

# Presentación del curso

## Comportamiento mecánico de materiales – 15908

**Dr Ing. Claudio García Herrera**

Universidad de Santiago de Chile  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecánica  
claudio.garcia@usach.cl

Santiago de Chile, 4 de Septiembre de 2012



# Índice

## 1 Introducción

## 2 Aplicaciones

- Proceso de embutición profunda
- Análisis del proceso de fundición
- Diseño de bombas y análisis del proceso de fundición
- Biomecánica arterial

## 3 Programa de la asignatura

## 4 Evaluación de la asignatura

## 5 Bibliografía de la asignatura

# Introducción, motivación y objetivos

## Introducción

- Comportamiento mecánico de los materiales: Se refiere a la respuesta de un material ante acciones mecánicas. Es decir, se quiere cuantificar el cambio de la geometría del sólido ante cargas externas.
- Por lo mismo, es necesario observar experimentalmente que fenómenos ocurren en los materiales. De dichas observaciones se proponen modelos que permiten caracterizar la respuesta mecánica de los materiales.
- El desarrollo de los métodos numéricos ha permitido su aplicación en problemas complejos y de interés para la ingeniería.
- Aplicaciones industriales diversas, pero fundamentalmente intentar conocer mejor el material para mejorar un proceso de fabricación, diseño mecánico de elementos de máquinas o estructuras (Ingeniería Mecánica, Materiales, Aeronáutica, Civil, Metalurgia).

# Motivación y objetivos

## Motivación

- Optimización y desarrollo de procesos industriales.
- Diseño mecánico.
- Desarrollo de nuevas estructuras y sistemas de transferencia de energía.

## Objetivo General

El objetivo general del curso es presentar los aspectos físicos, experimentales, teóricos y computacionales del comportamiento mecánico de materiales.

## Objetivos específicos

- Aplicar las ecuaciones fundamentales que describen el comportamiento mecánico de un medio continuo.
- Aplicar modelos constitutivos diversos (elasticidad lineal, plasticidad, hiperelasticidad).

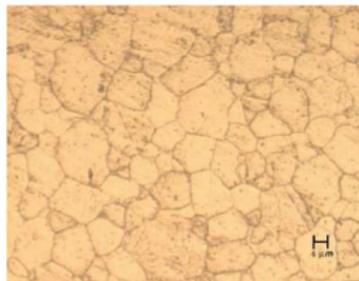
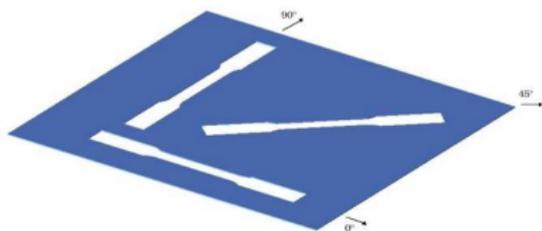
## Objetivo

- Mejorar el diseño y condiciones de operación (lograr mayor control, aumentar la calidad y reducir costos)
- Solución de problemas de diseño de piezas a pedido

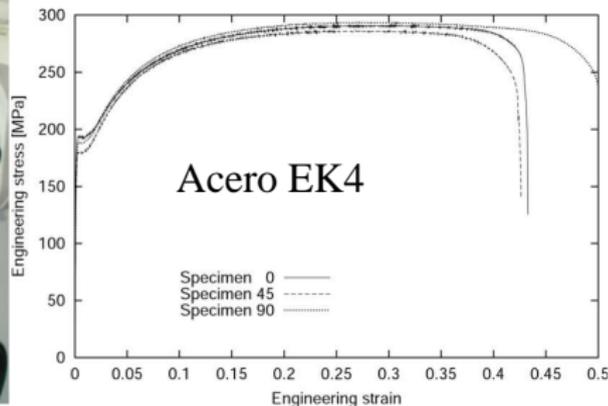
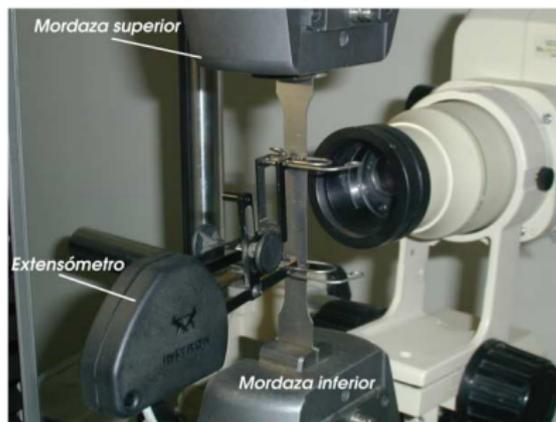
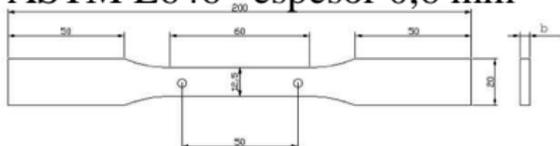
## Áreas de aplicación del CMM

- Procesos de fabricación: embutición, trefilado, fundición, templado.
- Mecánica de fluidos, Transferencia de calor.
- Biomecánica.
- Ingeniería de Materiales.

