mateos		UNIDAD No. 2		
		NOMBRE DE LA UNIDAD: Momentos y sistemas equivalentes		
INSTRUCCIÓN				
Revisar los documentos o actividades que se solicitan y marque en los apartados "SI" cuando la evidencia a evaluar se cumple; en caso contrario marque "NO". En la columna "OBSERVACIONES" ocúpela cuando tenga que hacer comentarios referentes a lo observado.				
VALOR %	CARACTERÍSTICA A CUMPLIR (REACTIVO)	CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
10	Carátula: Aparece el título de la presentación, autores y fecha de presentación y se acompaña de un subtítulo más informativo. Muestra los logotipos de la institución, carrera y del Tecnm.	✓		
5	Relación texto-imagen: Presenta menos texto que imagen. En la presentación predominan frases con una longitud de ocho líneas.	✓		
10	Diseño. El cuerpo de la letra y el color respecto al fondo es adecuado. Utiliza el tamaño de letra para título y contenido de 24 como mínimo; el tamaño de las imágenes, diagramas, etc. son apropiadas.	✓		
10	Vocabulario y ortografía: Utiliza un vocabulario llano, amplio (sin repetir palabras), simple y preciso. El texto es legible y no presenta ninguna falta de ortografía.	✓		
10	Introducción. Da una idea clara del contenido, describiendo cómo está organizado el trabajo; además debe tener la finalidad de motivar al lector a continuar con su lectura y revisión.	✓		
20	Contenido. Incorpora toda la información solicitada de manera veraz.	✓		
15	Herramientas de aprendizaje. Utiliza por lo menos tres herramientas de aprendizaje, su uso está justificado, aparece el título al pie de las gráficas, imágenes y figuras, así como el número. En los casos de no ser de su autoría y/o propias, se indica la fuente.	✓		
10	Conclusión. La conclusión es breve, destaca los conocimientos relevantes expuestos, resume lo que la presentación contiene y lo que se aprendió al realizar la actividad.	✓		
10	Referencias bibliográficas. Presenta 5 citas y referencias IEEE.	✓		
100%	CALIFICACIÓN.	100%		

**En caso de entregar después de la fecha y hora señalada, se descontará 10% en su calificación final de la unidad.

ITSSAT

ING.MECATRÓNICA

UNIDAD 2. MOMENTOS Y SISTEMAS EQUIVALENTES

INTEGRANTES:

UZIEL REYES MIXTEGA

ERICK BAZAN MATEOS

DOCENTE:

LORENA PALMA CRUZ

19/09/25



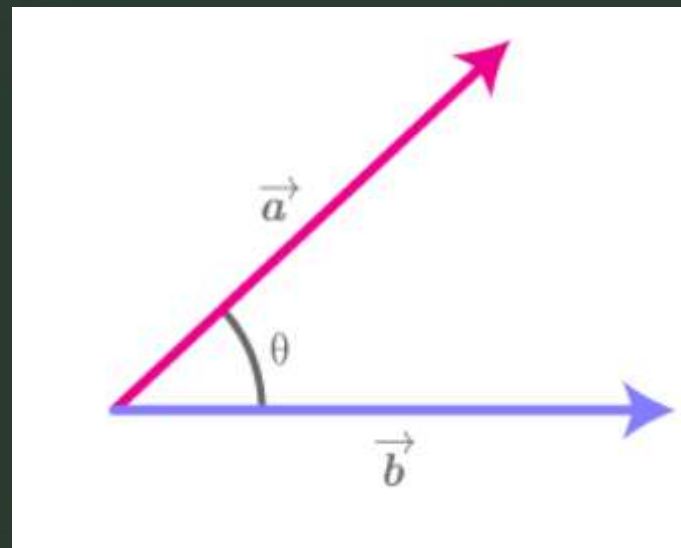
INSTITUTO TE
SAN AN

INTRODUCCIÓN

En estática, el análisis de las fuerzas y sus efectos en cuerpos rígidos requiere herramientas vectoriales y principios de álgebra. El producto punto **permite calcular proyecciones y trabajo**, el producto cruz **se utiliza en el estudio de momentos**, el principio de transmisibilidad **simplifica el análisis** al establecer que una fuerza **produce el mismo efecto** si se aplica en cualquier punto de su línea de acción. A su vez, el teorema de Varignon **facilita el cálculo de momentos** mediante la descomposición de fuerzas. Finalmente, el momento de una fuerza describe **la tendencia de un cuerpo a girar**, concepto clave para comprender el equilibrio en sistemas rígidos.

Escribe el concepto producto punto

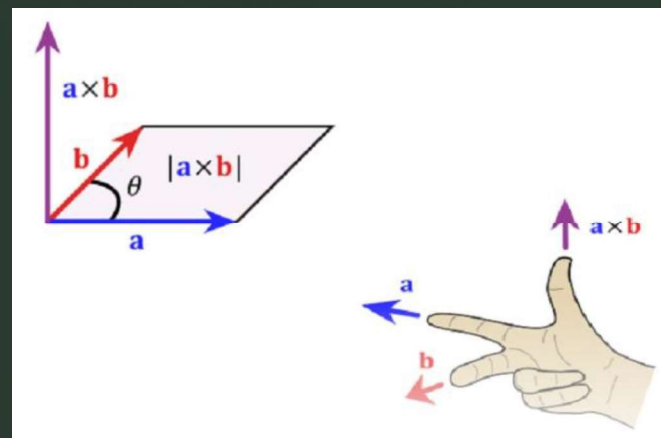
El producto punto, también conocido como el producto escalar, es una **operación binaria que toma dos vectores y devuelve un escalar**. Se define como el producto de las magnitudes de los vectores por el coseno del ángulo entre ellos.



