

**Practica 4**  
**Laboratorio de Fundición**

**Diseño del sistema de alimentación y el sistema de colada de una barra de aluminio obtenida en un molde de arena en verde empleando software especializado (Procast) y experimentación**

**Proyecto PAPIME PE106624**

**Dr. Carlos González Rivera Dr. Adrián Manuel Amaro Villeda**

**Dr. Marco Aurelio Ramírez Argáez**

**Responsable: Dr. Marco Aurelio Ramírez Argáez**

**Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Facultad de Química**

# Antecedentes

- La presencia de defectos por contracción como lo son rechupes localizados, hundimientos superficiales y microrechupes localizados o dispersos pueden ser causa de rechazo de las piezas de fundición.
- El diseño de sistemas de alimentación por el método propuesto por el Centro Técnico de la Industria de la Fundición de Francia (CTIF) implica el cumplimiento de tres reglas: 1.-Módulos; 2.-Contracciones y 3.- Radios de acción.
- El cumplimiento de estas tres reglas permite evitar la presencia de rechupes

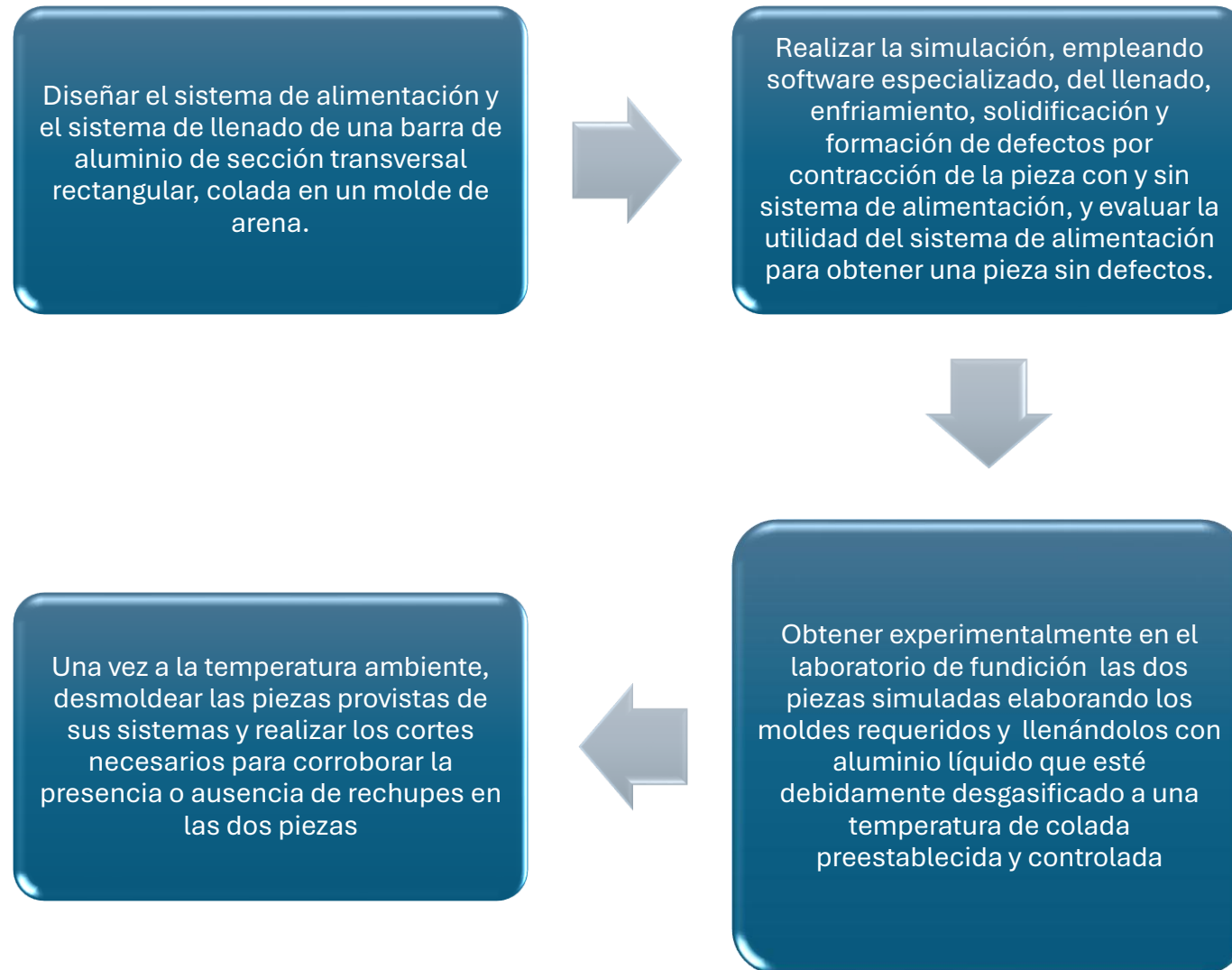
# Antecedentes

- Es posible comprobar lo anterior obteniendo una pieza que cumpla con las tres reglas y la misma pieza pero que no cumpla con alguna y verificar la presencia o ausencia de rechupes.
- Dicha comprobación puede ser experimental, obteniendo las piezas en los dos casos en el laboratorio de fundición, pero también puede ser teórica, simulando el llenado, enfriamiento, solidificación y formación de defectos empleando software especializado como Procast.

# Objetivo general

Establecer la pertinencia del método del CTIF para diseño de sistemas de alimentación y de sistemas de llenado, para la obtención de una pieza libre de defectos por contracción, mediante simulación empleando el Software Procast y a través de experimentación en el laboratorio de fundición.

# Objetivos específicos secuenciales



# Metodología



# Sistemas de Alimentación

## PHÉNOMÈNES THERMIQUES

Notion des temps de solidification des différentes parties d'une pièce  
(applicable à tous les alliages pour pièces moulées en sable)

## PHÉNOMÈNES MÉTALLURGIQUES

Notion des distances d'alimentation  
(applicable à une famille d'alliages ou à un alliage donné)

Notion de retrait global volumique de solidification  
(applicable à un alliage donné)

# Sistemas de Alimentación

On vérifie  
les  
trois règles  
de  
masselottage

REGLE DES MODULES  
DE REFROIDISSEMENT  
*applicable à tous les  
alliages coulés dans  
des moules en sable*

REGLE DES RAYONS  
D'ACTION  
*propre à un alliage  
donné*

REGLE DES RETRAITS  
*propre à un alliage  
donné*

*On détermine les dimen-  
sions nécessaires :*

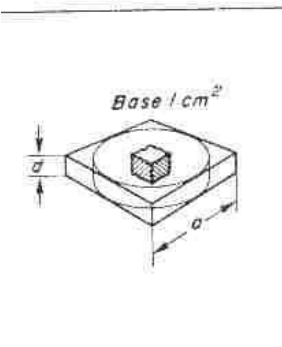
- à une masselotte pour ali-  
menter une partie de  
pièce,
- à des masselottes pour  
alimenter une pièce.

A partir des distances ali-  
mentables  $A$ ,  $A + E$  etc., en  
fonction du degré de  
santé visé, on fixe le nom-  
bre et la répartition des  
masselottes.

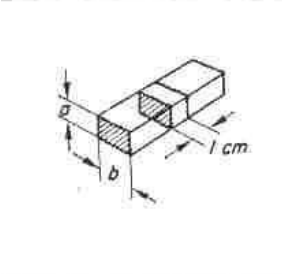
On vérifie que le volume de  
la ou des masselottes est  
suffisant pour compenser  
le retrait de la ou des piè-  
ces ou d'une partie de  
pièce.

# Regla de los módulos

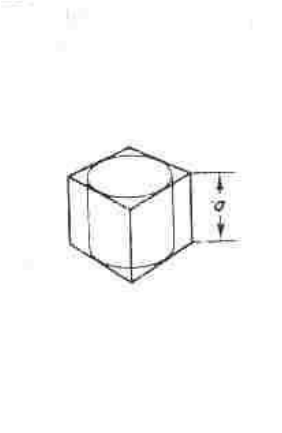
# Noción de Modulo Geométrico



Discs of  $a < 5d$   
 Plates of  $a < 5d$   
 imaginary cube removed:  
 $V = 1 \text{ cm}^2 \times d$ ;  $A = 2 \text{ cm}^2$ ;  
 $M = \frac{V}{A} = \frac{d}{2} \text{ (cm)}$   
 As the plate can be considered  
 composed of any desired num  
 of such cubes, the plate mod  
 is  $M = \frac{d}{2}$

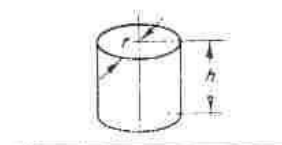


Long bars. Section removed  
 (in imagination)  
 $V = a \times b \times 1 \text{ cm}$ ;  
 $A = 2(a + b) \times 1 \text{ cm}$ ;  
 $M = \frac{V}{A} = \frac{a \cdot b}{2(a + b)}$ . The bar  
 be considered to be made up of  
 desired number of such pa  
 so that its modulus is the :