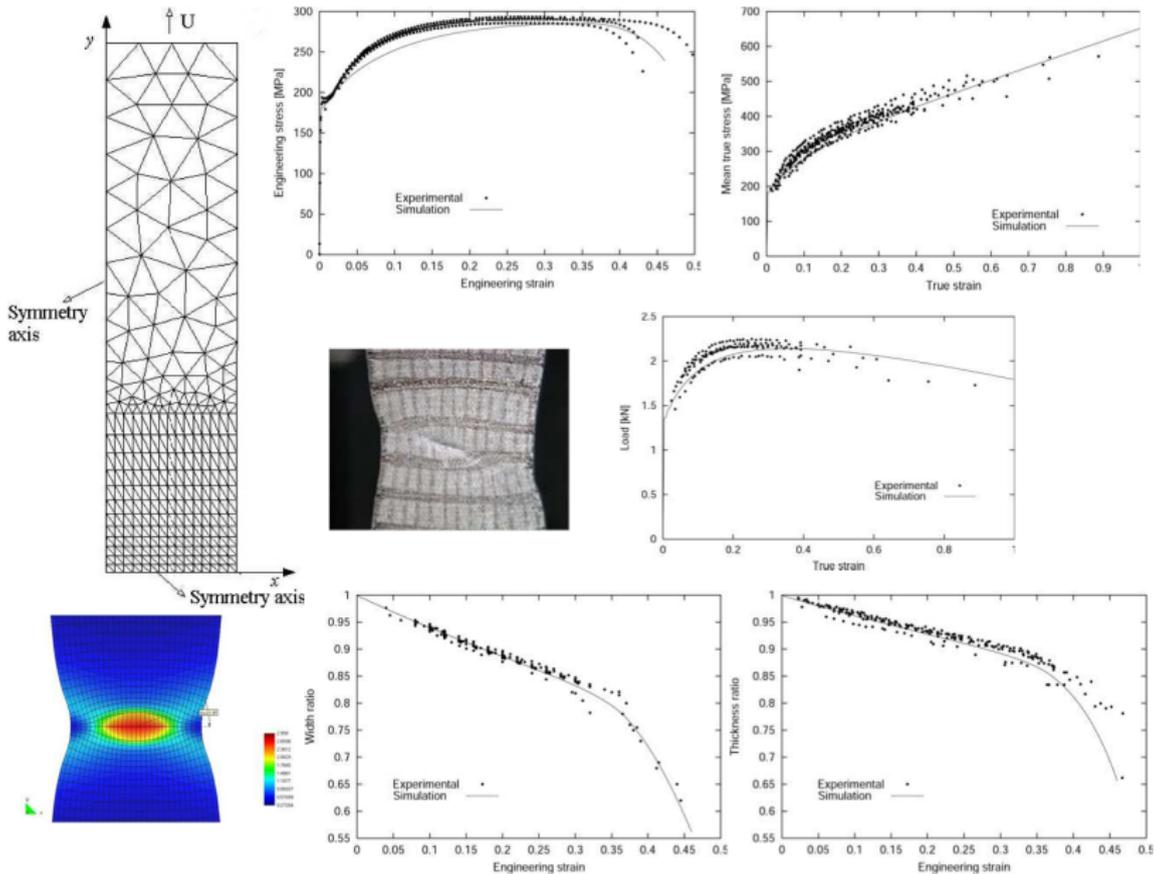
# Caracterización experimental



ASTM E646 espesor 0,6 mm

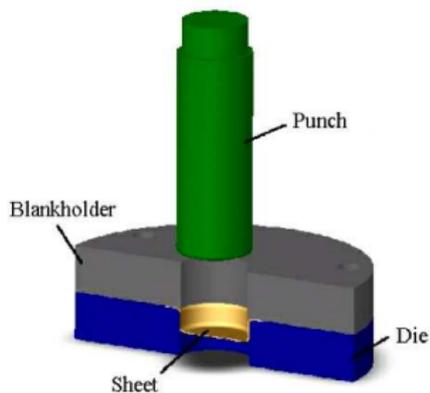


# Caracterización experimental y numérica

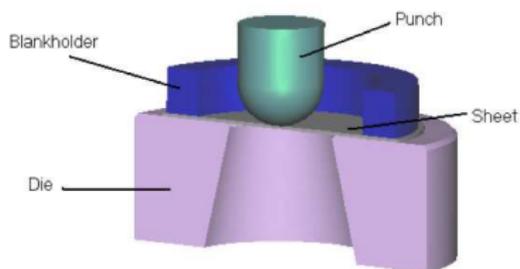


# Ensayos tecnológicos

## Ensayo de una copa



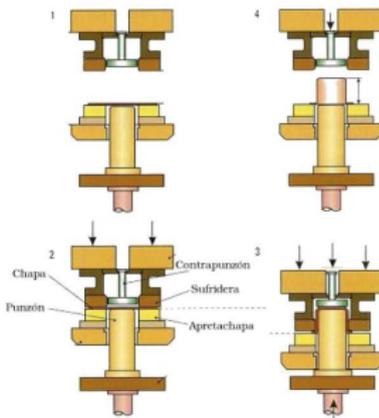
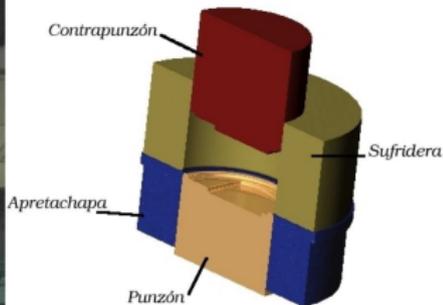
## Ensayo Erichsen



# Proceso de embutición profunda industrial



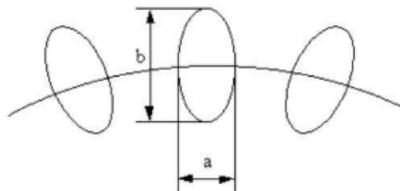
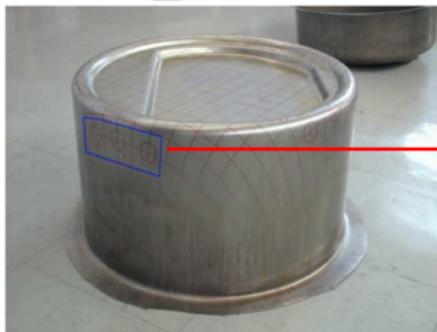
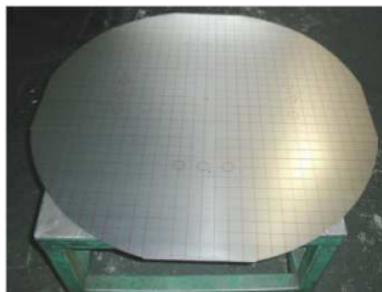
Gentileza CTI



Secuencia de Embutido