Escribe el concepto producto cruz

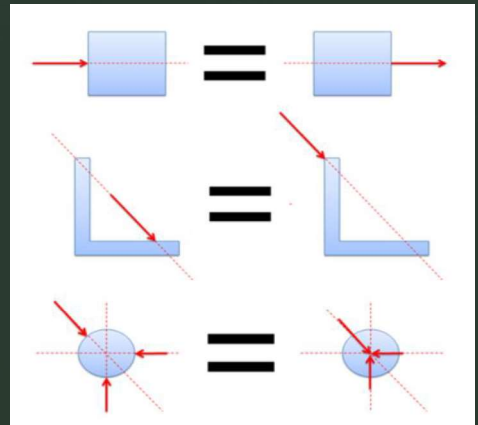
El producto cruz es otra de las operaciones vectoriales que se lleva a cabo entre vectores. El producto cruz **da como resultado un nuevo vector que es perpendicular al plano** en el que se encuentran los vectores involucrados en la operación.

Por ejemplo, $\vec{a} \times \vec{b}$ da como resultado el vector



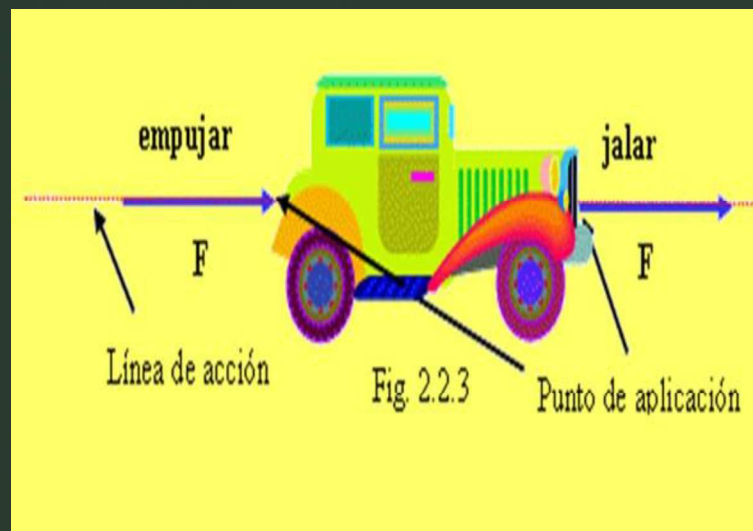
Enuncia el Principio de transmisibilidad

El principio de transmisibilidad establece que el punto de aplicación de una fuerza **puede moverse a cualquier parte a lo largo de su línea de acción sin cambiar las fuerzas de reacción externas sobre el cuerpo**.
Cualquier fuerza que tenga la misma magnitud y dirección, aplicada en cualquier punto de aplicación en algún lugar a lo largo de la línea de acción, **provocará la misma aceleración y dará como resultado el mismo movimiento**.
Por lo tanto, los puntos de aplicación de las fuerzas se pueden trasladar a lo largo de la línea de acción para simplificar el análisis.



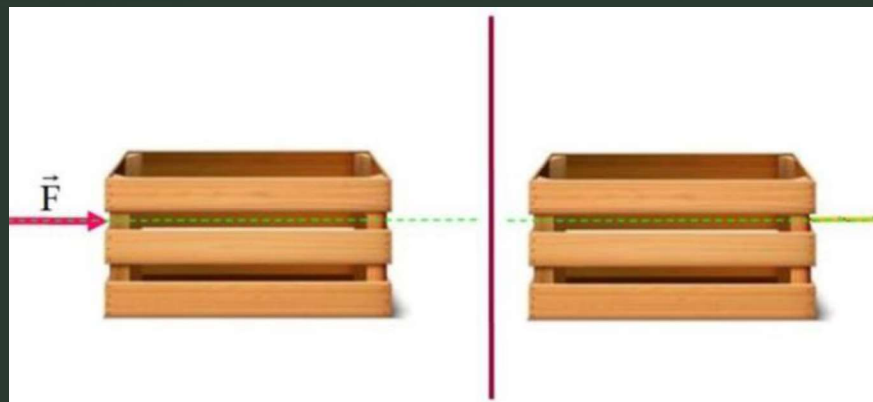
Ilustra mediante dos ejemplos Principio de transmisión

Un ejemplo de aplicación del principio de transmisión es cuando **un vehículo descompuesto se desea mover**. El vehículo se moverá **ya sea que sea jalado hacia adelante o empujando en la parte posterior**.



EJEMPLO 2

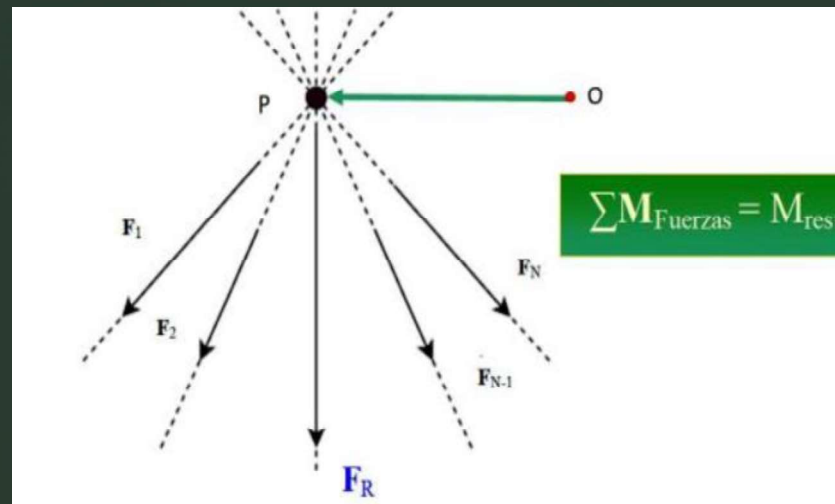
Supóngase que se tiene un baúl pesado sobre un plano horizontal. El efecto de empujarlo por el lado izquierdo es el mismo que el efecto de tirar de él por el lado derecho mediante una cuerda horizontal por el lado derecho. Si las fuerzas están aplicadas a lo largo de la línea horizontal que muestra. En tal caso, **el movimiento del baúl sobre el plano horizontal será el mismo.**