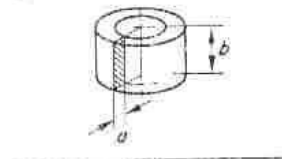


	Cube	Cylinder	Sph
$V$	$a^3$	$\frac{a^3 \pi}{4}$	$\frac{a^3 \pi}{6}$
$A$	$6a^2$	$a^2 \frac{\pi}{2} + a^2 \pi$	$a^2$
$M$	$V/A \sim a/6$	$V/A \sim a/6$	$V/A$

The modulus of these three b  
 is the same i.e.  $M = a/6$



$M = \frac{r \cdot b}{2(r + b)}$  (see also T)

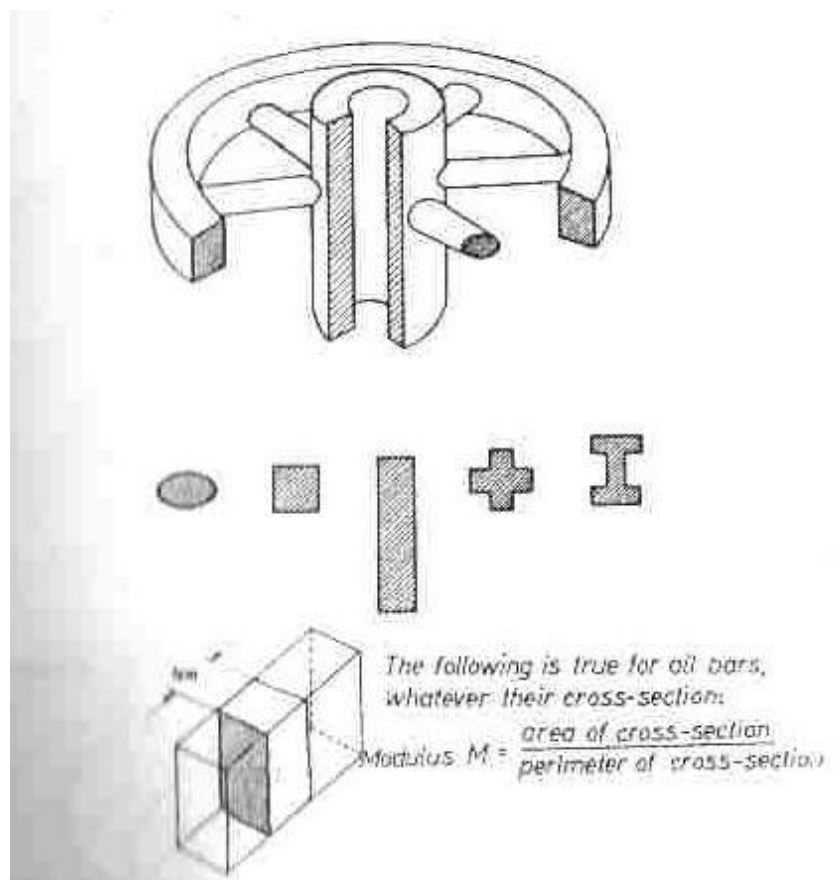


$M = \frac{a \cdot b}{2(a + b)}$  (see also F)

$$M = \frac{V}{A}$$

$$M = \frac{A}{P}$$

$$M_p = \frac{V}{A}$$



## Cuerpos semi infinitos

$M_p =$  modulo  
 geometrico


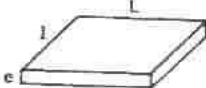
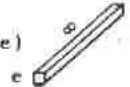



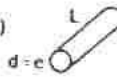



FORMES		$\omega$ (*)
Plaques infinies (panneau de caisson)		$L/e = 1/e = \infty$ 1
Parallélépipèdes étendus		$L/e = 1/e = 10$ 0,95
		$L/e = 1/e = 6 \text{ à } 8$ 0,90
Barres carrées infinies (couronnes à section carrée)		$L/e = \infty$ 0,85
Parallélépipèdes peu étendus		$L/e = 1/e = 4 \text{ à } 5$
Cylindres infinis (tores)		$L/e = \infty$ 0,80
Barres carrées courtes		$L/e = 2 \text{ à } 5$
Cylindres courts (* *)		$L/e = 2 \text{ à } 5$
Cubes (* *)		$L/e = 1/e = 1$ 0,75
Cylindres très courts (* *)		$L/e = 1 \text{ à } 2$
Sphères (* *)		$L/e = 1/e = 1$ 0,72

Figure 11  
Exemples de valeurs de coefficients de forme  $\omega$  pour des corps concrets. d'après [10].

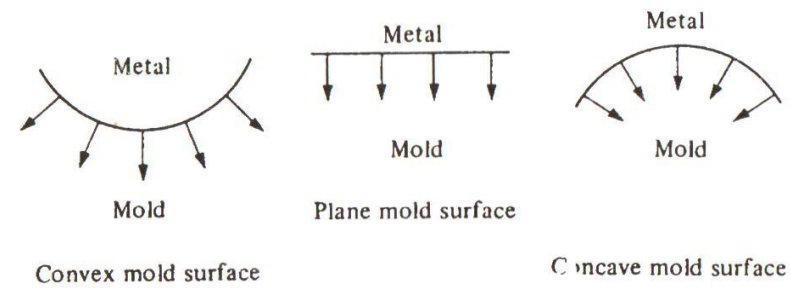


Fig. 10.2 Effect of contour on the heat flux into molds.

$$M' = \omega M_p$$

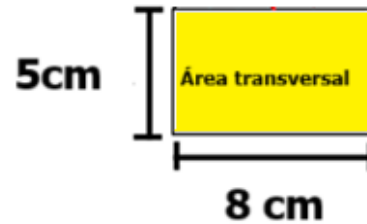
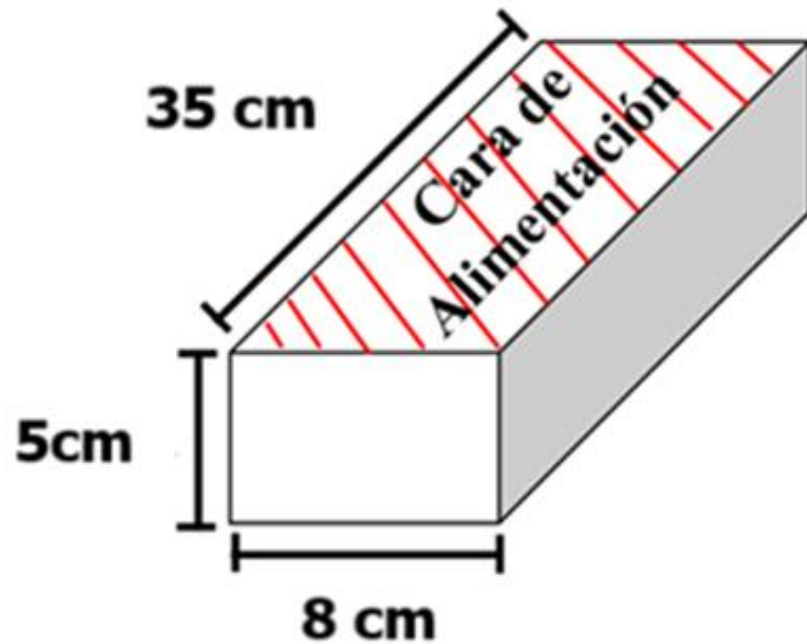
$M'$  = modulo de enfriamiento

$\omega$  = factor de forma







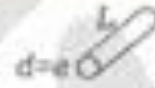



$$M' = \frac{e'}{2} \quad e' = 2M'$$

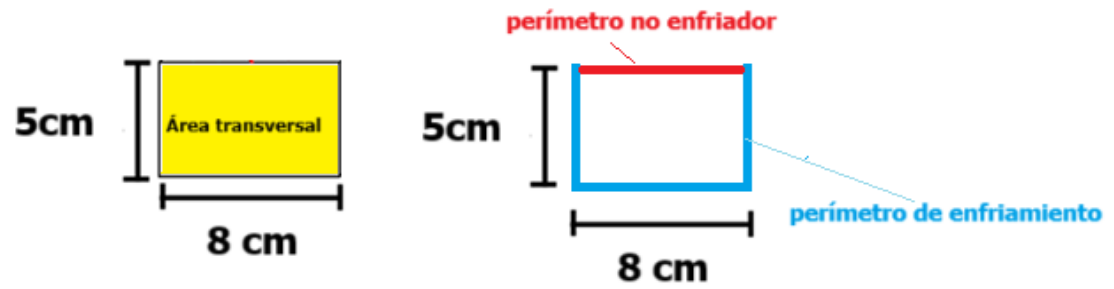
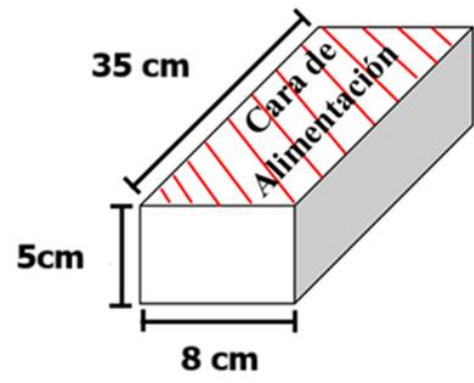
$e'$  = espesor equivalente