# Proceso de embutición profunda

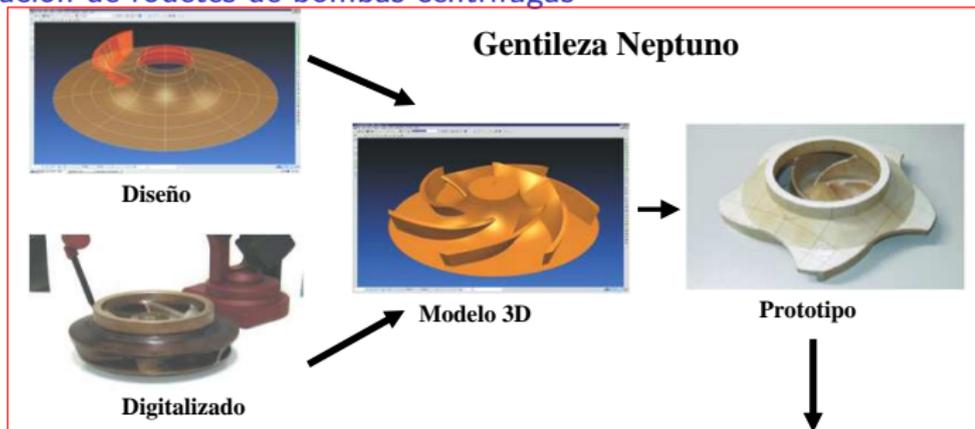
## Deformaciones principales finales



		Experimental	Simulated
Wall (h=30 mm)	Maximum principal strain	0.129	0.126
	Minimum principal strain	-0.090	-0.092
Bottom	Maximum principal strain	0.050	0.056
	Minimum principal strain	0.047	0.050

# Diseño y fabricación de piezas fundidas

## Fabricación de rodetes de bombas centrífugas

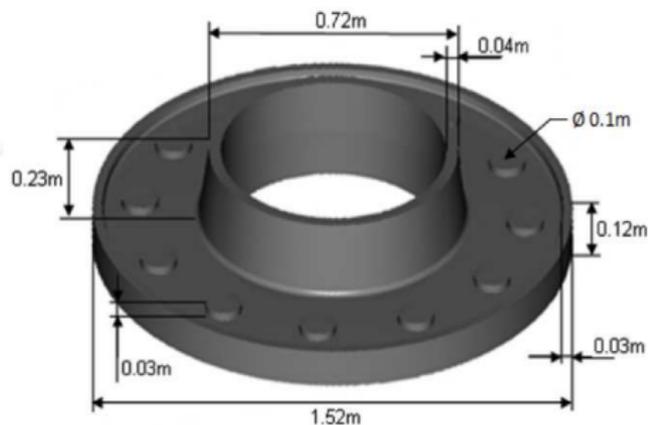


# Análisis del proceso de fundición

Pieza original



CAD 3D



Objetivo: Predecir zonas de riesgo de rechupes. La tapa es específica de fabricación no seriada