Enuncia y explica el Teorema de Varignon

El Teorema de Varignon establece que el momento de una fuerza respecto a un punto es igual a la suma de los momentos de las componentes de esa fuerza respecto a los mismos puntos. Matemáticamente:

$$M_o(F) = M_o(F_x) + M_o(F_y)$$



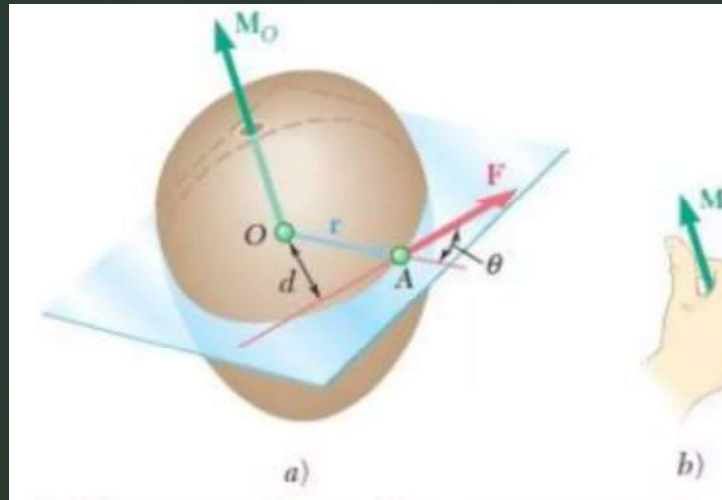
Explica qué es el momento de una fuerza

El momento de una fuerza respecto a un punto es la capacidad de esa fuerza a hacer girar un cuerpo alrededor de un punto.

Se calcula como:

$$M = F \cdot d$$

Donde F es la magnitud de la fuerza y d es la distancia perpendicular desde el punto hasta la línea de acción de la fuerza.



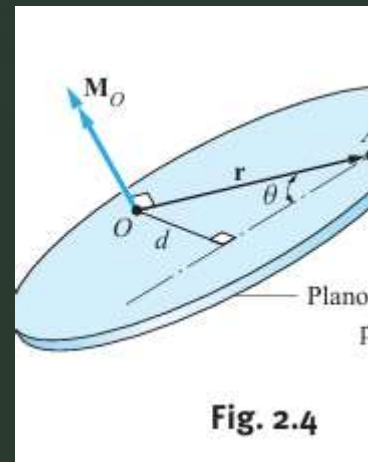
Define el concepto de momento de una fuerza respecto a un punto mediante el producto cruz

En forma vectorial, el momento de una fuerza respecto a un punto se define como:

$$\mathbf{M}_O = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$$

Donde \mathbf{r} es el vector de posición desde el punto O hasta la aplicación de la fuerza, y \mathbf{F} es el vector de la fuerza. El momento es un **vector perpendicular al plano** formado por \mathbf{r} y \mathbf{F} , siguiendo la regla de la mano derecha.

Magnitud: $|\mathbf{M}| = |\mathbf{r}| \cdot |\mathbf{F}| \cdot \sin \theta$



Conclusiones

En conclusión, la comprensión del producto punto como su relación con el principio de transmisibilidad de Varignon, **es fundamental para profundizar en la** A través de ejemplos claros y definiciones precisas de fuerza, hemos descubierto cómo estas herramientas **y resolver problemas complejos con precisión y e** Al aplicar estos conceptos, no solo optimizamos n teórica, sino que también **mejoramos nuestras ha situaciones reales.**

Fuente bibliográfica

- [1] Khan Academy, "Dot products — Multivariable calculus," *Khan Academy*. Disponible en: <https://es.khanacademy.org/math/multivariable-calculus/multivariable-function/x786f2022:vectors-and-matrices/a/dot-product/a1>
- [2] TuaulaVirtual Educatic UNAM, "Capítulo ..." *TuaulaVirtual Educatic UNAM*. Disponible en: <https://tuaulavirtual.educatic.unam.mx/mod/book/view.php?id=595>
- [3] Moore et al., *Mapa Mecánico: Equilibrio estático en sistemas de Transmisibilidad*, LibreTexts, español. Disponible en: [https://espanol.libretexts.org/Bookshelves/Ingenieria/Ingenieria_Mecanica/\(Moore_et_al.\)/02%3A_Equilibrio_est%C3%A1tico_en_sistemas_de_Transmisibilidad/A_Principio_de_Transmisibilidad](https://espanol.libretexts.org/Bookshelves/Ingenieria/Ingenieria_Mecanica/(Moore_et_al.)/02%3A_Equilibrio_est%C3%A1tico_en_sistemas_de_Transmisibilidad/A_Principio_de_Transmisibilidad)
- [4] V. Pérez López, *Principios de transmisibilidad*, Scribd. Disponible en: <https://es.scribd.com/presentation/453972263/Principios-de-transmisibilidad>
- [5] "Teorema de Varignon," *Lifeder*. Disponible en: <https://www.lifeder.com/teorema-de-varignon/>
- [6] J. R. Grimán Morales, *Momento de una fuerza con respecto a un punto*, Slideshare. Disponible en: <https://es.slideshare.net/slideshow/momento-de-una-fuerza-con-respecto-a-un-punto/145458797>
- [7] *Módulo 4 100712019* (Curso / documento PDF), "Módulo 4 ..." *Cruchi*. Disponible en: https://cruchi.com/assets/includes/modulos/modulo_4_100712019.pdf

DOCENTE: M.I. LORENA PALMA CRUZ	PERIODO: Agosto - Diciembre	FECHA: 30/10/25
ASIGNATURA: Física	UNIDAD No.: 2	GRUPO: 344-B
NOMBRE DE (LOS) ALUMNO (S): <u>Israel Reyes Velasco</u>		
NOMBRE DE LA UNIDAD: <u>Movimiento y 3.3- Las 4 Fuerzas</u>		

INSTRUCCIÓN

En la columna en blanco, colocar una "X" dependiendo de la evaluación obtenida por cada aspecto a evaluar. En el apartado "OBSERVACIONES" ocúpela cuando tengas que hacer comentarios referentes a lo observado.

