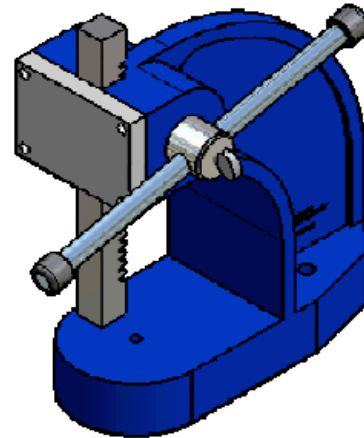
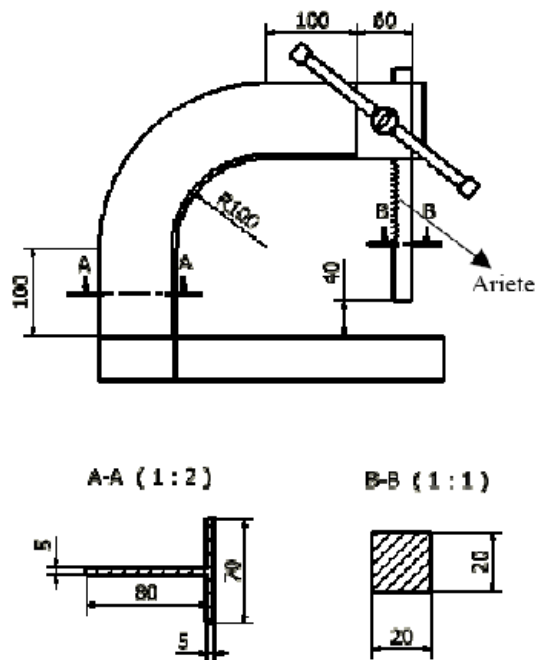


## Tarea 3

Se muestra un diseño de una prensa tipo árbol de acero ( $E = 205 \text{ GPa}$ ). Para una fuerza de apriete  $P = 2,5 \text{ kN}$ , se pide calcular la cantidad de vueltas que hay que darle al mango, considerando que hay un engrane de paso 2 mm conectado al "ariete".

El plano simplificado de la prensa es el siguiente



Observaciones:

- Considerar la base de la prensa como infinitamente rígida.
- Para efectos de cálculo, suponer que toda la estructura tiene una sección transversal como la A-A (exceptuando el "ariete").
- El ariete se considera como un bloque macizo con dimensiones mostradas en el corte B-B en todo su largo.

**Solución por ANSYS**

El programa se encuentra en la sala chica de computadores del Departamento. Para acceder se deben usar los siguientes datos:

Login: ansysicm

Pass: wb2007

Domain: (Maquina Local), donde maquina Local corresponde a: LABICM17, LABICM18, LABICM19, LABICM20

Además hay una licencia más en el laboratorio grande de San Agustín que no necesita usuarios especiales, pero no tiene Inventor.

El programa se llama ANSYS Workbench 11, con este programa hay muchas maneras de lograr el mismo resultado, analizar una pieza, sin embargo aquí se muestra sólo una.

Los pasos básicos del análisis estático en el programa son:

1. Crear o importar la geometría del problema
2. Seleccionar tipo de análisis y el material del elemento
3. Aplicar cargas y apoyos
4. Seleccionar tipo de resultados y resolver

Primero creamos la geometría del problema en Inventor según los planos del enunciado. El detalle del modelo se muestra en la figura 1.

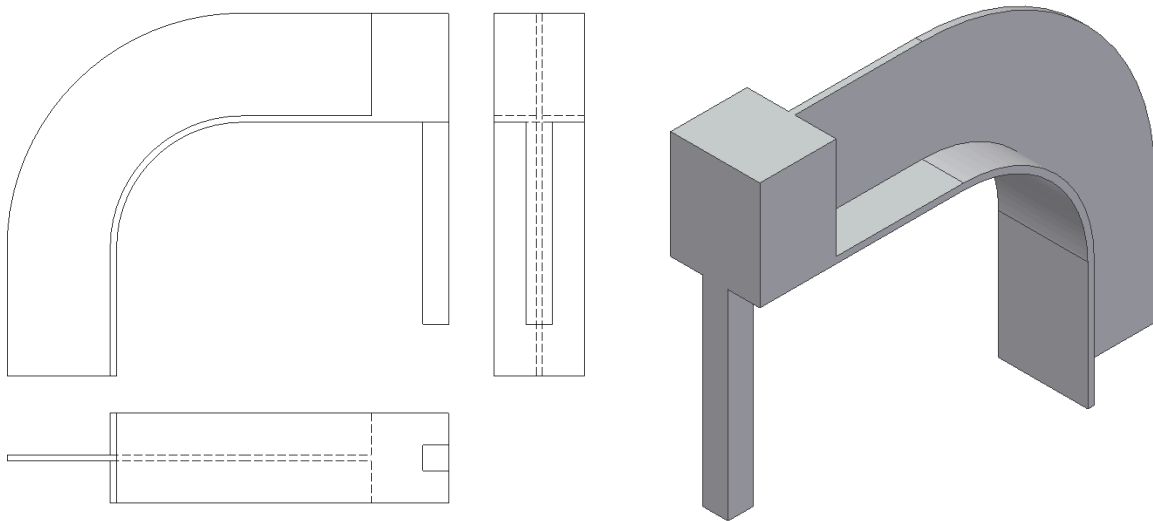


Figura 1. Modelo obtenido con las medidas del enunciado. Hecho en Inventor.