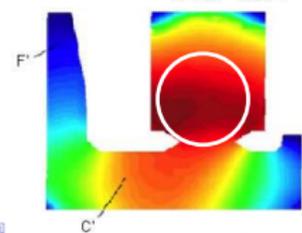
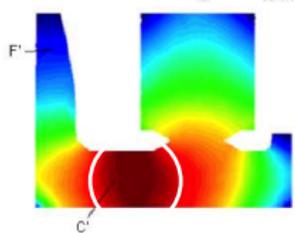
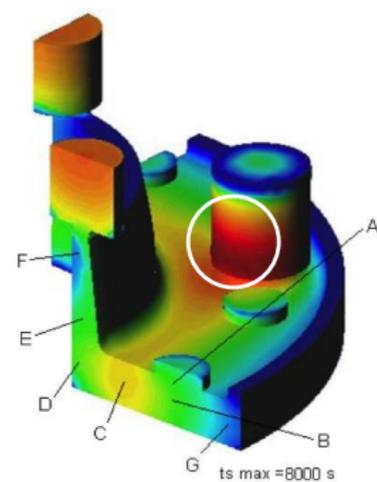
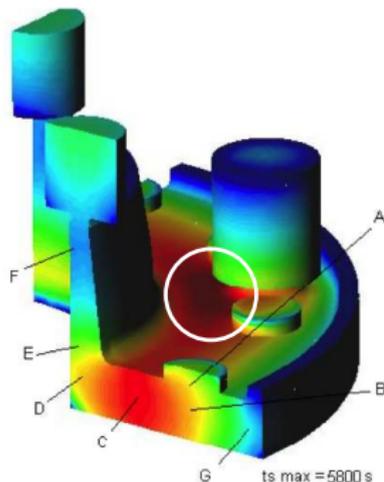
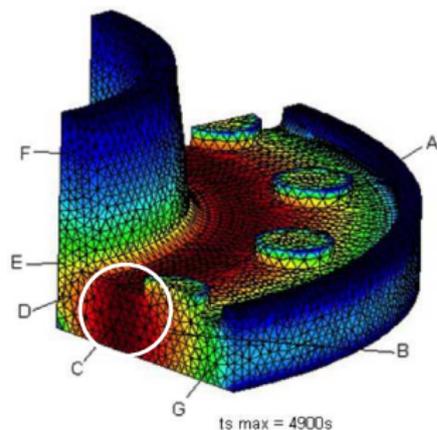
# Análisis del proceso de fundición