# Regla de los módulos



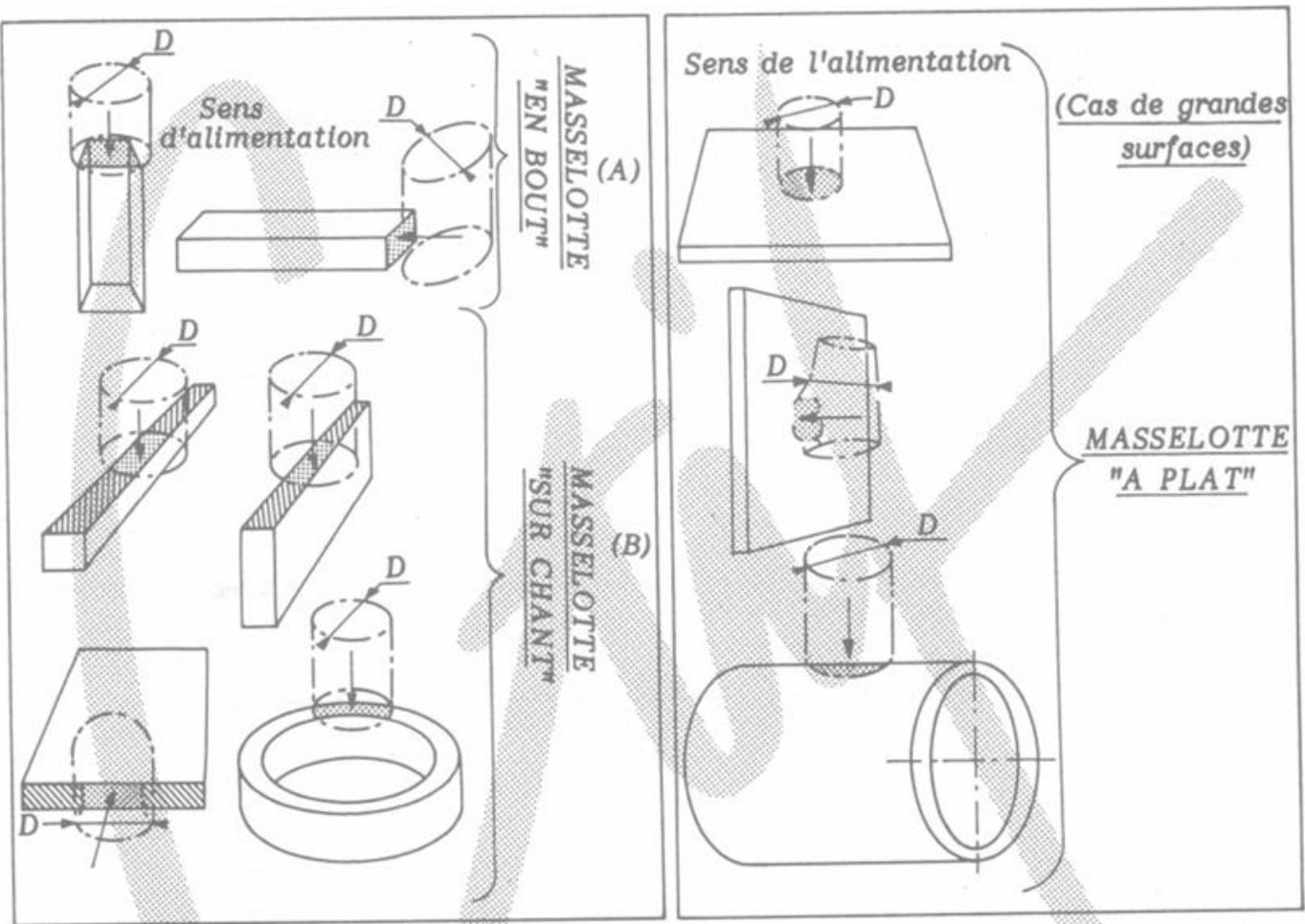
$$M_P = \frac{A_T}{P_{enf}} = \frac{8 \times 5}{5 + 8 + 5} = 2.22 \text{ cm}$$

FORMES		$\alpha(*)$
Plaques infinies		$L/e = l/e = \infty$ 1
Parallélépipèdes étendus		$L/e = l/e = 10$ 0,95
		$L/e = l/e = 6 \text{ à } 8$ 0,90
Barres carrées infinies (couronnes à section carrée)		$L/e = \infty$ 0,85
Parallélépipèdes peu étendus		$L/e = l/e = 4 \text{ à } 5$
Cylindres infinis (tores)		$L/e = \infty$ 0,80
Barres carrées courtes		$L/e = 2 \text{ à } 5$
Cylindres courts (**)		$L/e = 2 \text{ à } 5$
Cubes (**)		$L/e = l/e = 1$ 0,75
Cylindres très courts (**)		$L/e = 1 \text{ à } 2$
Sphères (**)		$L/e = l/e = 1$ 0,72



$$M_p = \frac{A_T}{P_{enf}} = \frac{8 \times 5}{5 + 8 + 5} = 2.22 \text{ cm}$$

$$M_p' = w * M_p = 0.8 \times 2.22 = 1.78 \text{ cm}$$



$$M_A = J * M_p$$

Figure 17 : Sens d'alimentation.

masselottage "en bout"	$1,20 \leq J \leq 1,29$
masselottage "sur chant"	$1,29 \leq J \leq 1,54$
masselottage "à plat"	$1,54 \leq J \leq 1,84$