Ahora, en la pantalla de inicio de ANSYS seleccionamos “Empty Project”.

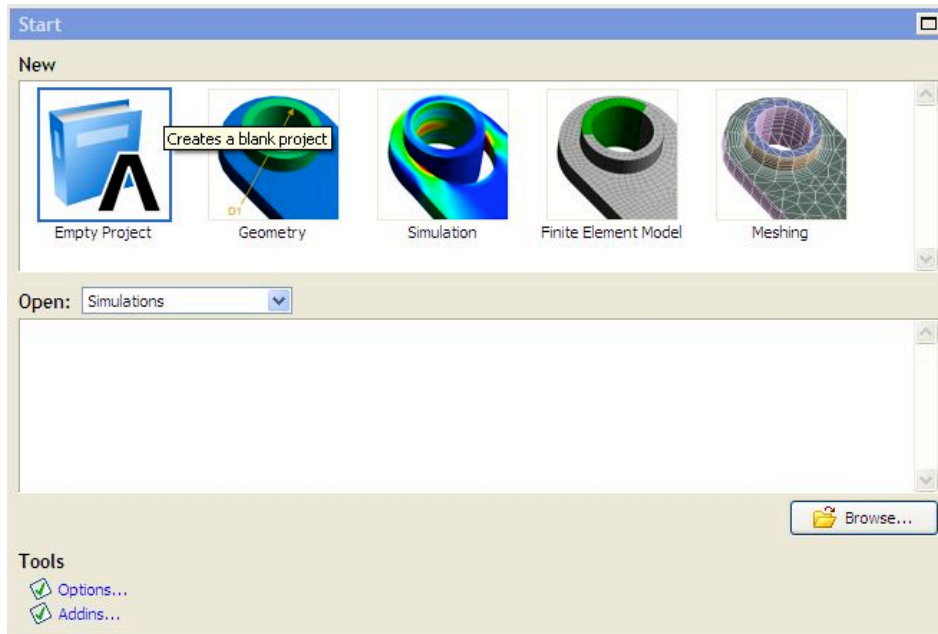


Figura 2. Inicio de ANSYS

Ahora si estamos trabajando con el programa. ANSYS funciona con un sistema de pestañas y proyectos. Así se pueden tener varias geometrías y simulaciones entrelazadas. No obstante nuestro análisis estático es prácticamente lo mínimo que se puede hacer. Se recomienda investigar el programa ya que es de mucha utilidad en cursos posteriores.



Figura 3. Sistema de pestañas.

## Paso 1

El primer paso es importar la geometría. Nuevamente hay que tener en cuenta que hay muchas maneras de hacer esto. Una de ellas es la siguiente: en la pestaña “Project” seleccionar “New Geometry” en el menú de la izquierda. En esta parte es mejor tener Inventor abierto para evitar problemas entre los programas. Así se abre una nueva pestaña: “DesignModeler”, en “file” buscar la opción de importar geometría, buscamos nuestro archivo IPT y lo abrimos.

Si todo sale bien no va a aparecer ningún modelo en la pestaña correspondiente, solamente cuando apretamos “Generate” se importa el modelo.

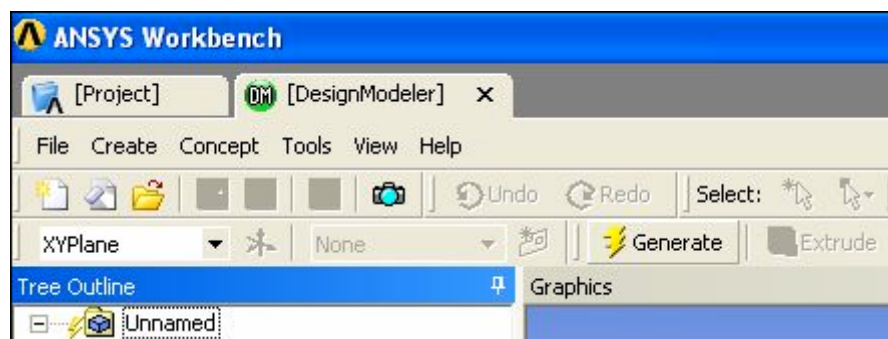


Figura 4. Generate.

Ahora con la geometría lista podemos pasar al siguiente paso.

## Paso 2

Vamos a la pestaña “Project” y tenemos disponible la opción de una nueva simulación. En la pestaña “Simulation” buscamos New Analysis → Static Structural.