ASPECTOS A EVALUAR	Excelente 100%	Notable 90%	Bueno 80%	Suficiente 70%	Insuficiente 0%
Orden y organización	El trabajo es presentado de una manera ordenada, clara y organizada que es fácil de leer. 10	El trabajo es presentado de una manera ordenada y organizada que es, por lo general, fácil de leer. 9	El trabajo es presentado de una manera organizada, pero puede ser difícil de leer. 8	El trabajo es presentado con un bajo índice de organización, no es fácil de leer. 7	El trabajo se ve desorganizado y desorganizado. Es difícil saber qué información está relacionada. 0
Conceptos, terminología y notación.	La terminología, y notación siempre fueron aplicadas de forma correcta, haciendo fácil de entender lo que ha realizado, demostrando completo entendimiento de los conceptos al aplicarlos en la solución del problema. 20	La terminología y notación fueron aplicadas por lo general de forma correcta, haciendo fácil de entender lo que ha realizado, demostrando sustancial de los conceptos aplicados para resolver problemas. 18	La terminología y notación fueron aplicadas de forma correcta, pero algunas veces no es fácil de entender lo que ha realizado, demuestra algún entendimiento de los conceptos necesarios para resolver problemas. 16	La terminología y notación ocasionalmente fueron aplicadas forma correcta, en ocasiones no es fácil de entender lo que ha realizado, demuestra algún entendimiento de los conceptos básicos para resolver problemas. 14	En general, aplica inapropiadamente la terminología y la notación, demostrando un entendimiento muy limitado de los conceptos subyacentes necesarios para resolver problemas. 0
Metodología y resultados.	El 90-100% de la metodología y resultados no contiene errores de cálculo, aplica una estrategia eficiente y efectiva para resolver problemas. 40	Casi todos (85-89%) los pasos y soluciones no contienen errores de cálculo, por lo general utiliza una estrategia efectiva para resolver los problemas. 36	La mayor parte (75-85%) de los pasos y soluciones no tienen errores de cálculo. Algunas veces usa una estrategia efectiva para resolver problemas. 32	Más del 70% de los pasos y soluciones no tienen errores de cálculo. Algunas veces usa una estrategia efectiva para resolver problemas, pero no lo hace consistentemente. 28	Más del 70% de los pasos y soluciones contienen errores matemáticos. Raramente usa una estrategia efectiva para resolver problemas. 0
Cumplimiento	Todos los problemas fueron resueltos 30	Todos menos uno de los problemas fueron resueltos 27	Todos menos dos de los problemas fueron resueltos. 24	Todos menos tres de los problemas fueron resueltos 21	Cuatro o más problemas no fueron resueltos. 0
CALIFICACIÓN:	100%				
OBSERVACIONES:					

**En caso de entregar después de la fecha y hora señalada, se descontará 10% en su calificación final de la unidad.

- Suma de componentes

$$R_x = F_{Ax} + 0 = 86.60 \text{ N}$$

$$R_y = F_{Ay} + F_{Pr} = -50 + (-115) = -165 \text{ N}$$

→ fuerza resultante en D es:

$$\vec{R} = 86.60\hat{i} - 165\hat{j} \text{ N}$$

- Calcular el momento (Par) resultante en

- Punto A: (0, 0.30 m)

- Punto B: (0.225, 0.30 m)

- Punto D: (0.56, 0.20 m) > Calcular el momento

$M_A (100 \text{ N})$

$$\vec{r}_{A/D} = \vec{r}_A - \vec{r}_D = (0 - 0.56, 0.30 - 0.20) = (-0.56, 0.10) \text{ m}$$

$$\vec{F}_A = (86.60, -50) \text{ N} \quad M_A = \vec{r}_{A/D} \times \vec{F}_A$$

$$M_A = (-0.56)(-50) - (0.10)(86.60) = 28 - 8.66 = 19.34 \text{ N/m}$$

$M_B (115 \text{ N})$

$$\vec{r}_{B/D} = \vec{r}_B - \vec{r}_D = (0.225 - 0.56, 0.30 - 0.20) = (-0.335, 0.10) \text{ m}$$

$$\vec{F}_B = (0, -115 \text{ N})$$

$$M_B = (-0.335)(-115) - (0.10)(0) = 38.525 \text{ N/m}$$

Momento total en D.

$$M_D = M_A + M_B = 19.34 + 38.525 = 57.865 \text{ N/m}$$

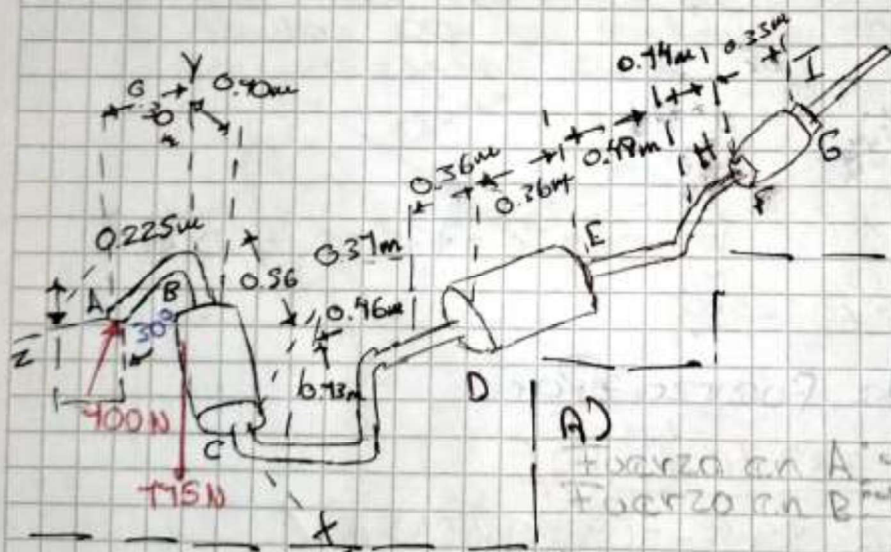
B) - El tubo CD tiende a rotar en el sentido de las manecillas del reloj

Por que el momento resultante en D hace que el eje de rotación derecho del tubo gire y el momento baje.