$$M_A = J * M_p = 1.48 * 1.78 = 2.63\text{cm}$$

$$D = 2r$$

$$H = D = 2r$$

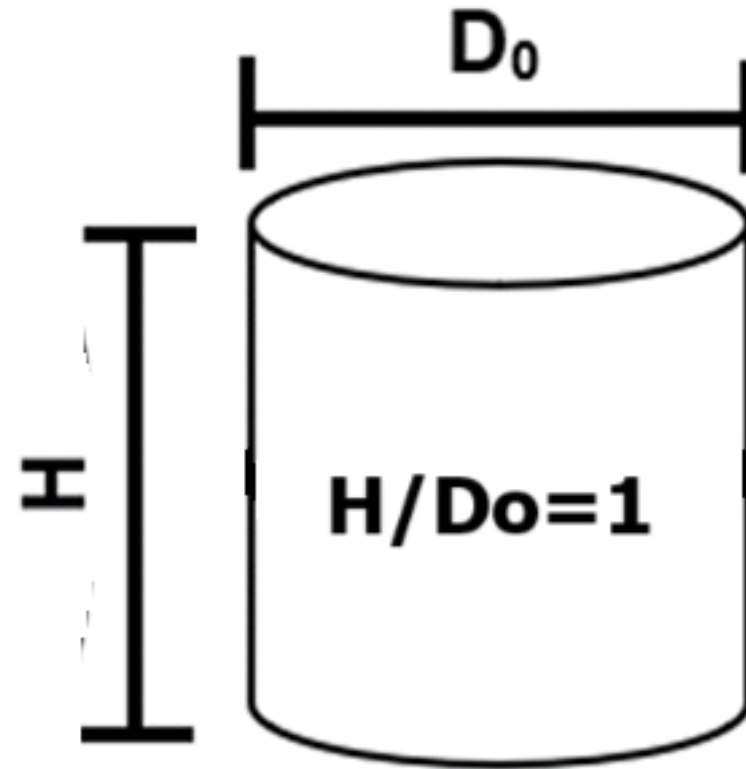
$$V = A_T H = \pi r^2 (2r) = 2\pi r^3$$

$$A = \pi r^2 + 2\pi r(2r) = \pi(5r^2)$$

$$M_A = \frac{V}{A} = \frac{2\pi r^3}{\pi(5r^2)} = \frac{2r}{5}$$

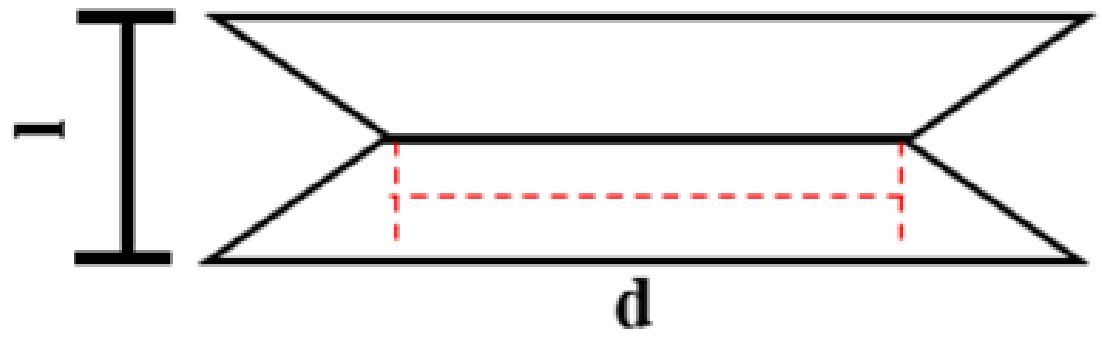
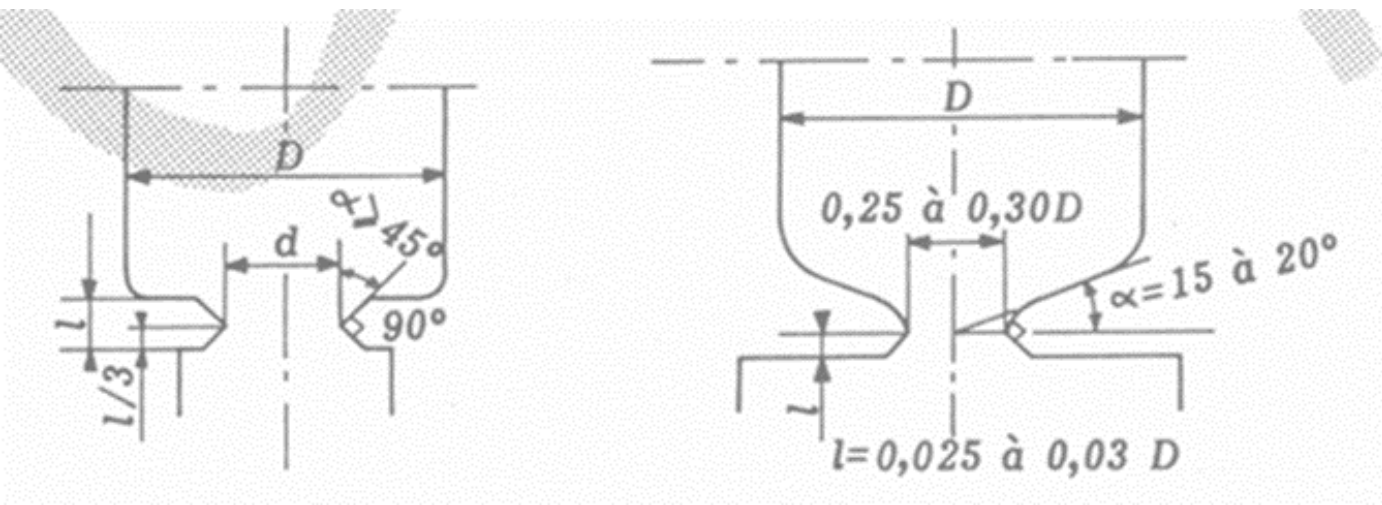
$$r = \frac{5}{2} M_A$$

$$D_0 = 2r = 2 \left( \frac{5}{2} M_A \right) = 5M_A$$



$$D_0 = 2r = 2 \left( \frac{5}{2} M_A \right) = 5M_A = 13.2\text{cm}$$

$$H = D_0 = 13.2\text{cm}$$



d	l
0,25.D à 0,5.D	0,1.D à 0,15.D

$$d = 0.325 * D_0 = 4.3 \text{ cm}$$

$$l = 0.125 * D_0 = 1.7 \text{ cm}$$

# Definición del # de alimentadores requeridos

- Regla de las contracciones: El numero de alimentadores debe ser suficiente para proporcionar el liquido requerido para alimentar la contracción liquida y de solidificación de la pieza.
- Regla de las zonas de acción: Los alimentadores incluidos deben ser capaces de alcanzar todas las regiones de interés de la pieza, ya sea mediante A, A+E o A+E+E'.

# **Regla de las contracciones**

# Contractions

## Variations volumiques globales R des alliages à retrait

Alliages	Surchauffe par rapport au liquidus		Alliages	Surchauffe par rapport au liquidus		
	50	150		50	150	
Bronzes courants	4	4,5	Alliage d'aluminium Al Si 12	4,5	5	
Laitons ordinaires	6	6,5	Alliages d'aluminium Al Si 10, Al Si 7, Al Si 5	6,5 à 7,5	7 à 8	
Laitons H.R.	7	7,5	Alliages d'aluminium Al Cu 8, Al Cu 4	6,5 à 7,5	7 à 8	
Cu-Al 10 et Cupro-Ni	5	5,5	Alliages d'aluminium Al Mg 3, Al Mg 6	8	8,5 à 9	
Alliages de magnésium	5	6	Aciers	C <sub>t</sub> voisin de 0,8 %	6	7
Fonte blanche Ceq # 3 %	4	6				

# Regla de las contracciones

$$V_A > 6 \left( \frac{R}{100} \right) V_P$$

R : retrait volumique en %

$$V_{\text{mass}} > s.R.V_{\text{pièce}}$$

s = 6 masselotte ordinaire

s = 4 masselotte avec couverte exothermique ou isolante

s = 2 masselotte à manchon et couverte en produits exothermiques ou isolants

Alliages	Surchauffe par rapport au liquidus		Alliages	Surchauffe par rapport au liquidus	
	50	150		50	150
Laitons H.R	7	7,5	Alliages d'aluminium A-U5GT ; A-U8S	6,5 à 7,5	7 à 8
CuAl10Fe3 ; CuNi30	5	5,5	Alliages d'aluminium A-G3T ; A-G 6	8	8,5 à 9
Alliages de magnésium	5	6	Aciers { C <sub>i</sub> voisin de 0,8 % C <sub>i</sub> voisin de 0,3 %	6	7

$$V_A = 2\pi r^3 = 2\pi(6.6)^3 = 1806.4 \text{ cm}^3$$

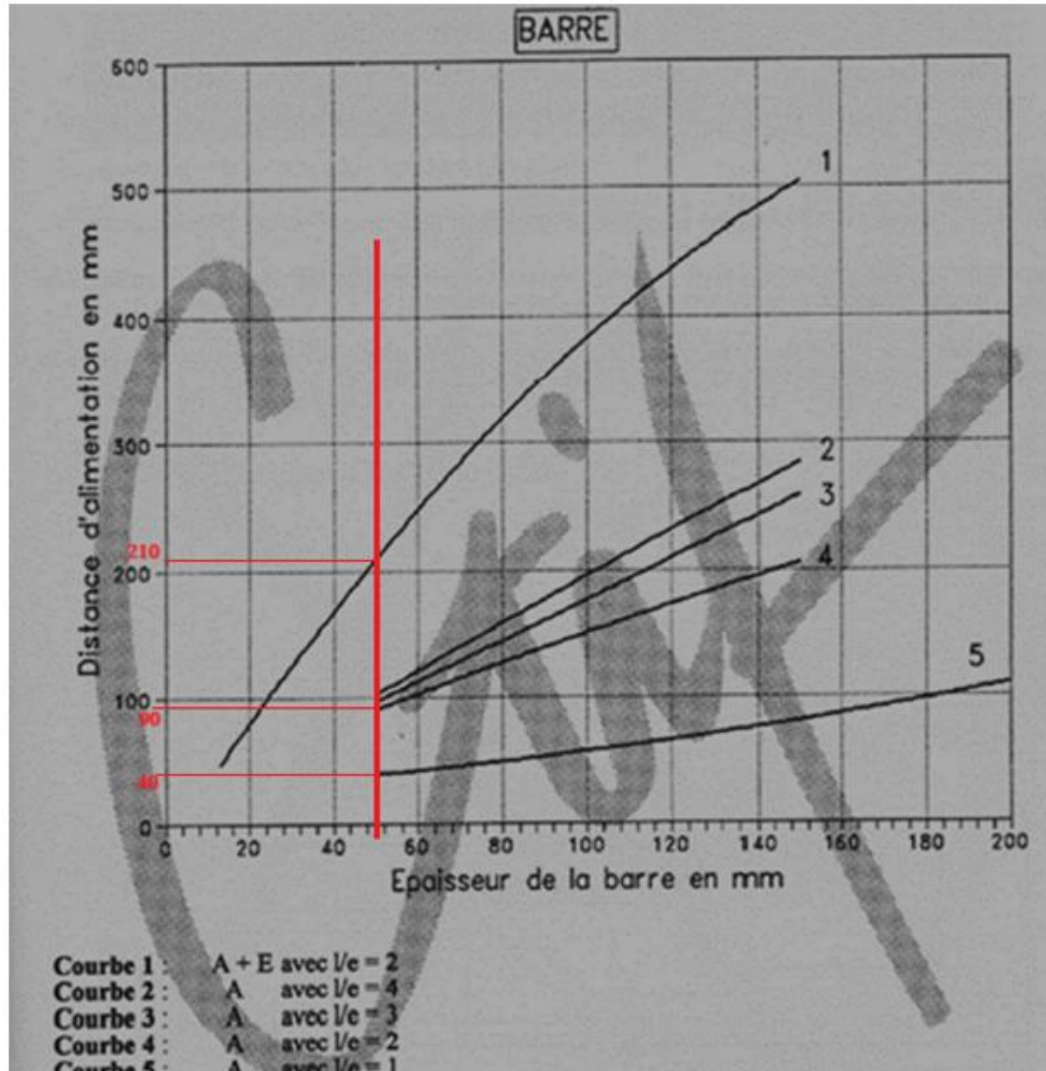
$$V_P = L * H * W = 8 \times 5 \times 35 = 1400 \text{ cm}^3$$


$$6 \left( \frac{R}{100} \right) V_P = 6 \left( \frac{9}{100} \right) 1400 = 756 \text{ cm}^3$$

