

ANÁLISIS ESTRUCTURAL I

UNIDAD 1: CONCEPTOS BÁSICOS E HIPÓTESIS DE LA ASIGNATURA

Material de estudio preparado por:

Dr. Ing. Carlos García Garino - Prof. Titular

Giuliano Colombo - Adscripto Ad Honorem

ÍNDICE

1. OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA	3
2. HIPÓTESIS GENERALES DE LA ASIGNATURA.....	3
2.1 TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL	3
2.2 PROPIEDADES Y COMPORTAMIENTO DEL MATERIAL	4
2.3 CINEMÁTICA ESTRUCTURAL.....	4
2.4 PIASE.....	5
3. CAMPOS DE LA MECÁNICA.....	5
3.1 MAGNITUDES ESTÁTICAS	5
3.2 MAGNITUDES CINEMÁTICAS	5
3.3 DIAGRAMA DE TONTI	6

1. OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA

- Resolver estructuras y analizar su comportamiento.
- Estudiar y analizar estructuras hiperestáticas.
- Introducir métodos de cálculo por computadora: Método de la Rigidez Directa (MRD) y Método de Elementos Finitos (MEF).
- Utilizar programas sencillos de cálculo.
- Plantear aplicaciones de interés: enfoque para la distribución de fuerzas sísmicas, cálculo límite de estructuras.
- Aplicar conceptos fundamentales adquiridos de materias anteriores: Equilibrio (Estabilidad I) y Compatibilidad (Estabilidad II).

2. HIPÓTESIS GENERALES DE LA ASIGNATURA

En general son válidas las hipótesis de la Resistencia de Materiales, vistas en Estabilidad II, las cuales, adaptadas al contexto de la Teoría de Estructuras se enumeran a continuación. Las mismas se distinguen en: a) *Tipología Estructural*; b) *Propiedades y Comportamiento del material* y c) *Cinemática*. A partir de algunas de las hipótesis enunciadas se plantea el *Principio de Independencia de Acciones y Superposición de Efectos* (PIASE).

2.1 TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

La asignatura trata **Estructuras de Barras**, las cuales trabajan a flexión, normal, corte y torsión (solicitaciones básicas). Por supuesto, se mantiene la característica distintiva de las barras que expresa que una dimensión, su longitud, es mucho mayor que las dimensiones de la sección transversal. Aunque no es una condición necesaria, en general se trabajará con estructuras de barra que poseen la sección transversal y las propiedades del material constantes a lo largo de la barra.

2.2 PROPIEDADES Y COMPORTAMIENTO DEL MATERIAL

Los materiales que se tratan en la asignatura poseen las siguientes características:

Homogéneos: todas sus moléculas son iguales, por lo que sus propiedades son las mismas en todos los de los puntos del sólido de interés. Esta hipótesis se cumple generalmente para los metales, aunque los mismos pueden presentar imperfecciones en su estructura cristalina.

Isótropos: Los sólidos de interés tienen las mismas propiedades en todas las direcciones consideradas. En la práctica se pueden encontrar materiales ortótropos y anisótropos. Los primeros poseen propiedades diferentes en direcciones principales dispuestas a noventa grados entre sí. Los materiales anisótropos poseen diferentes propiedades según la dirección considerada.

Continuos: ocupan todo el volumen del sólido, es decir que no tienen orificios u oquedades. Esta hipótesis puede cumplirse a nivel macro, suficiente para el análisis estructural, pero no ser válida a escalas menores, como es el caso de los metales que presentan una estructura interna de tipo cristalina.

Comportamiento del material: para los fines de la asignatura es suficiente considerar que los materiales se comportan en un *rango elástico-lineal*, luego es válida de Ley de Hooke y existe proporcionalidad entre tensiones y deformaciones, que viene expresada mediante el módulo de Young E. Por supuesto que los materiales, en general, se comportan más allá del rango elástico y en ese caso el comportamiento es no lineal. El estudio del comportamiento no lineal de los materiales se trata en cursos avanzados de Estructuras y en la asignatura se analizará el tema cuando se estudie el Cálculo Límite de las Estructuras de barras. En la asignatura es suficiente considerar una relación lineal entre tensiones y deformaciones, condición que se conoce como *Linealidad Física*.