Criterio: Tiempo de solidificación

Tapa con diseño alternativo 1 del molde

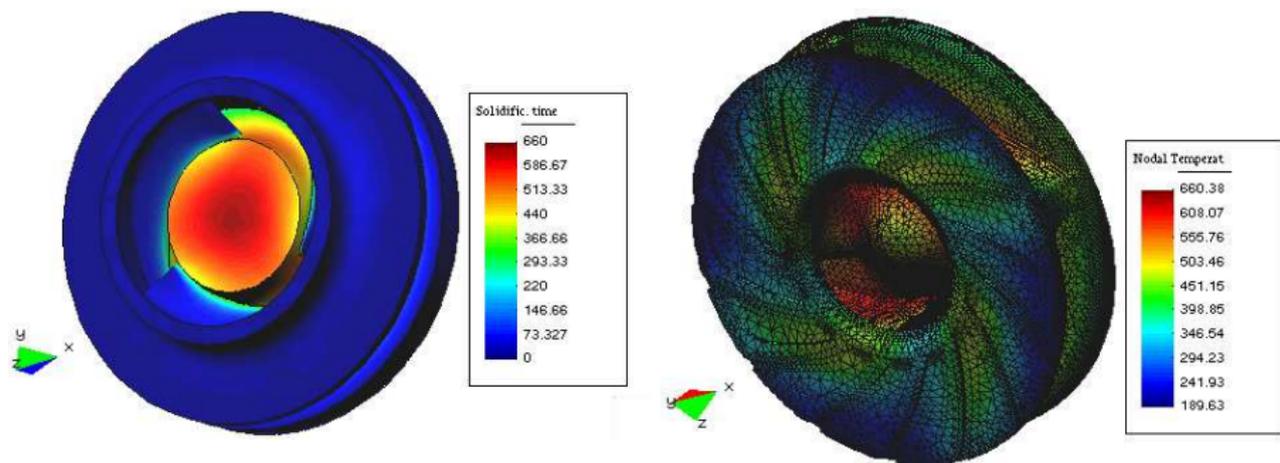
Tapa con diseño alternativo 2 del molde

Tapa con molde original



# Análisis del proceso de templado

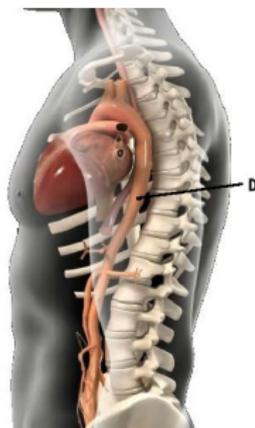
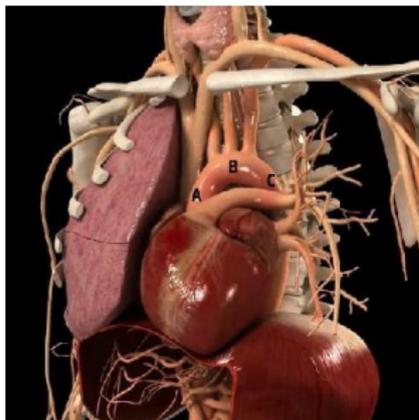
## Templado de rodetes



# Biomecánica arterial

## Características de la aorta

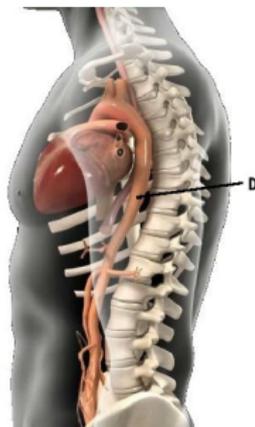
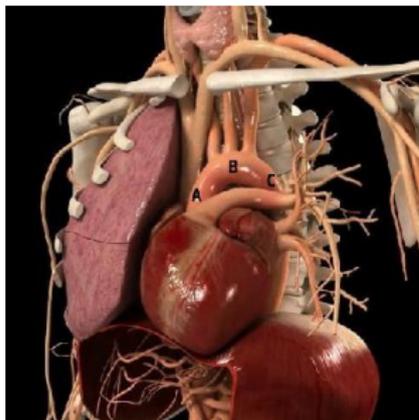
- La **aorta** es una de las principales arterias del sistema circulatorio, se divide en tres grandes partes: Aorta ascendente, Cayado aórtico y Aorta descendente.
- Su **elasticidad** permite mantener la presión y el caudal durante la diástole (baja presión).



# Biomecánica arterial

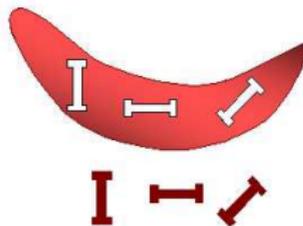
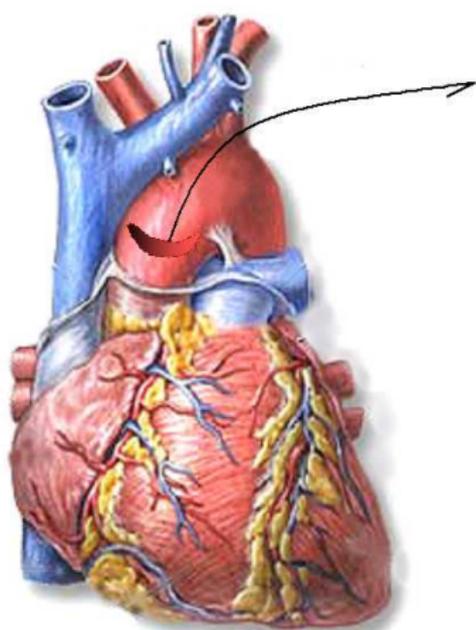
## Características de la aorta

- La **aorta** es una de las principales arterias del sistema circulatorio, se divide en tres grandes partes: Aorta ascendente, Cayado aórtico y Aorta descendente.
- Su **elasticidad** permite mantener la presión y el caudal durante la diástole (baja presión).