Figura 5. Tipo de análisis

En la figura anterior se ve además el botón de “Simulation Wizard” (👉), bajo el título de la pestaña. Se trata de un mini tutorial que muestra y chequea cada paso del análisis. Si están perdidos da indicaciones claras de que hacer.

Lo siguiente es comprobar el material. Hay que buscar en el menú izquierdo de la pestaña de simulación, esta en Project → Model → Geometry → nombre\_modelo.IPT, luego abajo en “Details of “nombre\_modelo.IPT” vamos a “Definition” para ver las propiedades del material por defecto: “Structural Steel” debemos editarlo. Se abrirá una nueva pestaña: “Engineering Data” donde hay muchas propiedades del material, todas se pueden editar. Debemos contar con acero con  $E = 205$  GPa según el enunciado.

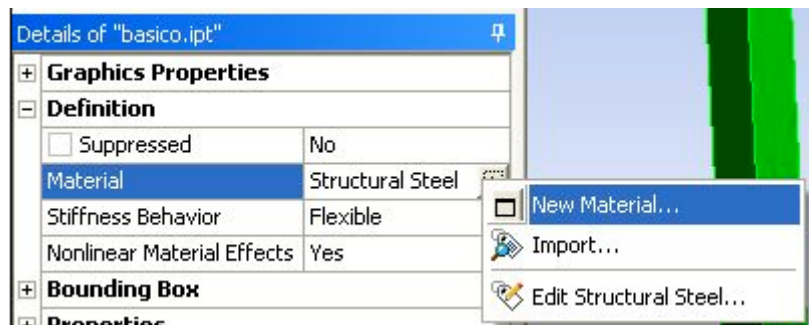


Figura 6. Propiedades del material.

### Paso 3

Está todo listo para aplicar fuerzas y apoyos. A diferencia de otros programas de elementos finitos que utilizan nodos del mallado, ANSYS aplica cargas (y apoyos) sobre ciertas partes o áreas del elemento.

De ahora en adelante usaremos sólo la pestaña “Simulation”. En el menu de la izquierda Buscamos seleccionamos “Static Structural”, con ello aparece la barra de herramientas “Environment”, ahí apretamos el botón “Loads” y seleccionamos “Force”.

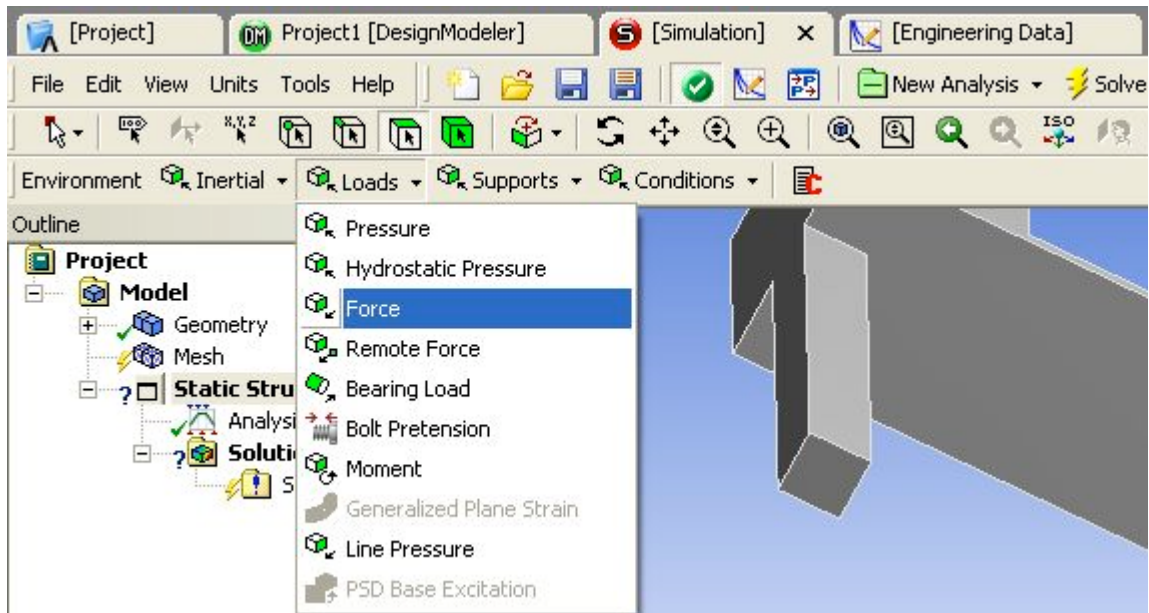


Figura 7. Botón de cargas.

Lo siguiente es:

Seleccionar el área, o parte de la pieza donde se aplica la fuerza. En el menú izquierdo, en detalles de la fuerza → Scope → Geometry → Apply. Lo que hicimos fue aceptar el área que se seleccionó antes.