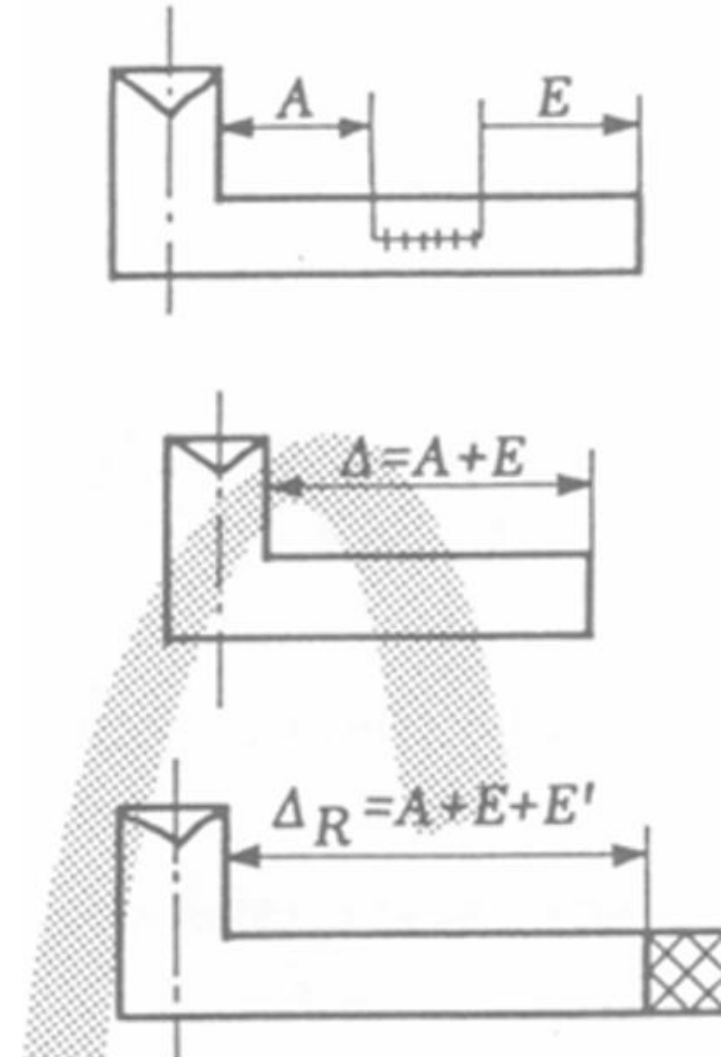
$$V_A = 1806.4 \text{ cm}^3 > 6 \left( \frac{R}{100} \right) V_P = 756 \text{ cm}^3$$

# **Regla de los radios de acción**

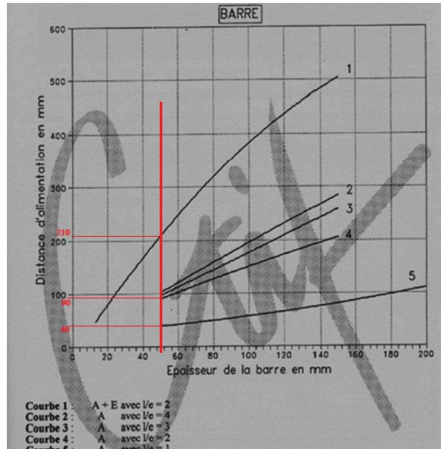
# Regla de los radios de acción



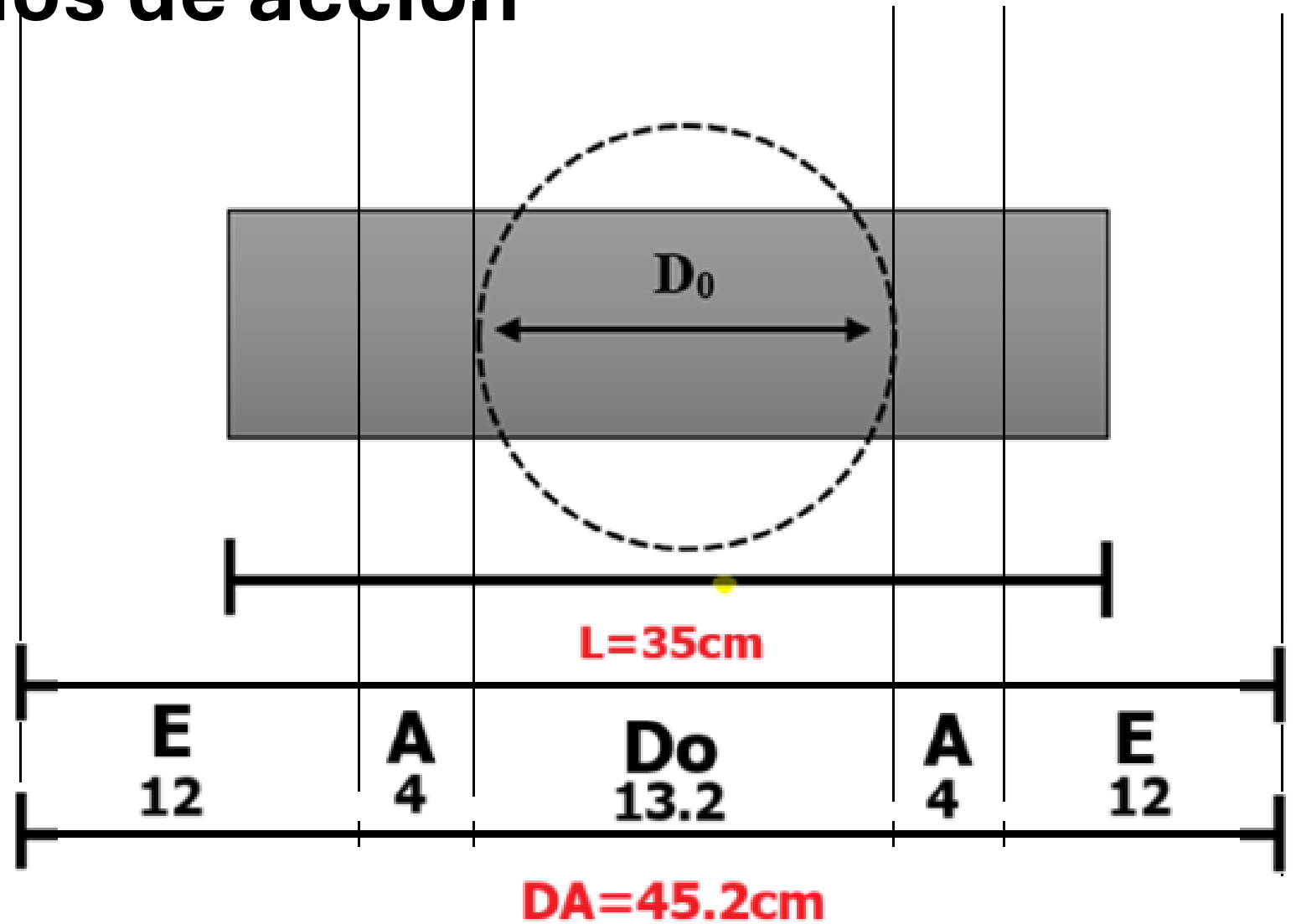
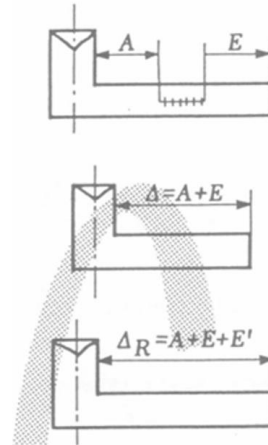
$e = 5\text{cm}$   
  