# Ensayo de tracción uniaxial

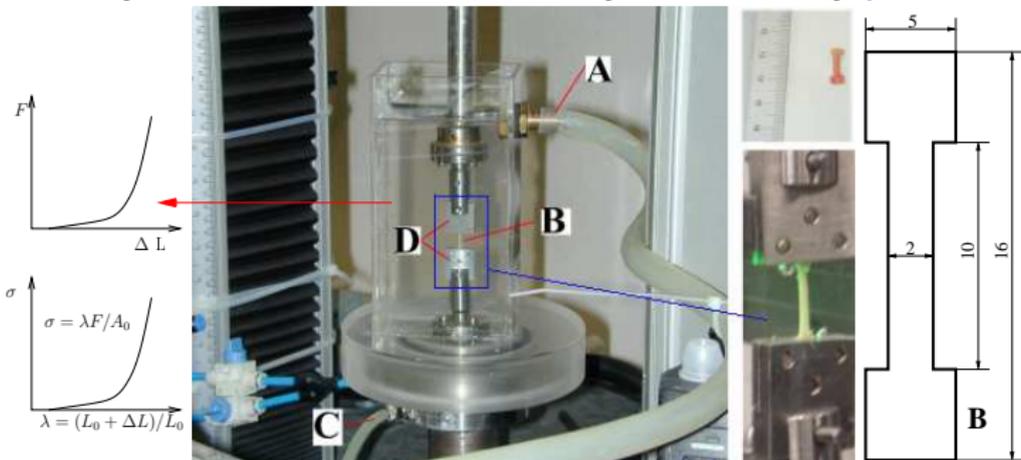
Ensayo de tracción uniaxial



Ensayos estáticos y pasivos

# Ensayo de tracción uniaxial

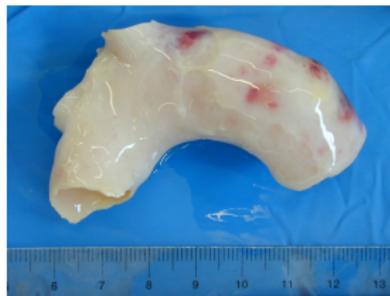
Ensayo de tracción uniaxial, ensayos estáticos y pasivos



Detalle de la probeta montada en el experimento

# Simulación del doblado y presurizado de una aorta

## Descripción del problema



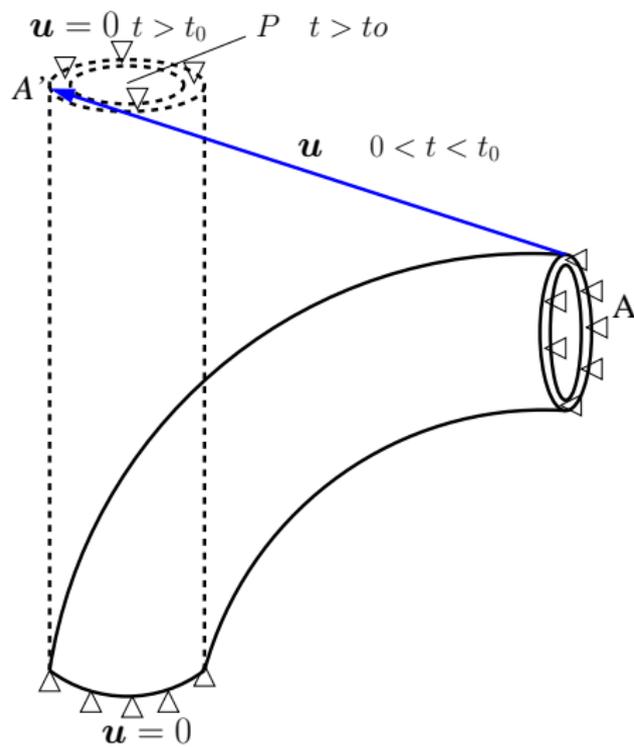
*Montaje del vaso*



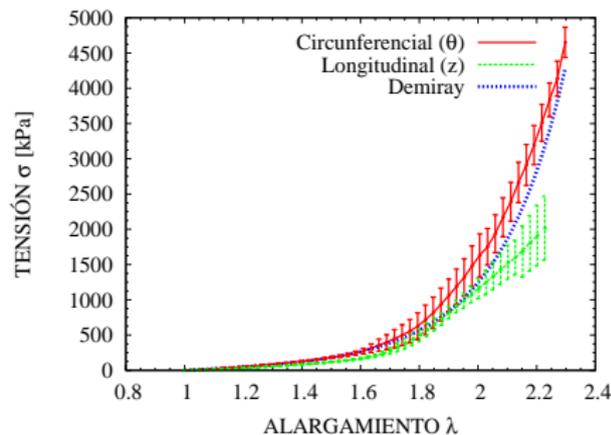
*Probeta montada*

# Simulación del doblado y presurizado de una aorta

## Condiciones de contorno y modelo constitutivo



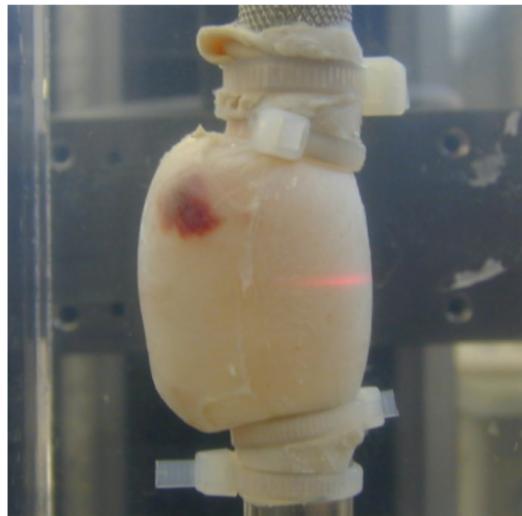
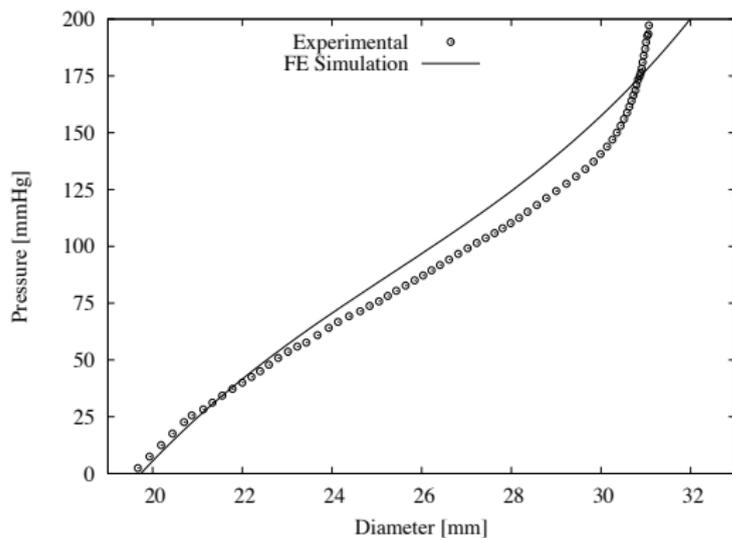
Condiciones de contorno