2.3 CINEMÁTICA ESTRUCTURAL

Se entiende por Cinemática Estructural al conjunto de los *desplazamientos*, *giros* y *deformaciones* de una estructura, los cuales se pueden calcular para cada uno de sus puntos. Se denomina *elástica de deformación* al lugar geométrico de los desplazamientos perpendiculares a las barras de una estructura.

Linealidad Geométrica: A los fines del estudio de la asignatura es suficiente considerar que los desplazamientos, giros y deformaciones *son pequeños* frente a las dimensiones de la estructura. Entonces se cumple con la condición de la *linealidad geométrica*.

2.4 PIASE

Cuando se cumplen simultáneamente las condiciones *linealidad geométrica* y *linealidad física*, entonces se verifica la existencia de proporcionalidad entre las causas (acciones) y la respuesta (solicitaciones, tensiones, desplazamientos, etc.) de una estructura. En este caso es válida la existencia del *Principio de Independencia de Acciones y Superposición de Efectos* (PIASE).

3. CAMPOS DE LA MECÁNICA

3.1 MAGNITUDES ESTÁTICAS

Son aquellas relacionadas a través del **equilibrio**. Comprenden:

- **Fuerzas** (vectores) simbolizadas con la letra **F**.
- **Tensiones** (tensores) simbolizadas con la letra **σ** (**sigma**).

Ambas magnitudes son definiciones apropiadas, se puede medir el efecto de una fuerza por ejemplo y se representar la misma mediante un vector. De la misma manera, como se presentó en Estabilidad II, se pueden definir las tensiones. En general el estado de tensiones se puede conocer a partir de las fuerzas, o indirectamente mediante los esfuerzos característicos vistos en Estabilidad I.

3.2 MAGNITUDES CINEMÁTICAS

Son aquellas relacionadas a través de la **geometría**. Comprenden:

- **Desplazamientos** (vectores) simbolizados con la letra **u** (v para deflexiones perpendiculares al eje longitudinal).
- **Deformaciones** (tensores) simbolizadas con la letra **ϵ** (**épsilon**).
- **Rotaciones** que se simbolizan con la griega **θ** (**theta**)

En este caso se pueden medir de forma directa o indirecta los desplazamientos, mediante instrumentos adecuados como comparadores o, por ejemplo, mediante fotografías o filmaciones de la estructura bajo la acción de las cargas.

Las deformaciones responden a una abstracción matemática y se definen de una manera conveniente. También se pueden medir las deformaciones mediante dispositivos adecuados, por ejemplo las llamadas *galgas extensométricas* (strain gauges). Tal como se

presentó en Estabilidad II, las deformaciones se pueden calcular a partir de los desplazamientos.

También se puede medir el efecto de una fuerza por ejemplo y se representar la misma mediante un vector.

En la asignatura es suficiente trabajar con desplazamientos y rotaciones las cuales se pueden calcular mediante teoremas energéticos o se obtienen directamente a partir de las formulaciones basadas en desplazamientos, ya que en este caso son las incógnitas del problema.

3.3 DIAGRAMA DE TONTI

En los apartados anteriores se han presentado las variables de interés para el estudio de las estructuras. Las Fuerzas y Tensiones, propias de la Estática y los desplazamientos, rotaciones y deformaciones, que representan la cinemática estructural.

El *Diagrama de Tonti*, que lleva el nombre de su creador el matemático y profesor italiano Enzo Tonti nos permite relacionar las magnitudes de una estructura.