 $L = 8\text{cm}$   
 $L/e = 1.6$



# Regla de los radios de acción

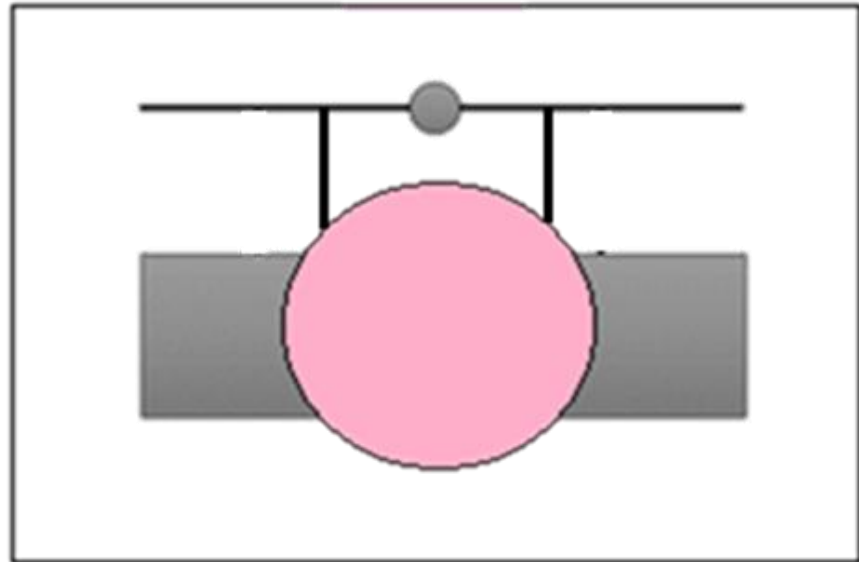


e=5cm  
L=8cm  
L/e=1.6



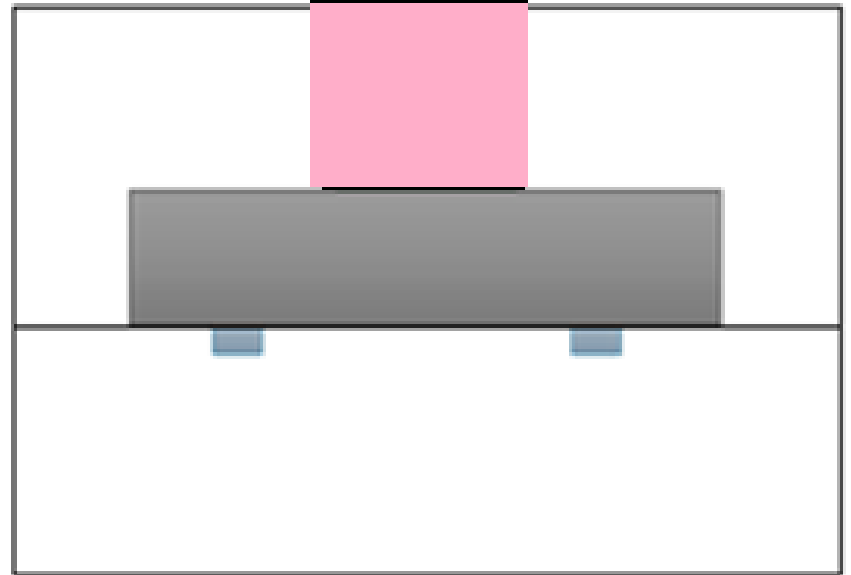
$$DA = D_0 + 2(A + E) = 13.2 + 2(12 + 4) = 45.2 \text{ cm}$$

# **Sistema de llenado**



45cm

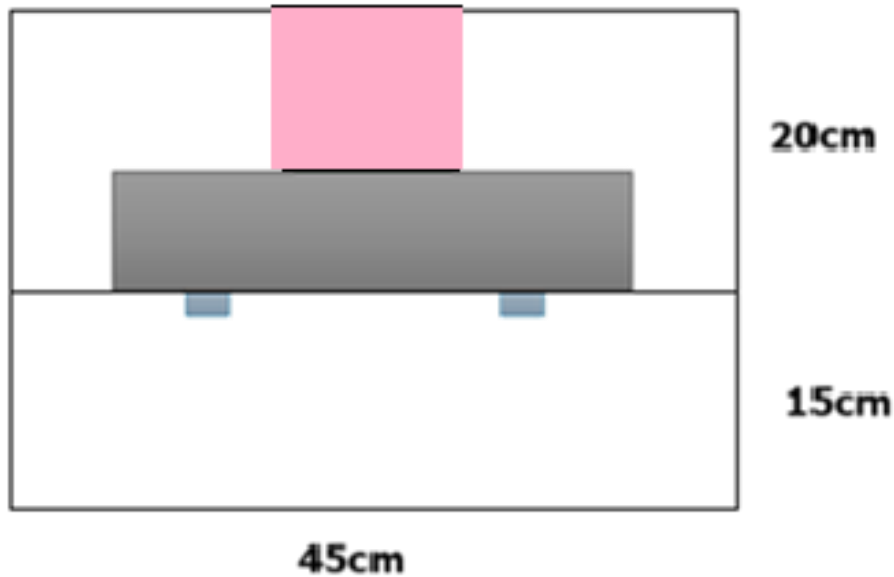
35cm



20cm

15cm

45cm



$$\sqrt{H} = \frac{\sqrt{H_i} + \sqrt{H_f}}{2}$$

$$\sqrt{H} = \frac{\sqrt{20cm} + \sqrt{0cm}}{2} = 2.236$$

$$H = 5cm$$

$$V_{total} = V_A + V_P = 1806.4 + 1400 = 3206.4cm^3$$

$$T_r = 12s$$

$$S_d = \pi r^2$$

$$S_d = \frac{V_{tot}}{T_r} * \frac{B}{\sqrt{H}} * \frac{1}{\sqrt{2g}} = \frac{3206.4}{12} * \frac{2}{\sqrt{5}} * \frac{1}{\sqrt{2 * 980}} = 5.4cm^2$$

$$r = \sqrt{\frac{S_d}{\pi}} = \sqrt{\frac{5.4}{\pi}} = 1.3cm$$

$$S_d = 5.4 \text{ cm}^2$$

**Sd: Sc: Sa**

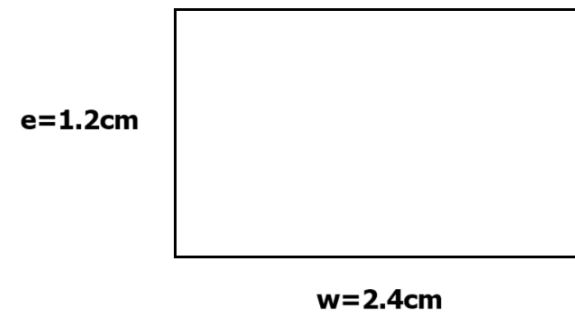
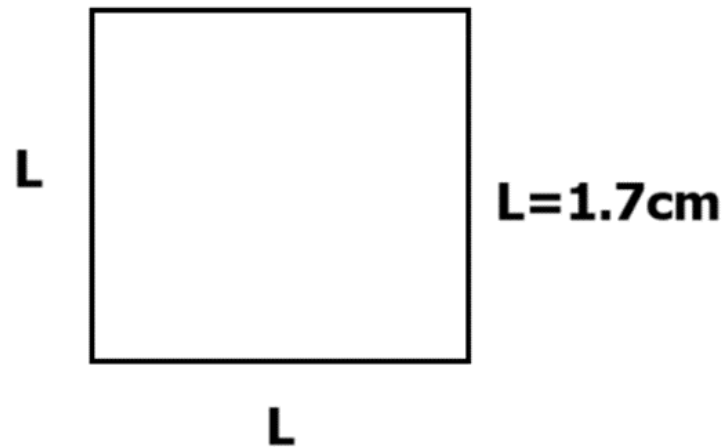
**1:1:1**