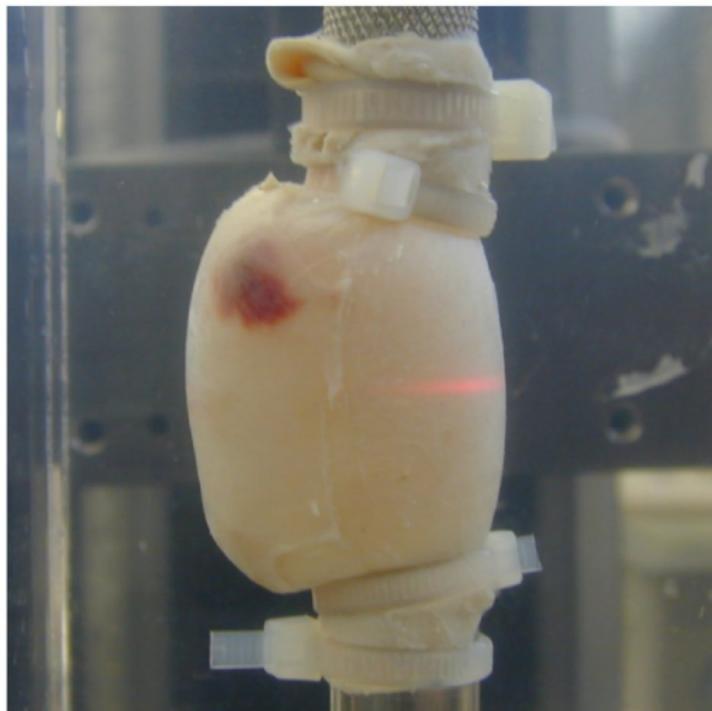
Modelo de Demiray,  $a = 107,19$  kPa,  
 $b = 1,40$

# Simulación del doblado y presurizado de una aorta

- Curva presión-diámetro para  $\lambda_z = 1,4$

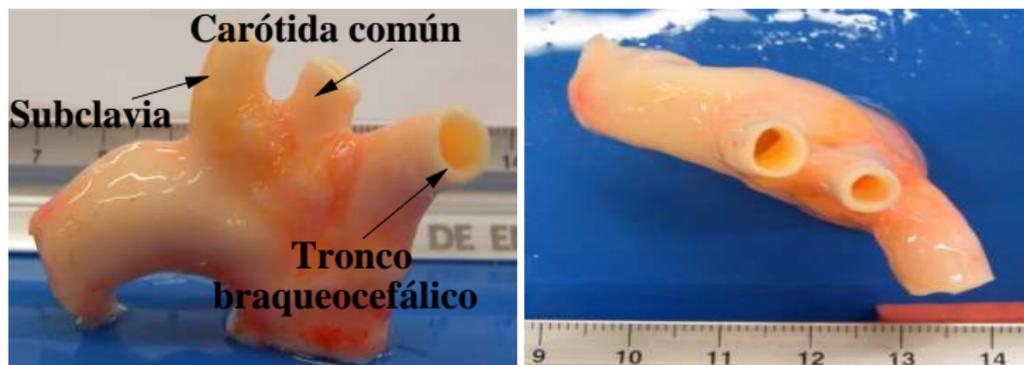


# Simulación del doblado y presurizado de una aorta



# Simulación del cayado aórtico

## Descripción del problema



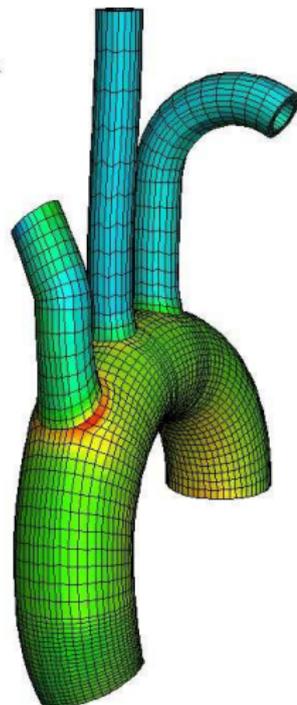
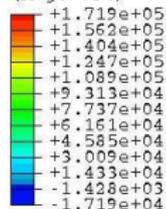
Cayado aórtico humano

