## Unidad 01. Nociones básicas Esfuerzos cortantes, de aplastamiento y admisibles

# Michael Heredia Pérez mherediap@unal.edu.co

Universidad Nacional de Colombia sede Manizales Departamento de Ingeniería Civil Análisis Estructural Básico

2023b



#### Advertencia

Estas diapositivas son solo una herramienta didáctica para guiar la clase, por si solas no deben tomarse como material de estudio y el estudiante debe dirigirse a la literatura recomendada (Gere and Goodno, 2012).



### Interacción en las uniones pernadas

Acción de los esfuerzos cortantes y de aplastamiento, ver video.

Por la acción de las cargas de tensión P, la barra y la horquilla presionarán contra el perno en compresión y se desarrollarán esfuerzos de contacto, llamados **esfuerzos de aplastamiento**. Además, la barra y la horquilla tienden a cortar el perno, es decir, pasar a través de él, y esta tendencia es resistida por los **esfuerzos cortantes** en el perno.

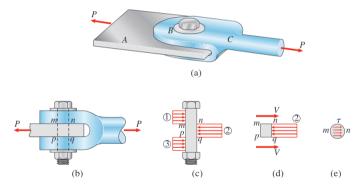


Figure: Conexión pernada en la cual el perno está cargado con un cortante doble.

## Interacción en las uniones pernadas

#### Aplastamiento

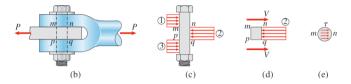


Figure: Conexión pernada en la cual el perno está cargado con un cortante doble.

### Esfuerzo de aplastamiento $\sigma_b$ (bearing)

Esfuerzo normal de compresión dado por una fuerza de aplastamiento  $F_b$  que actúa en una superficie de contacto o aplastamiento  $A_b$ , de dos elementos.

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b}$$

- El área de aplastamiento está definida como el área proyectada de una superficie curva de contacto.
- Importante en el análisis de conexiones en estructura metálica.

Michael Heredia Pérez (UNAL Mzl.) Unidad 01. Nociones básicas 2023b

4/13

1.7. Shear stress and strain 1.8. Allowable stress and allowable loads 1.9. Design for axial loads and direct shear. References

## Interacción en las uniones pernadas

Corte

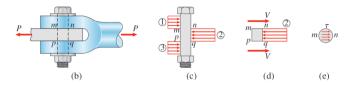


Figure: Conexión pernada en la cual el perno está cargado con un cortante doble.

#### Esfuerzo cortante promedio $\tau$ (average shear stress)

El esfuerzo cortante actúa tangentemente a la superficie del material (sección transversal). Será un promedio de la acción de la fuerza cortante V en el área de la sección transversal A:

$$\tau_{aver} = \frac{V}{A}$$

- Estamos calculando cortes directos, dados por la interacción directa entre dos materiales.
- Se pueden generar cortes indirectos, cuando los miembros están sometidos previamente a fuerzas de tracción, torsión y flexión.

## Esfuerzo cortante y deformaciones angulares

La acción de los esfuerzos cortantes en un elemento generará distorsiones en los ángulos rectos de este, llamadas deformaciones angulares.

### Deformación angular $\gamma$ (shear strain)

Mide el cambio de ángulo entre dos caras que inicialmente eran ortogonales.

- Ángulos muy pequeños, medidos en radianes o grados.
- Diremos que en el punto s, el ángulo deformado es

$$\theta_s = \frac{\pi}{2} - \gamma$$

 El signo de la deformación (y esfuerzo) angular será una indicación de la apertura o cierre del ángulo de referencia en el elemento.

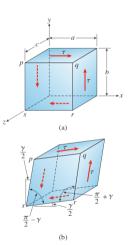


Figure: Elemento de material sujeto a esfuerzos de corte y deformaciones angulares

## Elementos sometidos a cortante simple y doble

#### **Cortante simple (1-corte)**

La fuerza cortante V para el cálculo, es aquella transmitida por el perno a la placa, V=P.  $\tau=P/A.$ 

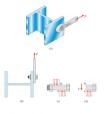


Figure: Conexión pernada en la cual el perno está cargado con un cortante simple.



Figure: Falla en un tornillo por cortante simple.