3.924. Un mecánico reemplaza el sistema de escape de un automóvil al asejorar físicamente el convertidor catalítico FC a sus mangueras de montaje H e I para después ensamblar de manera holgada a las mangueras y los tubos de escape. Para colocarse tubo de salida AB, lo empuja hacia adentro y hacia arriba en A mientras lo jala hacia abajo B.

a) Reemplace el sistema de fuerzas dado por un sistema fuerza-par equivalente a D.

b) Determine si el tubo CD tiende a rotar en el sentido de las manecillas del reloj o en el sentido inverso en relación con el eje DE, según lo observe el mecánico.



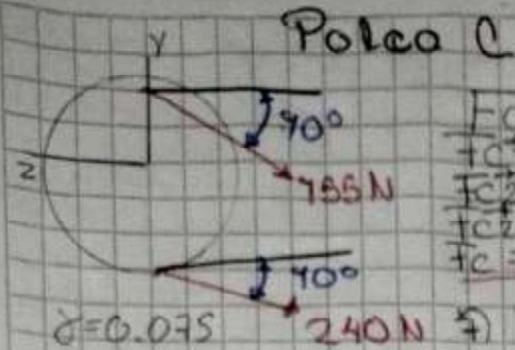
(A)
Fuerza en A: 400 N, 30°
Fuerza en B: 175 N

Descomposición Fuerza
400 N componentes X e Y

Componente X: $F_{AX} = 400 \cdot (\cos 30^\circ) = 400 \cdot \sqrt{3}/2 = 866 \text{ N}$

Componente Y: $F_{AY} = 400 \cdot (\sin 30^\circ) = 400 \cdot 0.5 = 200 \text{ N}$

Fuerza B solo tiene componente Y: $F_{BY} = 175 \text{ N}$



$$\begin{aligned} \vec{F}_C &= -155 \sin(40) \hat{j} - 155 \cos(40) \hat{k} = \\ \vec{F}_C &= -26.92 \hat{j} - 152.65 \hat{k} \\ \vec{F}_C &= -240 \sin(40) \hat{j} - 240 \cos(40) \hat{k} = \\ \vec{F}_C &= -41.68 \hat{j} - 236.35 \hat{k} \\ \vec{F}_C &= -68.60 \hat{j} - 389 \hat{k} \text{ N} \end{aligned}$$

$$\delta = 0.075 \quad \vec{M}_C = (0.075)(240) - (0.075)(155) \\ \vec{M}_C = 6.375 \hat{j} \text{ (N}\cdot\text{m)}$$

$$\vec{F}_A = \vec{F}_B + \vec{F}_C$$

$$\begin{aligned} \vec{F}_A &= -479.86 \hat{j} - 339.47 \hat{k} \text{ (N)} \\ \vec{M}_A &= \vec{M}_B + \vec{M}_C + \delta_B \times \vec{F}_B + \delta_C \times \vec{F}_C \\ \delta_B &= 0.225 \hat{j} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{c|ccc} \vec{OB} \times \vec{FB} & \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ \hline & 2.5 & 0 & 0 \\ & 0 & -35.26 & 49.59 \end{array} \quad \vec{OB} \times \vec{FB} = -17.76 \hat{j} - 79.08 \hat{k}$$

$$\delta_C = 0.45 \hat{j}$$

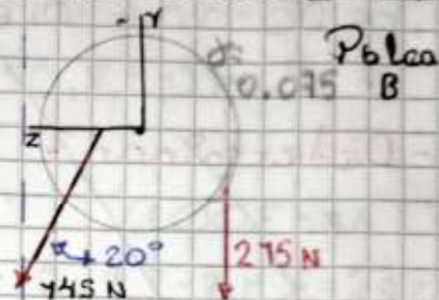
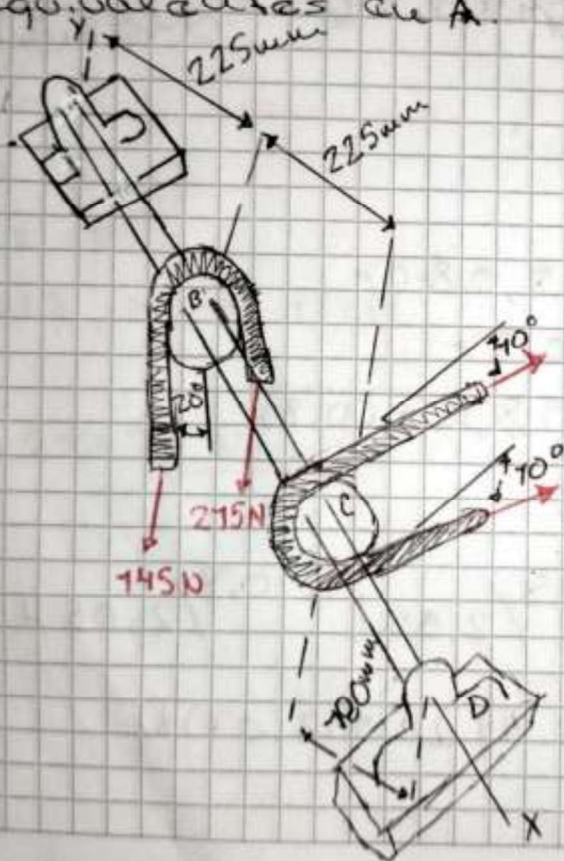
$$\begin{array}{c|ccc} \vec{OC} \times \vec{FC} & \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ \hline & 0.45 & 0 & 0 \\ & 0 & -68.60 & -389 \end{array} \quad \vec{OC} \times \vec{FC} = 175.05 \hat{j} - 30.87 \hat{k}$$