	Vaso			
	braquiocefálico	carótida	subclavia	aorta
Diámetro [mm]	$12,0 \pm 0,34$	$10,1 \pm 0,25$	$11,2 \pm 0,31$	$24,4 \pm 0,45$
Espesor [mm]	$2,06 \pm 0,11$	$1,89 \pm 0,21$	$2,1 \pm 0,08$	$1,95 \pm 0,15$

# Simulación del cayado aórtico

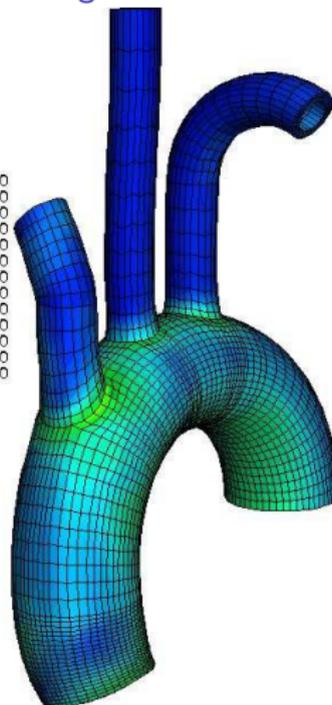
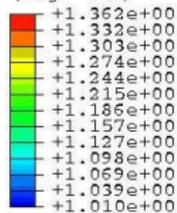
Cayado aórtico adulto en condiciones normales  $P = 120$  mmHg

S, Max. Principal  
(Avg: 75%)



A  $\sigma_{pmax}$

l1  
(Avg: 75%)



B  $\lambda_{pmax}$

Tensión [Pa] y alargamiento principal

# Programa

## Programa

- 1 Introducción a la mecánica del medio continuo.
- 2 Aspectos experimentales.
- 3 Elasticidad lineal.
- 4 Plasticidad.
- 5 Hiperelasticidad.
- 6 Viscoelasticidad.

# Evaluación de la asignatura

## Evaluación

- 1 Tareas (55 %).
- 2 Proyecto final (escrito y defensa pública) (45 %).

$$NF = TAREAS \cdot 0,55 + PROYECTO \cdot 0,45$$

- 3 Si  $NF \geq 4,0$  entonces **APROBADO** FIN
- 4 Si  $NF \geq 3,0$  Y  $NF \leq 3,9$  entonces POR
- 5 Otros casos no tiene derecho a rendir POR  $\rightarrow$  **REPROBADO**

## Reglas

- 1 Plazo de entrega 7 días. Por cada día de atraso 1 punto menos.
- 2 Entrega en papel y electrónica al email [claudio.garcia@usach.cl](mailto:claudio.garcia@usach.cl) (asunto: Tarea nº x, na1a2), el email con el word o LateX y el pdf. Si se trata de hacer un programa se adjunta el código fuente.
- 3 Copia  $\implies$  1,0.
- 4 Citar las fuentes consultadas de acuerdo a la norma de la biblioteca (Tesis).

## Reglas

- 1 Plazo de entrega en papel 14 de Diciembre de 2012, electrónico 15 de Diciembre de 2012.
- 2 Defensa pública Martes 18 de Diciembre de 2012, auditorio. Charla de 15 minutos + cinco minutos de preguntas.
- 3 Entrega en papel y electrónica al email [claudio.garcia@usach.cl](mailto:claudio.garcia@usach.cl) (asunto: proyecto, na1a2), el email con el word o LateX, powerpoint o keynote y el pdf. Si se trata de hacer un programa se adjunta el código fuente.
- 4 Copia  $\implies$  1,0.
- 5 Citar las fuentes consultadas de acuerdo a la norma de la biblioteca (Tesis).
- 6 Máximo de hojas del manuscrito 25.

# Bibliografía de la asignatura

## Libros

- 1 Lawrence E. Malvern. *Introduction to the mechanics of a continuous medium*, Prentice-Hall inc. (1969).
- 2 Nam Suh and Arthur Turner *Elements of the Mechanical Behavior of Solids*
- 3 Chung T.J: *Continuum Mechanics*, Prentice-Hall, International Edition (1971).
- 4 J.E. Marsden and T.J.R. Hughes *Mathematical foundations of elasticity* Dover publications (1983).

# Bibliografía de la asignatura

## Revistas

- 1 International Journal of Solids and Structures.
- 2 International Journal of Plasticity.
- 3 Journal of Biomechanics
- 4 International Journal of Non-Linear Mechanics
- 5 Mechanics Research Communications.

# Presentación del curso

## Comportamiento mecánico de materiales – 15908

**Dr Ing. Claudio García Herrera**

Universidad de Santiago de Chile  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecánica  
claudio.garcia@usach.cl

Santiago de Chile, 4 de Septiembre de 2012