$$S_c = 5.4 \text{ cm}^2$$

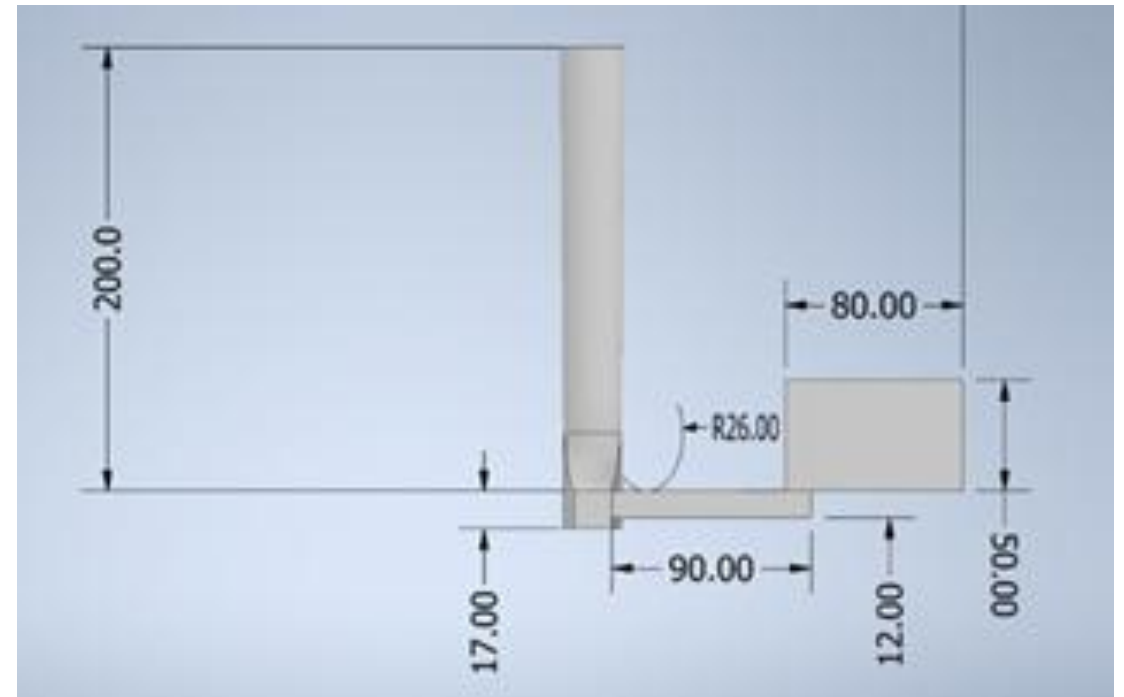
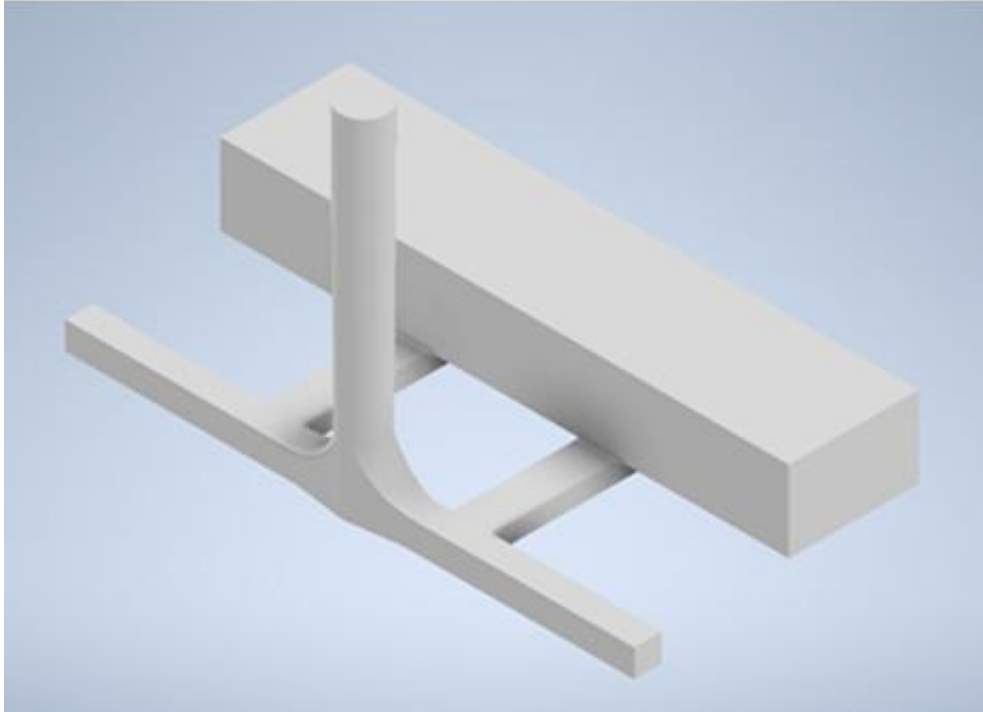
$$S_a = 5.4 \text{ cm}^2$$

área por corredor es de  $5.4/2 = 2.7 \text{ cm}^2$

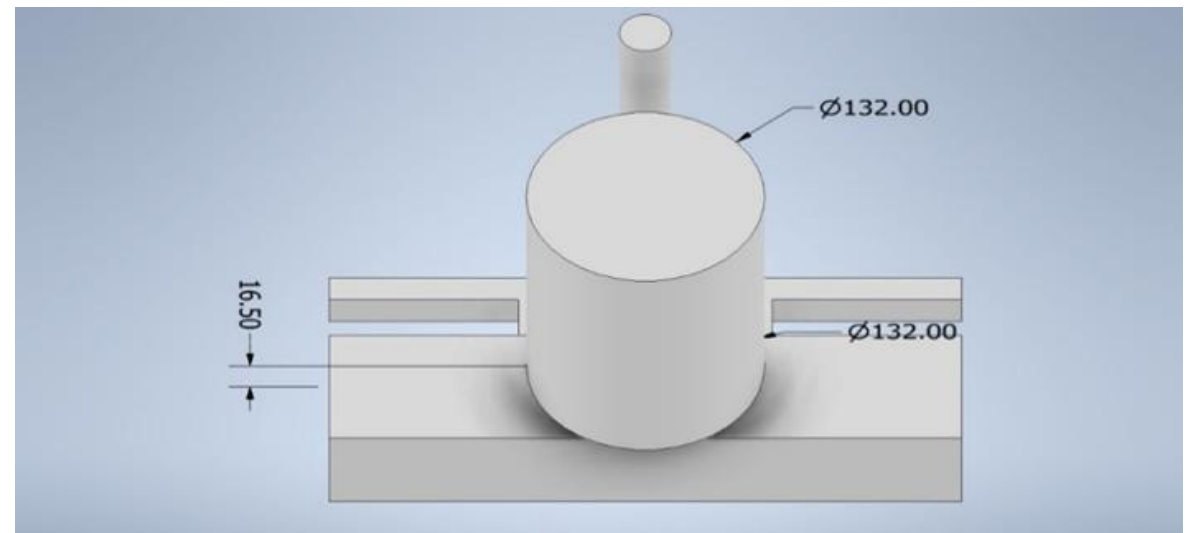
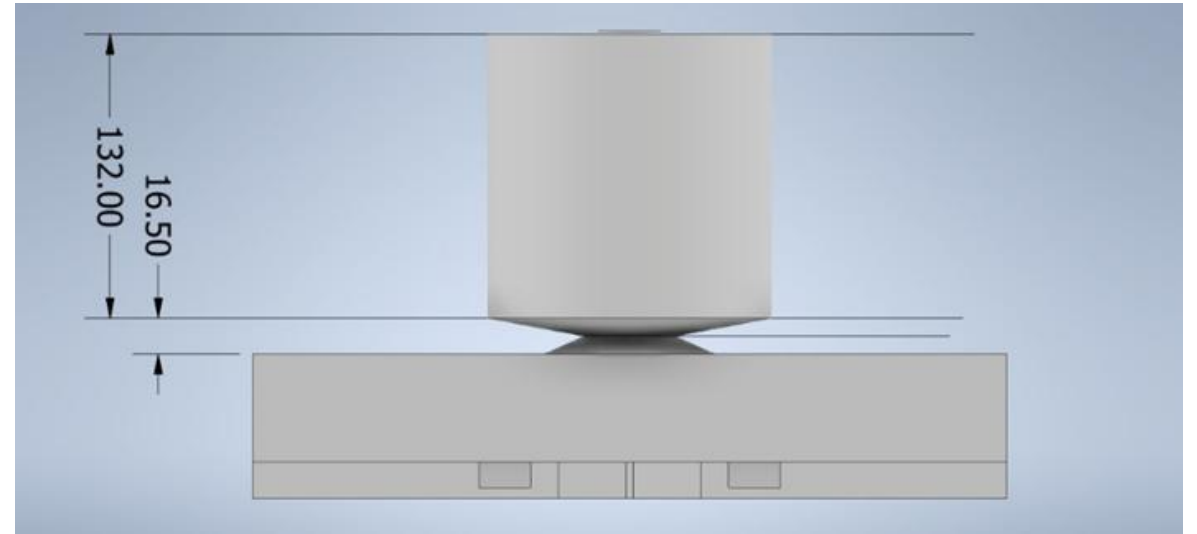
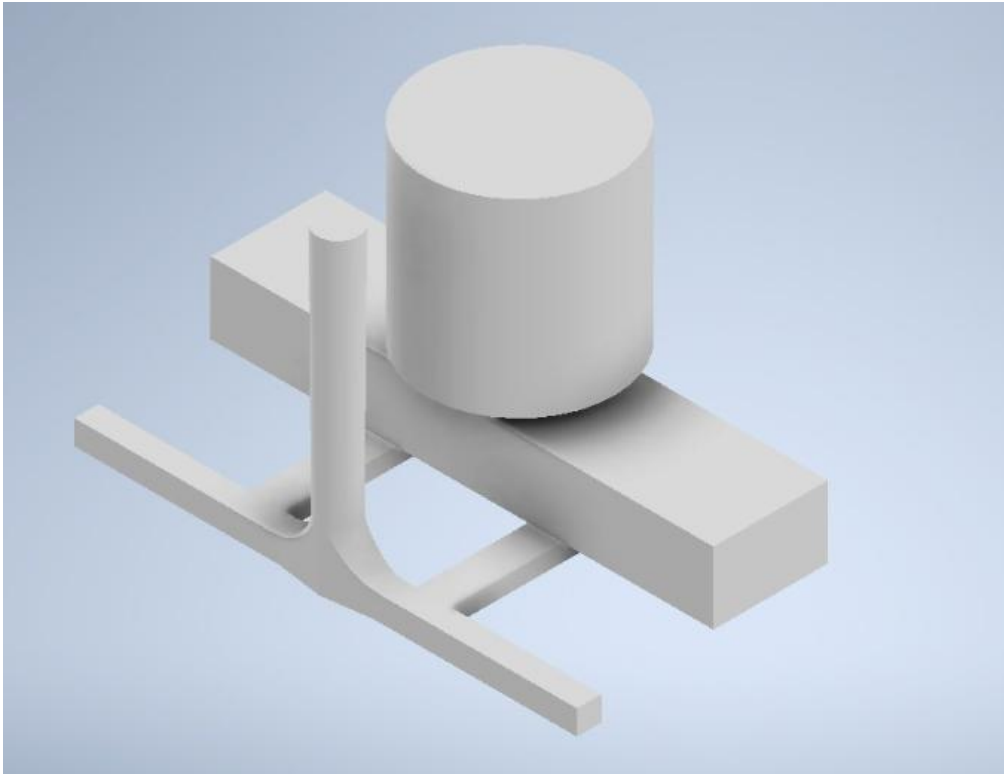
área por ataque es de  $5.4/2 = 2.7 \text{ cm}^2$