- Sistema de Fuerza-Par

$$\begin{aligned} \vec{F}_A &= -479.86 \hat{j} - 339.47 \hat{k} \text{ (N)} \\ \vec{M}_A &= 1.73 \hat{j} + 463.89 \hat{j} - 109.09 \hat{k} \text{ (N}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

$$M_{CB} = -270.72 \text{ N}\cdot\text{m}$$

5.120. Dos poleas de 450 mm de diámetro se montan sobre el eje en punto A. Las bandas de las poleas B y C están colocadas en planos verticales perpendiculares al eje yz . Reemplaza las fuerzas de las bandas por un sistema de fuerza-par equivalentes en A.

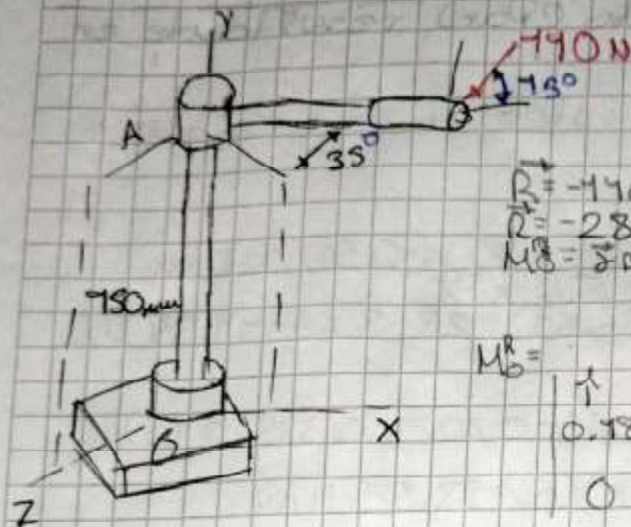


$$\begin{aligned} F_{B1} &= -275 \text{ j} \\ F_{B2} &= -445 \cos(20^\circ) + 275 \sin(20^\circ) = -367.26 \text{ j} + 49.59 \text{ k} \\ F_B &= -367.26 \text{ j} + 49.59 \text{ k} \end{aligned}$$

$$M_B = (0.035)(445) - (0.035)(275)$$

$$M_B = -5.25 \text{ j} \text{ (N}\cdot\text{m)}$$

3455 Una fuerza de 490 N, que actúa en un plano vertical paralelo al plano yz , se aplica a lo largo de la longitud de una llave de 220 mm de la longitud de una llave de 220 mm. Reemplaza la fuerza por un sistema fuerza-par equivalente en el origen O del sistema de coordenadas.



$$\vec{F} = -490 \sin 75^\circ \hat{j} + 490 \cos 75^\circ \hat{k}$$

$$\vec{F} = -28.47 \hat{j} + 106.25 \hat{k}$$

$$\vec{M}_O = \vec{r} \times \vec{F}$$

$$\vec{M}_O = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 0 & 0.180 & 0.15 \\ 0 & -28.47 & 106.25 \end{vmatrix}$$

$$\vec{M}_O = 12.692 \hat{i}, -4.640 \hat{j}, -4.640 \hat{k}$$

INSTITUTO TECNOLÒGICO SUPERIOR DE SAN ANDRES TUXTLA		PRODUCTO: PRACTICA (lista de cotejo)		
ASIGNATURA: Estática		GRUPO: 311B	PERIODO: Agosto-Dic 2025	
DOCENTE: M.I. LORENA PALMA CRUZ		FECHA: 3/11/2025		
NOMBRE DE (LOS) ALUMNO (S): Angel Emmanuel Pérez Dolores Rafael Montero Anota Uziel Reyes Mixtega Erick Bazan Mateos Even Jacobo Cagal Prieto		UNIDAD No. 2		
		NOMBRE DE LA UNIDAD: Momentos y sistemas equivalentes de fuerza		
INSTRUCCIÓN				
Revisar los documentos o actividades que se solicitan y marque en los apartados "SI" cuando la evidencia a evaluar se cumple; en caso contrario marque "NO". En la columna "OBSERVACIONES" ocúpela cuando tenga que hacer comentarios referentes a lo observado.				
VALOR %	CARACTERÍSTICA A CUMPLIR (REACTIVO)	CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
5	Presentación. Al inicio del código contiene el nombre de los integrantes del equipo y la descripción del problema a resolver.		✓	
10	Funcionalidad. Compila y se ejecuta correctamente.	✓		
10	Eficiencia. El código es claro, eficiente y legible.	✓		
10	Documentación. Documenta el código con comentarios significativos y legibles.	✓		
5	Variables. Las variables y métodos tienen nombres significativos.	✓		
10	Interacción. Contiene los controles e información necesarios para que el usuario sepa lo que el programa espera que haga y de cómo realizar dichas actividades.		✓	
20	Reporte. Explica breve y sustancialmente el código de programación.	✓		
20	Resultados. Presenta los resultados obtenidos realizando observaciones de forma acertada, incluyendo capturas de pantalla que aclaran la redacción.	✓		
10	Conclusión. Redacta las conclusiones acorde al objetivo planteado.	✓		
100%	CALIFICACIÓN.	85%		

**En caso de entregar después de la fecha y hora señalada, se descontará 10% en su calificación final de la unidad.



Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla



Ingeniería Mecatrónica

Grupo: 311-B.

Materia:
Estática.

Unidad II
Práctica.