#### Cortante doble (2-corte)

La fuerza cortante V para el cálculo, es un medio de la transmitida por el perno a las dos placas, V=P/2.  $\tau=\frac{P}{24}$ .

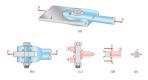


Figure: Conexión pernada en la cual el perno está cargado con un cortante doble.



Figure: Falla en un tornillo por cortante doble.

## Ley de Hooke en cortante

- Las propiedades mecánicas a cortante se obtienen en ocasiones de ensayos a torsión.
- Existen diagramas esfuerzo-deformación a cortante, con forma similar pero magnitudes diferentes ( $\tau$  y  $\gamma$ ).
- Los módulos de elasticidad y límites por cortante son aproximadamente la mitad (0.5 a 0.6 veces) de aquellos a tracción, para un mismo material, aunque lo anterior no es norma.

#### Ley hook en cortante

$$\tau = G\gamma$$

G es el conocido **módulo de cortante**, de corte, módulo elástico de corte o módulo de rigidez. Y se relaciona con las otras propiedades, así:

$$G = \frac{E}{1(1+\nu)}$$

## Esfuerzos admisibles y cargas admisibles

Factores de seguridad

#### Factores de seguridad

"La verdadera resistencia de una estructura debe exceder aquella requerida". La relación entre la resistencia verdadera o real, y la requerida, se llamará un factor de seguridad n:

$$n = \frac{\text{resistencia real}}{\text{resistencia requerida}} > 1$$

- La resistencia se puede medir mediante la capacidad de soporte de carga de una estructura o por el esfuerzo en el material.
- Buscamos n > 1 para prevenir la falla.
- La falla puede significar:
  - Fractura y derrumbe.
  - Incapacidad de responder a solictaciones.

## Esfuerzos admisibles y cargas admisibles

Factores de seguridad

Los factores de seguridad serán dados por códigos de diseño, en Colombia por el **Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10**. También, otras normas internacionales usualmente estadounidenses. Estos factores tienen en consideración, entre otros:

- Probabilidades e incertidumbres.
- Tipos de cargas (estáticas o dinámicas) y periodicidad.
- Desgaste y fatiga.
- Imprecisiones constructivas
- Variaciones en las propiedades de los materiales.
- Precisión de los métodos de análisis.
- Consecuencias de falla... etc.

## Esfuerzos admisibles y cargas admisibles

El factor de seguridad se establece con respecto al esfuerzo de fluencia, obteniendo así un **esfuerzo admisible** (o permisible) que no debe ser excedido en ningún punto de la estructura:

$$esfuerzo \ admisible = \frac{esfuerzo \ de \ fluencia}{factor \ de \ seguridad}$$

A tracción y corte:

$$\sigma_{ad} = \frac{\sigma_Y}{n_1}, \quad \tau_{ad} = \frac{\tau_Y}{n_2}.$$

• En ocasiones, se tienen factores de seguridad específicos para considerar los esfuerzos últimos:  $\sigma_U$  y  $\tau_U$ .

La relación entre la carga admisible y el esfuerzo admisible dependerá del tipo de estructura, y será de la forma

$${\sf carga\ admisible} = ({\sf esfuerzo\ admisible})({\sf area})$$

• Barras a tracción o compresión sin pandeo:

$$P_{ad} = \sigma_{ad}A.$$

Pasadores en corte directo:

$$P_{ad} = \tau_{ad} A$$
.

• Para el aplastamiento:

$$P_{ad} = \sigma_{bad} A_b.$$

## Diseño para cargas axiales y corte directo

• El diseño consiste en determinar las propiedades de una estructura en función de que esta soporte las cargas y cumpla con sus respectivas funciones.

$$\text{\'area requerida} = \frac{\text{carga transmitida}}{\text{esfuerzo admisible}}$$

- Además de rigidez y resistencia, se hablará de estabilidad como la abilidad de una estructura para resistir pandeos por cargas de compresión.
- En las etapas finales del diseño se hablará de optimización con criterio matemático.

#### Lectura

Capítulo 1, sección 1.9. Design for axial loads and direct shear de (Gere and Goodno, 2012)

#### Referencias

Gere, J. M. and Goodno, B. J. (2012). Mechanics of materials. Cengage learning.