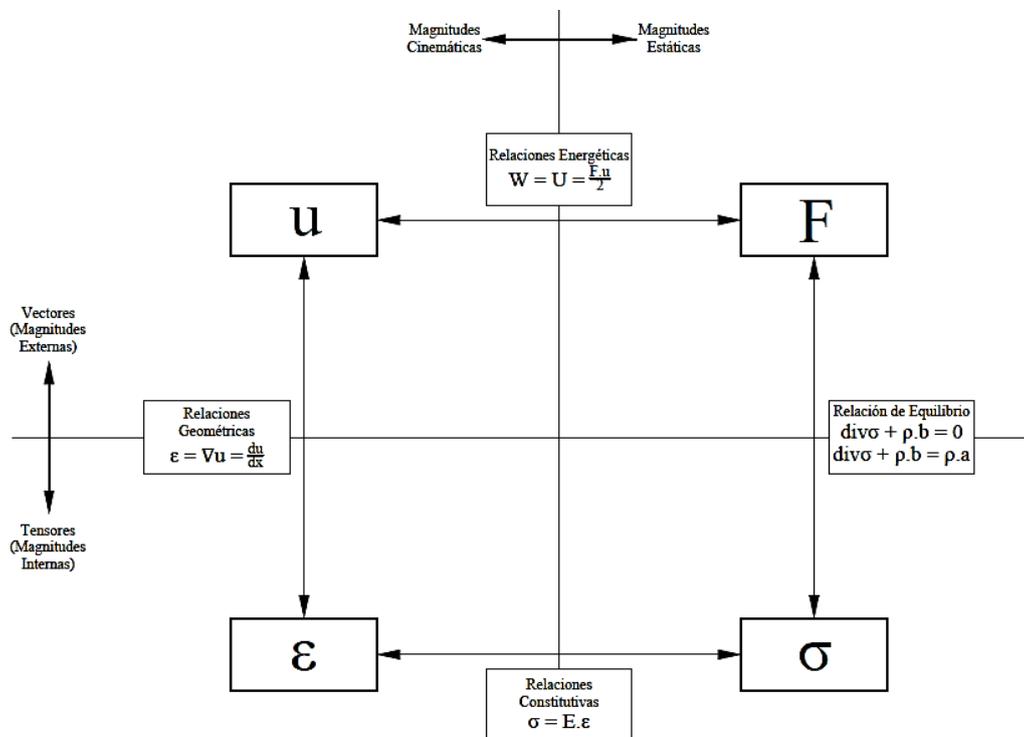


Figura 1. Diagrama de Tonti aplicado a la Mecánica Estructural

En el mismo se distinguen variables o magnitudes Estáticas, Fuerzas y Tensiones que se representan a la derecha del eje vertical. Las variables cinemáticas están representadas a la izquierda de dicho eje.

También pueden observarse por encima del eje horizontal las variables externas u observables como pueden ser los desplazamientos, que pueden medirse directamente o las fuerzas de las cuales puede medirse su efecto.

El diagrama de Tonti, además, es sumamente expeditivo para relacionar las magnitudes de interés estructural. Así, las variables estáticas están relacionadas mediante las ecuaciones de equilibrio y las variables cinemáticas mediante las relaciones geométricas que permiten definir las deformaciones de interés.

Además, puede observarse que se pueden establecer Ecuaciones Constitutivas, que relacionan tensiones con las deformaciones. Estas ecuaciones toman su nombre porque su comportamiento se obtiene de ensayos y modela la respuesta del material desde su punto de vista constitutivo (Metal, Hormigón, Suelos, etc.), tiene en cuenta su constitución o conformación interna.

Finalmente, entre las variables externas u observables, como son las Fuerzas y Desplazamientos, pueden plantearse relaciones energéticas, las cuales se tratarán en la unidad 2 de la asignatura.

Cabe destacar que el diagrama de Tonti se emplea, en un contexto ligeramente diferente, para formular al Método de la Rigidez Directa, que se verá en la Unidad 5 de la asignatura.