Docente:
M.I. Lorena Palma Cruz.

Alumnos:
Ángel Emmanuel Pérez Dolores.
Even Jacobo Cagal Prieto.
Erick Bazán Mateos.
Rafael Montero Anota.
Uziel Reyes Mixtega.

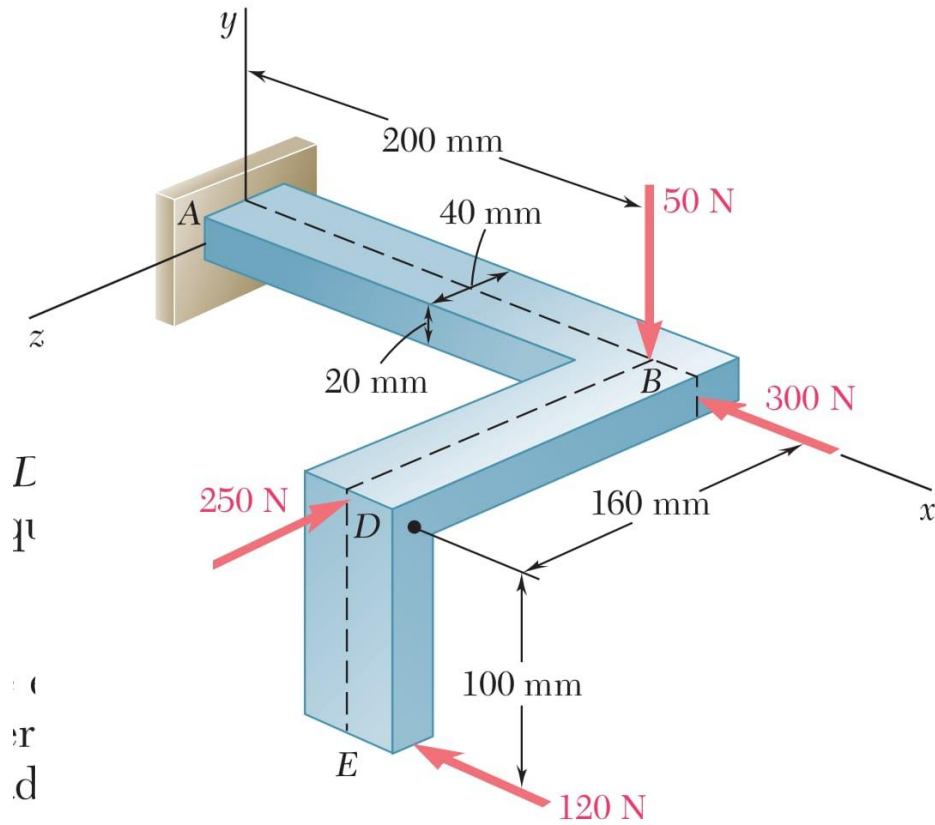
Sán Andrés Tuxtla Ver, a 02 de Noviembre del 2025.

Introducción.

En esta práctica se desarrolló un programa en lenguaje C++ con el objetivo de analizar un sistema de fuerzas aplicado a un componente mecánico. El propósito principal fue reemplazar las fuerzas distribuidas en diferentes puntos del elemento por un sistema equivalente fuerza-par en un punto de referencia. Para lograrlo, se aplicaron los principios del equilibrio de cuerpos rígidos y las operaciones vectoriales, como la suma de fuerzas y el producto cruzado para el cálculo de momentos.

Descripción del problema:

3.119. Cuatro fuerzas se aplican al componente de máquina ABDE como se muestra en la figura. Reemplace estas fuerzas por un sistema equivalente fuerza-par en A.



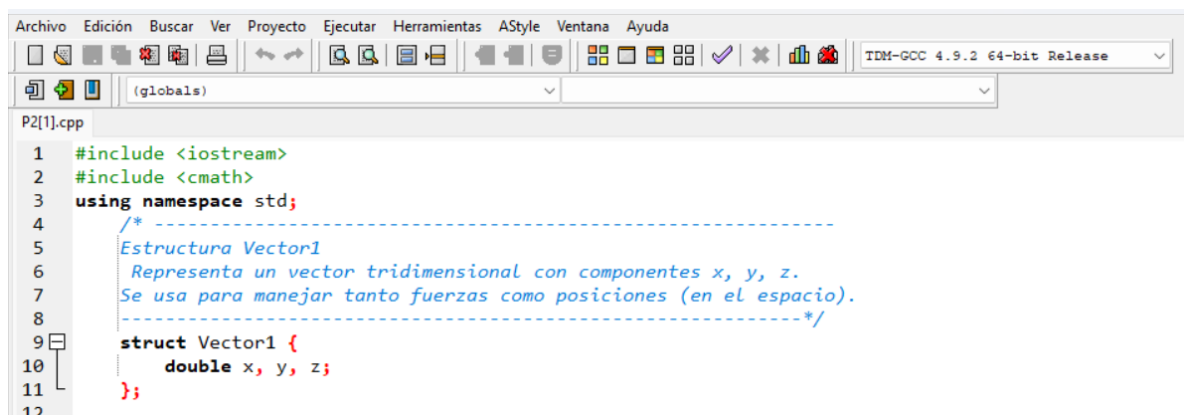
Descripción del Programa

Se incluyen las librerías:

<iostream> para manejar entradas y salidas en consola.