Después debemos ver la orientación y magnitud de la fuerza. Hay que fijarse bien durante cuánto tiempo estamos aplicando la fuerza. En ANSYS se puede hacer análisis estático pero que cambie en cada segundo. Por lo tanto el nuestro será constante por 1 segundo. Fijarse en "Tabular Data" abajo a la derecha y en "Timeline" que está abajo al centro para ver como quedan las fuerzas.

También hay que seleccionar la orientación y el sentido de la fuerza. Se puede hacer en base a cualquier dirección que tenga el modelo o bien a componentes vectoriales. En nuestro caso lo haremos en función del modelo.

Escribimos 2500 N de magnitud según el enunciado del problema, hay fijarse que sea una fuerza constante en "un segundo de análisis", para esto vemos "Tabular data".

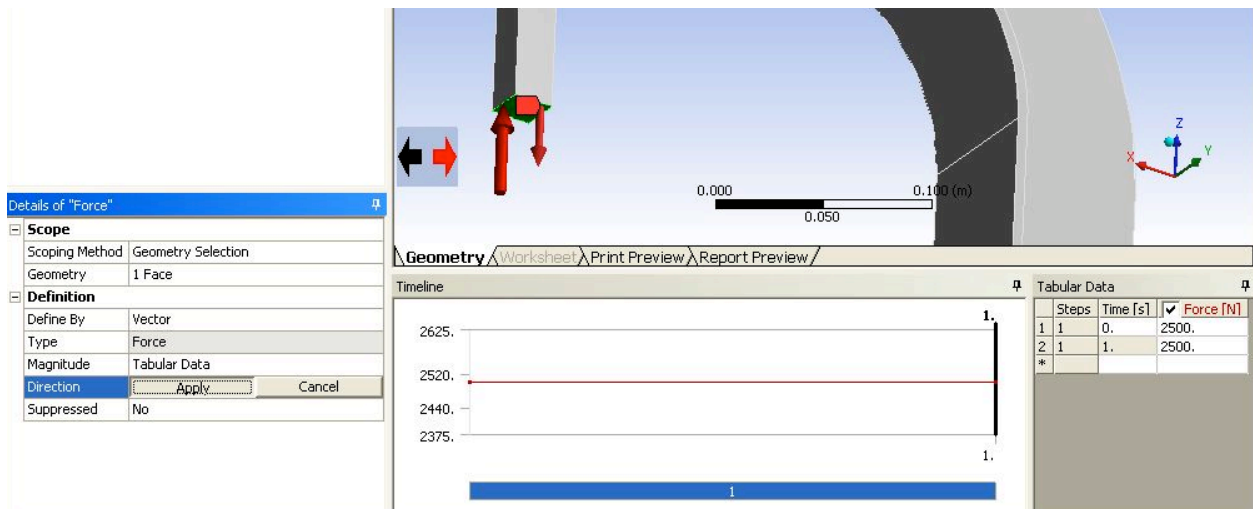


Figura 8. Ubicación, magnitud, orientación, sentido y duración de la fuerza

Para los apoyos el proceso es análogo. En la barra "Environment" al lado del botón "Loads" está "Supports", ahí seleccionamos "Fixed Support" ya que la prensa está fija a su base. Para los apoyos de este tipo sólo debemos seleccionar el área donde actúa (Scope).

## Paso 4

Está todo listo, ahora sólo debemos seleccionar que resultados queremos que ANSYS calcule. Es mejor seleccionar varios tipos desde un comienzo, sino ANSYS deberá calcular de nuevo (y se demora).

En el menú de la izquierda en “Static Structural” pasamos a “Solution”

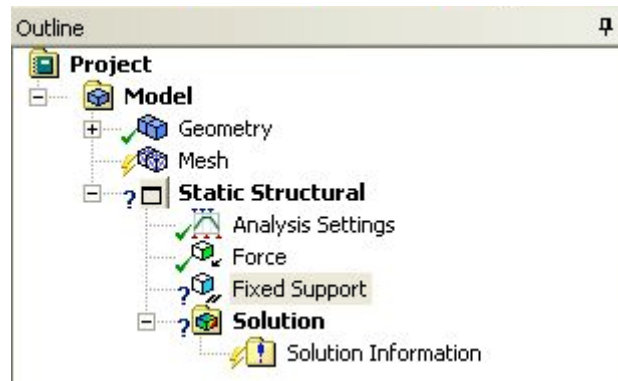


Figura 9. Seleccionar resultados

Con esto la barra de herramientas “Environment” cambia a “Solution”. En esta nueva barra seleccionamos que resultados queremos, tanto para desplazamiento, esfuerzo y deformación. En este problema sólo queremos conocer el desplazamiento, pero seleccionaremos “Equivalent Elastic Strain”, “Equivalent Stress” y “Total deformation”, sólo para tener más información del problema y de Ansys.