<cmath> para operaciones matemáticas

Para empezar a desarrollar el programa se define una estructura que representará vectores, una estructura puede agrupar varias variables bajo un solo nombre, en este caso x,y,z:



```
1 #include <iostream>
2 #include <cmath>
3 using namespace std;
4
5 /*-----
6  Estructura Vector1
7  Representa un vector tridimensional con componentes x, y, z.
8  Se usa para manejar tanto fuerzas como posiciones (en el espacio).
9  -----*/
10 struct Vector1 {
11     double x, y, z;
12 }
```

Lo siguiente es calcular el momento de cada fuerza ejercida, creando una función llamada “cross”

Esta función calcula el producto cruzado entre dos vectores:

```
/*-----
Calculamos el producto cruzado entre dos vectores 'a' y 'b'.
Fórmulas:
c.x = a.y*b.z - a.z*b.y
c.y = a.z*b.x - a.x*b.z
c.z = a.x*b.y - a.y*b.x
El resultado es un vector perpendicular a ambos vectores, útil para calcular momentos (r x F).
-----*/
Vector1 cross(const Vector1 &a, const Vector1 &b) {
    Vector1 c;
    c.x = a.y*b.z - a.z*b.y;
    c.y = a.z*b.x - a.x*b.z;
    c.z = a.x*b.y - a.y*b.x;
    return c;
}
```

El resultado nos dará otro vector perpendicular a ambos, sirve para calcular los momentos producidos por las fuerzas respecto al punto A.

Después se realiza la suma de los vectores, este apartado realiza la suma de dos vectores, componente a componente, se crea una función llamada "add":

```
/* -----  
Realiza la suma de dos vectores 'a' y 'b'.  
Retorna un nuevo vector con la suma de cada componente:  
(x, y, z) = (a.x + b.x, a.y + b.y, a.z + b.z)  
-----*/  
Vector1 add(const Vector1 &a, const Vector1 &b) {  
    return {a.x + b.x, a.y + b.y, a.z + b.z};  
}
```

Dentro del int main se empezará a colocar los datos, primero se definen los puntos de aplicación de las fuerzas con respecto al punto A, en sus componentes x, y, z:

```
int main() {  
    /* -----  
    Coordenadas de los puntos (en milímetros)  
    rB, rD y rE son los vectores de posición desde A hasta  
    los puntos donde se aplican las fuerzas.  
    -----*/  
    Vector1 rB = {200, 0, 0}; // Punto B: 200 mm en eje X  
    Vector1 rD = {200, 0, 160}; // Punto D: 200 mm en X, 160 mm en Z  
    Vector1 rE = {200, -100, 160}; // Punto E: 200 mm en X, -100 mm en Y, 160 mm en Z
```

Se omite a C debido a que el resultado de su momento es 0 por estar en el punto de aplicación.

Después se definen las fuerzas, en componentes x, y, z:

```
// -----  
// Definición de fuerzas aplicadas en cada punto (en Newtons)  
// Cada vector F tiene componentes en (x, y, z)  
// -----  
Vector1 F1 = {0, -50, 0}; // Fuerza en B, dirigida hacia -Y  
Vector1 F2 = {-300, 0, 0}; // Fuerza en C, dirigida hacia -X  
Vector1 F3 = {0, 0, -250}; // Fuerza en D, dirigida hacia -Z  
Vector1 F4 = {-120, 0, 0}; // Fuerza en E, dirigida hacia -X
```

Después se calcula la fuerza resultante utilizando la función add:

```
/* -----  
Calculamos de la fuerza resultante es decir la suma vectorial de todas las fuerzas aplicadas.  
-----*/  
Vector1 R = add(add(add(F1, F2), F3), F4);
```

Se suman todas las fuerzas para obtener la **fuerza total R** que sustituye a las cuatro.

A continuación, se calcula el momento de cada una de las fuerzas con el producto cruzado $\vec{r} \times \vec{F}$ utilizando la función cross:

```
/* -----  
Calculamos del momento en A ( $r \times F$ )  
Se calcula el momento de cada fuerza respecto al punto A,  
usando el producto cruzado entre el vector posición (r)  
y la fuerza (F) omitiendo la fuerza de -300N ya que pasa por el origen  
-----*/  
Vector1 M1 = cross(rB, F1);    // Momento de F1 respecto a A  
Vector1 M3 = cross(rD, F3);    // Momento de F3 respecto a A  
Vector1 M4 = cross(rE, F4);    // Momento de F4 respecto a A
```

Luego se suman los momentos:

```
// Suma de momentos individuales para obtener el momento total  
Vector1 M = add(add(M1, M3), M4);
```

Como las distancias estaban en milímetros, los momentos quedan en N·mm, y se convierten a N·m dividiendo entre 1000.:

```
//convertimos N*mm a N*m  
M.x /= 1000.0;  
M.y /= 1000.0;  
M.z /= 1000.0;
```

Se muestra el resultado final con dos decimales

```
//configuramos la salida de números de punto flotante para que se muestren en notación de punto fijo en lugar de notación científica utilizando solo 2 decimales  
cout.setf(std::ios::fixed);  
cout.precision(2);
```

Se imprime los resultados obtenidos:

```
// Imprimimos los resultados
cout << "===== RESULTADOS (Fuerza-Par en A) =====\n";
cout << "\nFuerza resultante R = (" << R.x << "i, " << R.y << "j, " << R.z << "k) N\n";
cout << "\nMomento en A = (" << M.x << "i, " << M.y << "j, " << M.z << "k) N*m\n";

return 0;
}
```

Resultado:

Finalmente, el código entrega un sistema fuerza-par en A, que equivale a todas las fuerzas originales:

```
===== RESULTADOS (Fuerza-Par en A) =====

Fuerza resultante R = (-420.00i, -50.00j, -250.00k) N

Momento en A = (0.00i, 30.80j, -22.00k) N*m

-----
Process exited after 2.152 seconds with return value 0
Presione una tecla para continuar . . . |
```

Conclusión.

La elaboración de este programa permitió comprender la importancia del análisis vectorial en la resolución de problemas de estática y cómo la programación puede simplificar el tratamiento de sistemas tridimensionales de fuerzas.

Fuentes Consultadas:

[1] F. P. Beer, E. R. Johnston, D. F. Mazurek, P. J. Cornwell, and B. P. Self, *Mecánica Vectorial para Ingenieros: Estática*, 9th ed. México: McGraw-Hill Education, 2010.