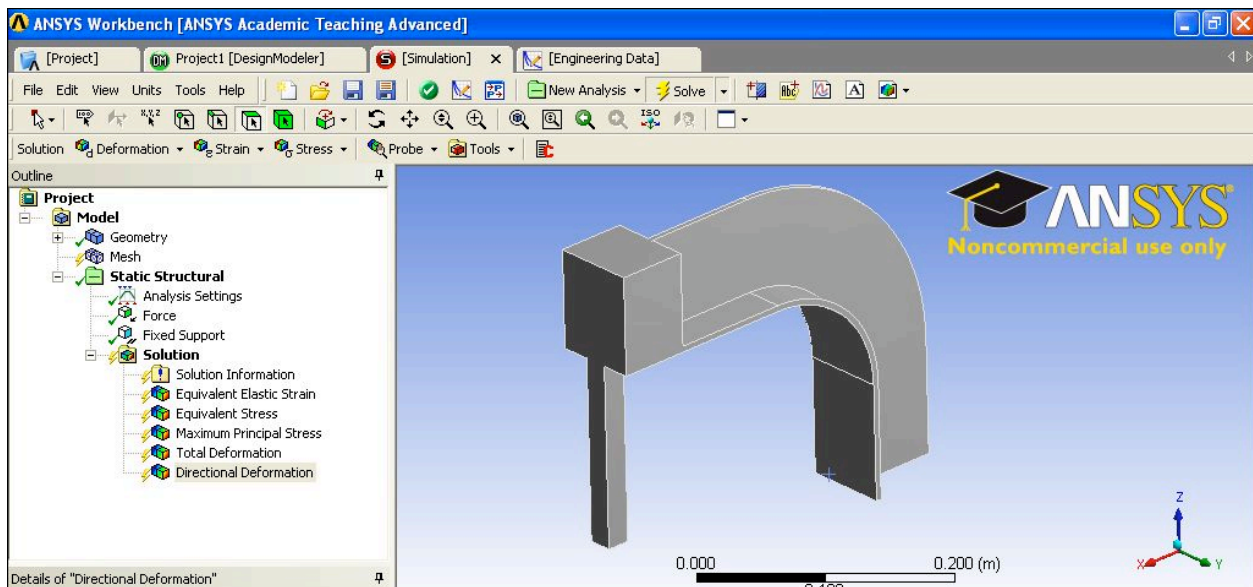


Figura 10. Clic en Solve



Ahora apretamos "Solve" y esperamos unos minutos por los resultados. En el menú izquierdo, en "Solution" podemos seleccionar cada resultado.

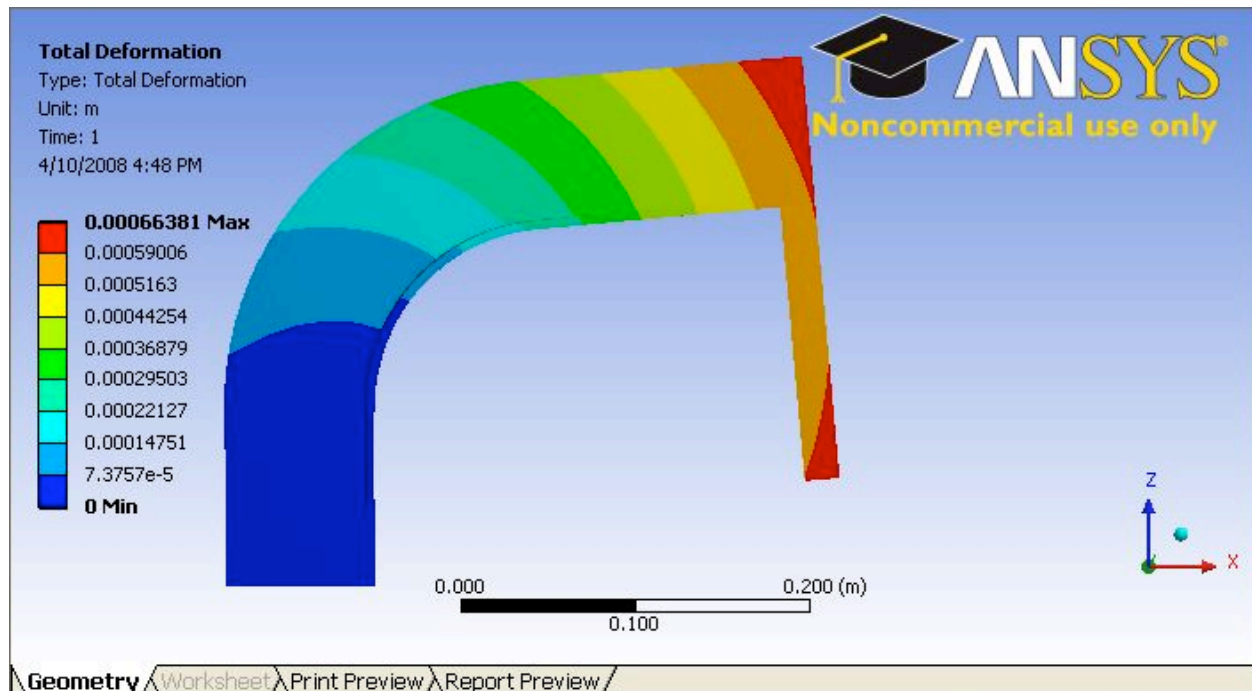


Figura 11. Resultados para el desplazamiento Total

Como el desplazamiento máximo es 0.66 mm dividiendo por el paso obtenemos

$$N = 0.66 / 2 = 0.33 \text{ vueltas}$$

Con la solución analítica, usando Castigliano de vigas curvas y despreciando el efecto del corte da un desplazamiento de la punta del ariete de 0.48 mm, luego hay que dar 0.24 vueltas.

De los otros resultados podemos ver por ejemplo la distribución de esfuerzos y su concentración al inicio de la curvatura de la prensa.

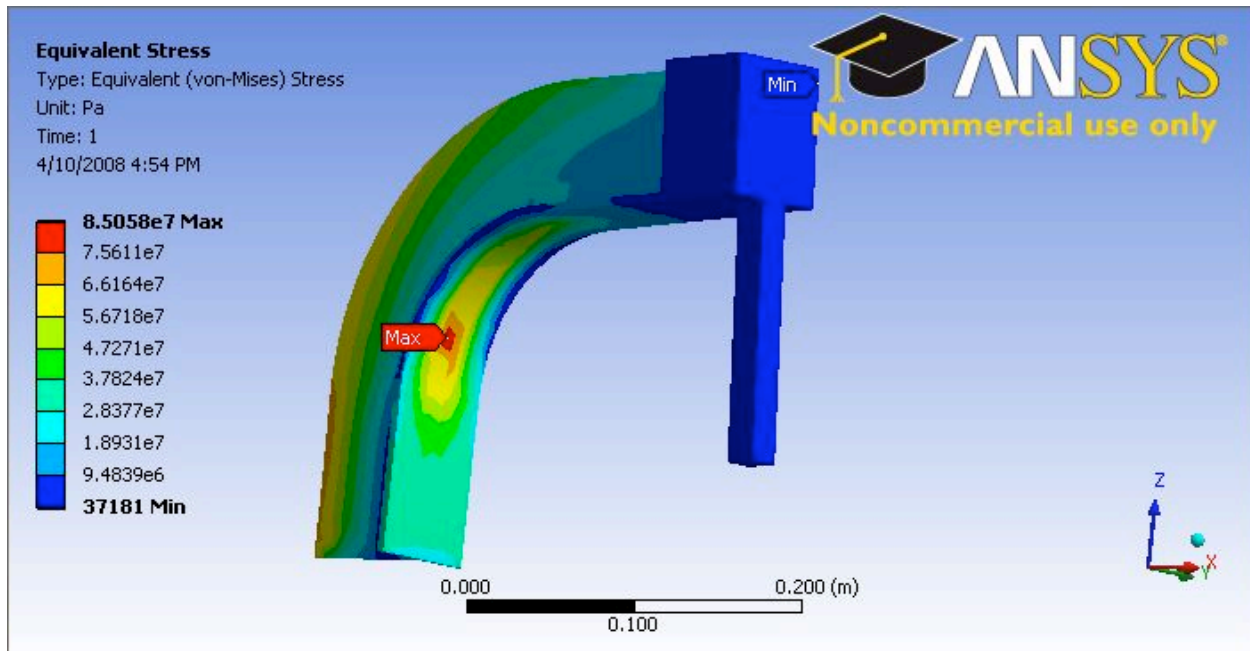


Figura 12. Resultados para el esfuerzo equivalente

Como era de esperarse el esfuerzo máximo ocurre al inicio de la curvatura de la prensa. Tiene un valor de 85.06 Mpa.

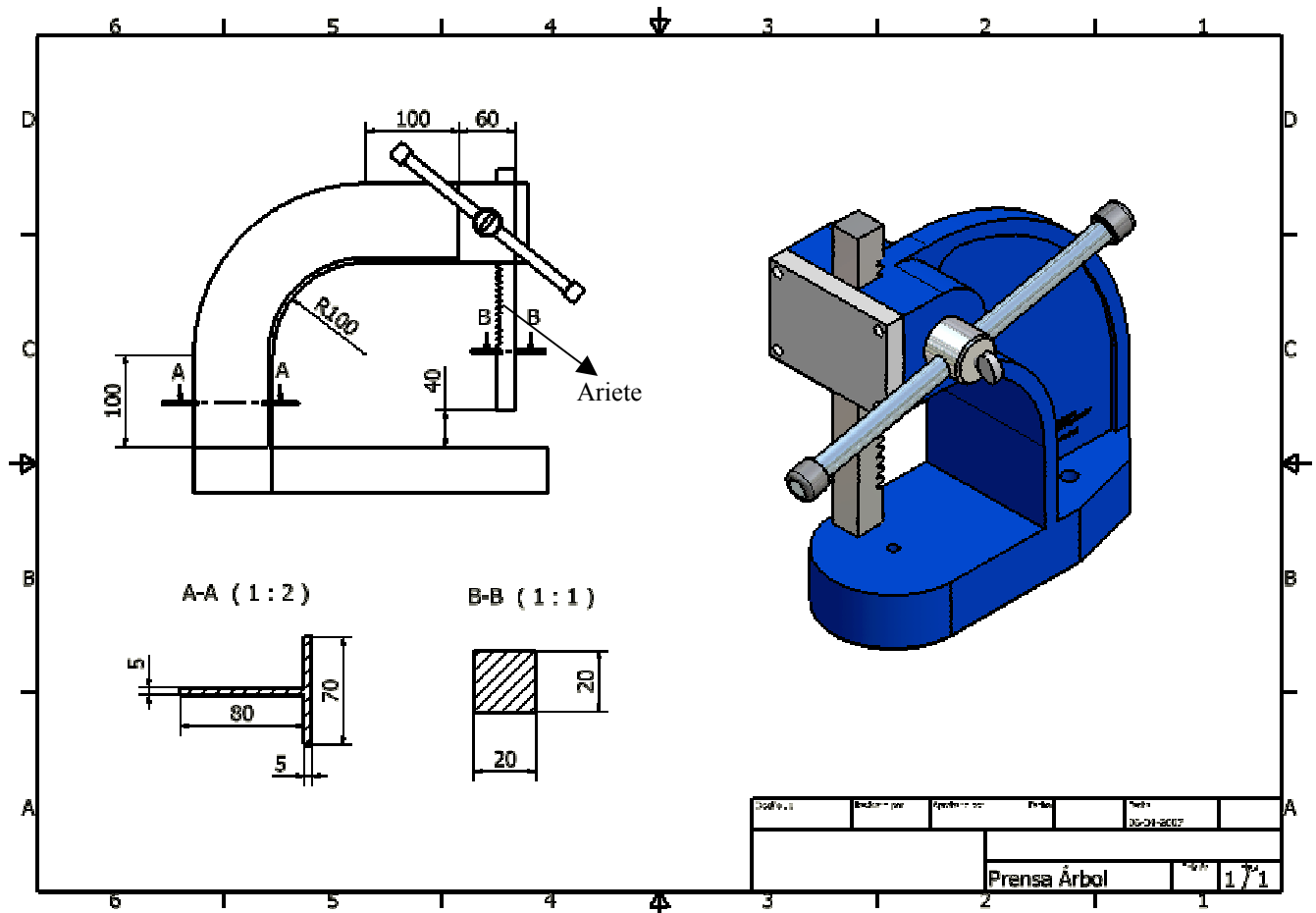
ANSYS nos ofrece muchos tipos de análisis: dinámica de fluidos y mezclas de gases en distintas geometrías, transferencia de calor por conducción, convección y radiación, análisis estructural de estado transitorio, dinámica de cuerpos rígidos, etc.

## PROBLEMA 1

Se muestra un diseño de una prensa tipo árbol de acero ( $E = 206 \text{ GPa}$ ). Para una fuerza de apriete  $P = 2,5 \text{ kN}$ , se pide calcular la cantidad de vueltas que hay que darle al mango, considerando que hay un engrane de paso 2 mm conectado al “ariete”.

Observaciones:

- Considerar la base de la prensa como infinitamente rígida.
- Para efectos de cálculo, suponer que toda la estructura tiene una sección transversal como la A-A (exceptuando el “ariete”).
- El ariete se considera como un bloque macizo con dimensiones mostradas en la sección B-B en todo su largo.
- Usar teoría de vigas curvas despreciando el efecto del corte.
- Ayuda:  $\int \sin^2 \theta d\theta = \frac{\sin(2\theta)}{4} + \frac{\theta}{2}$



## DESARROLLO DEL PROBLEMA 1

Primero calculemos las propiedades geométricas de la sección A-A. Partamos por el área:

$$A_{A-A} = 70 \cdot 5 + 5 \cdot 80 = 750 \text{mm}^2 \quad (1)$$

Para calcular la inercia de esta sección, según Z, necesitamos calcular:

$$y_{gA-A} = \frac{70 \cdot 5 \cdot \frac{5}{2} + 5 \cdot 80 \cdot \left(5 + \frac{80}{2}\right)}{750} = 25,17 \text{mm} \Rightarrow R = 100 + 25,17 = 125,17 \text{mm} \quad (2)$$

Ahora estamos en condiciones de calcular la inercia:

$$I_{A-A} = \left( \frac{70 \cdot 5^3}{12} + \frac{5 \cdot 80^3}{12} + 70 \cdot 5 \cdot \left( \frac{5}{2} - 25,17 \right)^2 + 5 \cdot 80 \cdot \left( 5 + \frac{80}{2} - 25,17 \right)^2 \right) \quad (3)$$

$$I_{A-A} = 551.229,17 \text{mm}^4$$

Luego calculamos el área del “ariete”:

$$A_{B-B} = 20^2 = 400 \text{mm}^2 \quad (4)$$

Tengamos en cuenta lo siguiente:

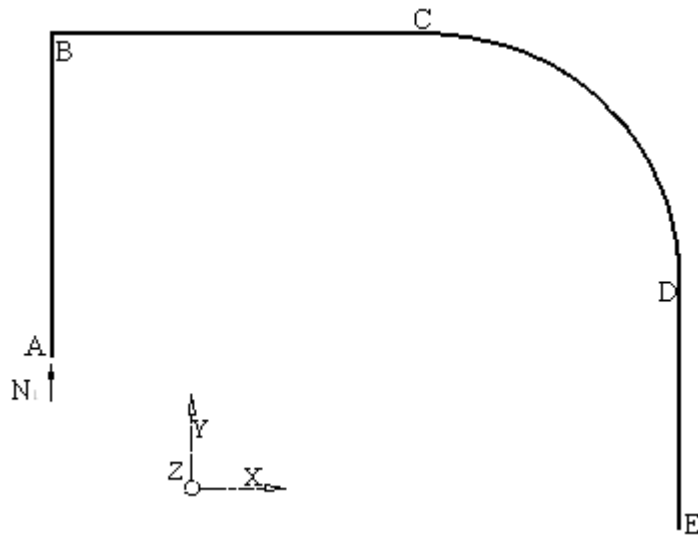


Figura 1 –Diagrama de Fuerzas

Por tramos, mostraremos las solicitaciones

	$M$	$N$	$\frac{\partial M}{\partial F}$	$\frac{\partial N}{\partial F}$	$\frac{\partial(MN)}{\partial F}$	Rango
AB	0	$-P$	0	-1		$0 \rightarrow 160$
BC	$xP$	0	$x$	0		$0 \rightarrow 150$
CD	$(125,17 \sin \theta + 150)P$	$P \sin \theta$	$125,17 \sin \theta + 150$	$\sin \theta$	$2P(125,17 \sin \theta + 150) \sin \theta$	$0 \rightarrow \frac{\pi}{2}$
DE	$275,17P$	$P$	$275,17$	1		$0 \rightarrow 100$

La integral para calcular la deflexión es la siguiente:

$$\delta_p = \left( \int_0^{160} \frac{N}{EA_{B-B}} \frac{\partial M}{\partial P} dx + \int_0^{150} \frac{M}{EI_{A-A}} \frac{\partial M}{\partial P} dx \right. \\ \left. + \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{M}{EA_{A-A}e} \frac{\partial M}{\partial P} d\theta + \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{N}{EA_{A-A}} \frac{\partial N}{\partial P} R d\theta + \int_L^{\frac{\pi}{2}} \frac{1}{EA_{A-A}} \frac{\partial(MN)}{\partial P} d\theta \right. \\ \left. + \int_0^{100} \frac{N}{EA_{A-A}} \frac{\partial N}{\partial P} dx + \int_0^{100} \frac{M}{EI_{A-A}} \frac{\partial M}{\partial P} dx \right) \quad (5)$$

Reemplazando los esfuerzos de la tabla:

$$\delta_p = \left( \int_0^{160} \frac{P}{EA_{B-B}} dx + \int_0^{150} \frac{P}{EI_{A-A}} x^2 dx \right. \\ \left. + \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{P(125,17 \sin \theta + 150)^2}{EA_{A-A}e} d\theta + \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{125,17P}{EA_{A-A}} \sin^2 \theta d\theta \right. \\ \left. + \int_L^{\frac{\pi}{2}} \frac{2P(125,17 \sin \theta + 150) \sin \theta}{EA_{A-A}} d\theta + \int_0^{100} \frac{P}{EA_{A-A}} dx + \int_0^{100} \frac{275,17^2 P}{EI_{A-A}} dx \right) \quad (6)$$

Necesitamos calcular ahora la excentricidad de la curva. Pero para ello, primero tenemos que calcular el parámetro  $A_m$  (sección A-A):

$$A_m = 70 \cdot \ln\left(\frac{100+5}{100}\right) + 5 \cdot \ln\left(\frac{100+5+80}{100+5}\right) = 6,247 \text{mm} \quad (7)$$

El eje neutro de flexión pura:

$$R_n = \frac{A}{A_m} = 120,052 \text{mm} \quad (8)$$

La excentricidad de la curva:

$$e = R - R_n = 5,115\text{mm} \quad (9)$$

Ahora, resolviendo (a.2) nos queda:

$$\delta_p = 0,4\frac{P}{E} + 2,04\frac{P}{E} + 22,21\frac{P}{E} + 0,13\frac{P}{E} + 0,66\frac{P}{E} + 13,74\frac{P}{E} + 0,13\frac{P}{E} \quad (10)$$

Reemplazando con los datos del enunciado, se obtiene lo siguiente:

$$\delta_p = 0,48\text{mm} \quad (11)$$

Dividiendo lo anterior por el paso, nos queda que:

$$N = \frac{0,48}{2} = 0,24\text{vueltas} \quad (12)$$