# Elaboración de los dibujos 3D de los casos bajo estudio en software CAD



# Elaboración de los dibujos 3D de los casos bajo estudio en software CAD





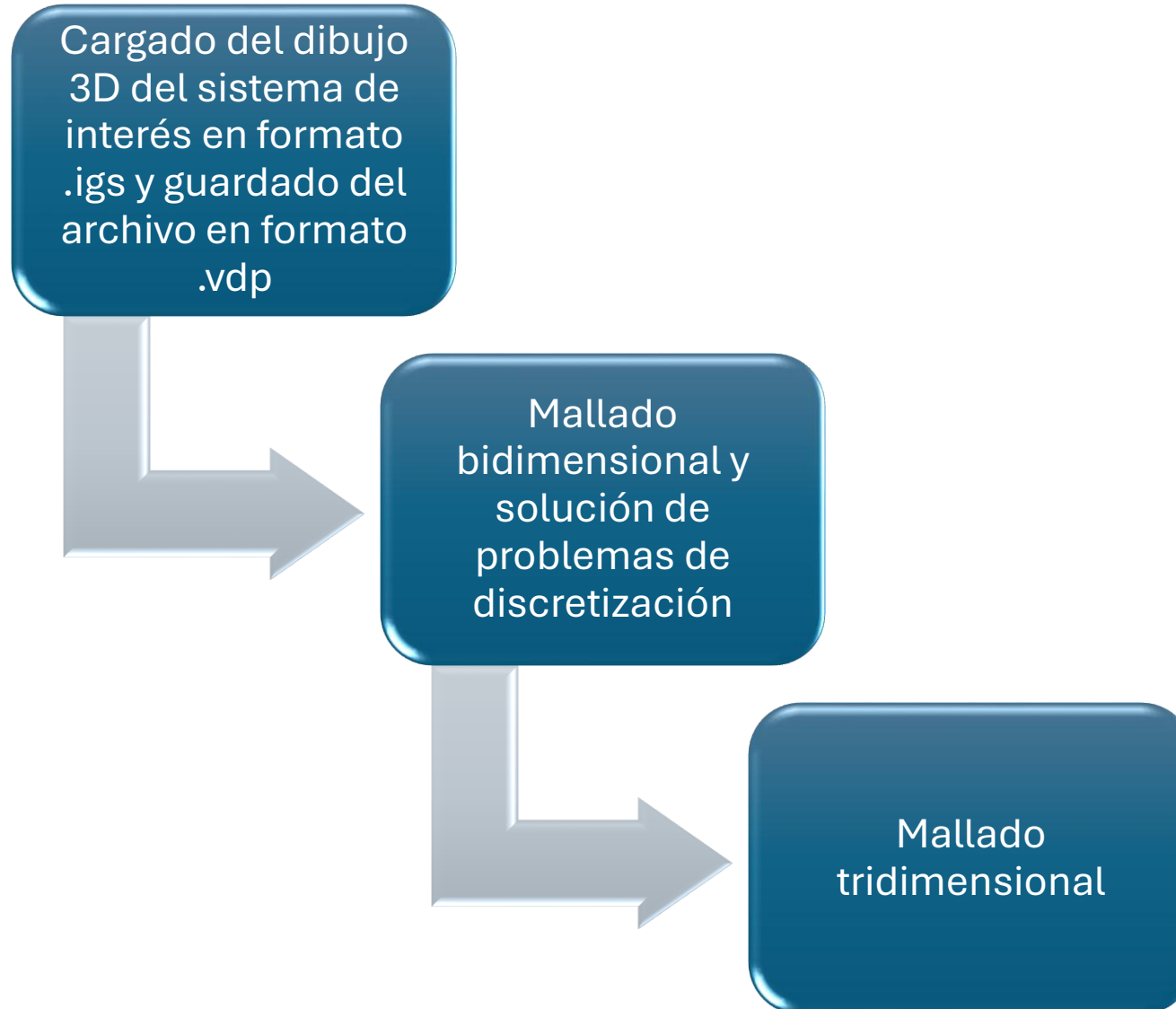
# Software Procast

VisualMes  
h

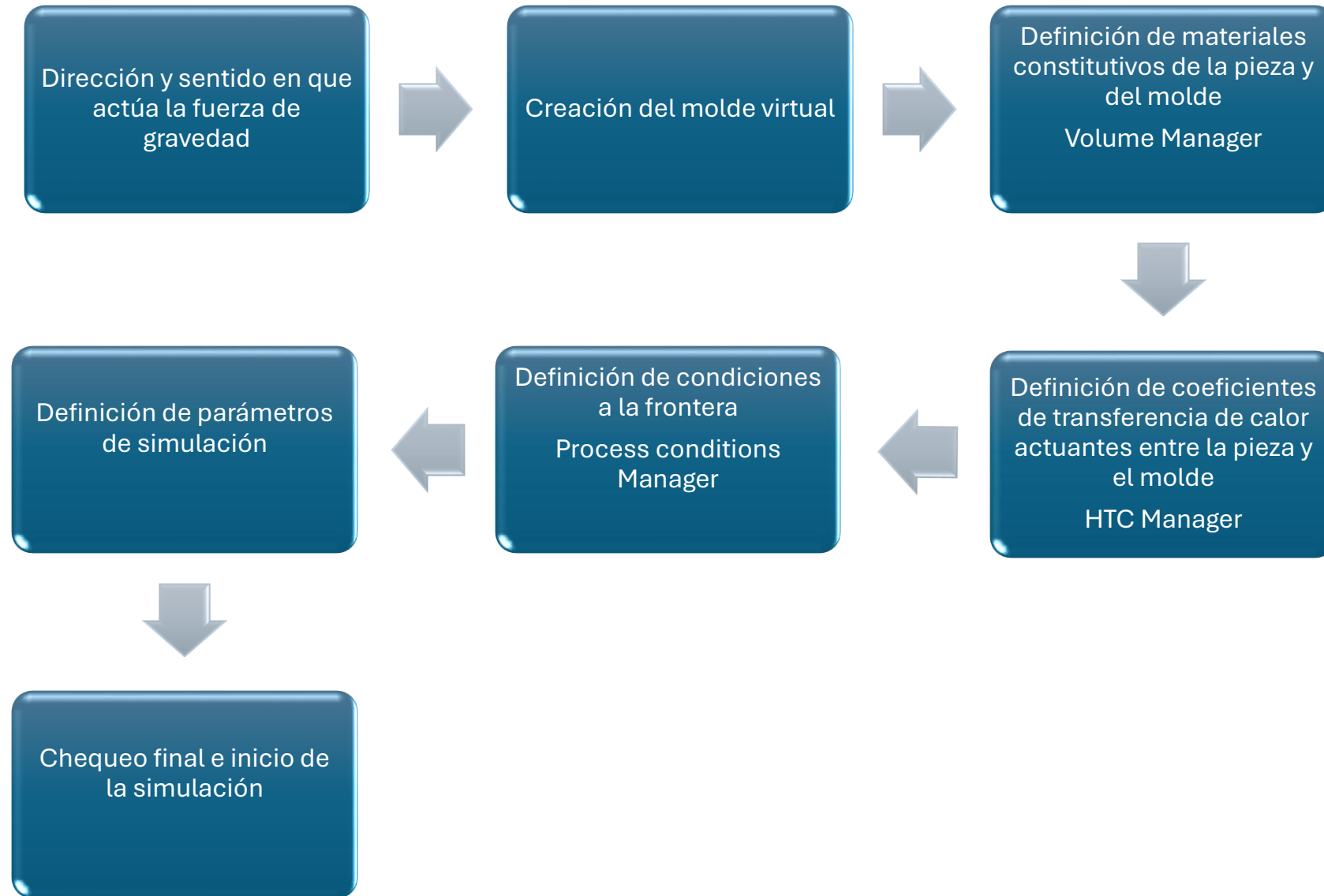
VisualCast

Visual  
Viewer

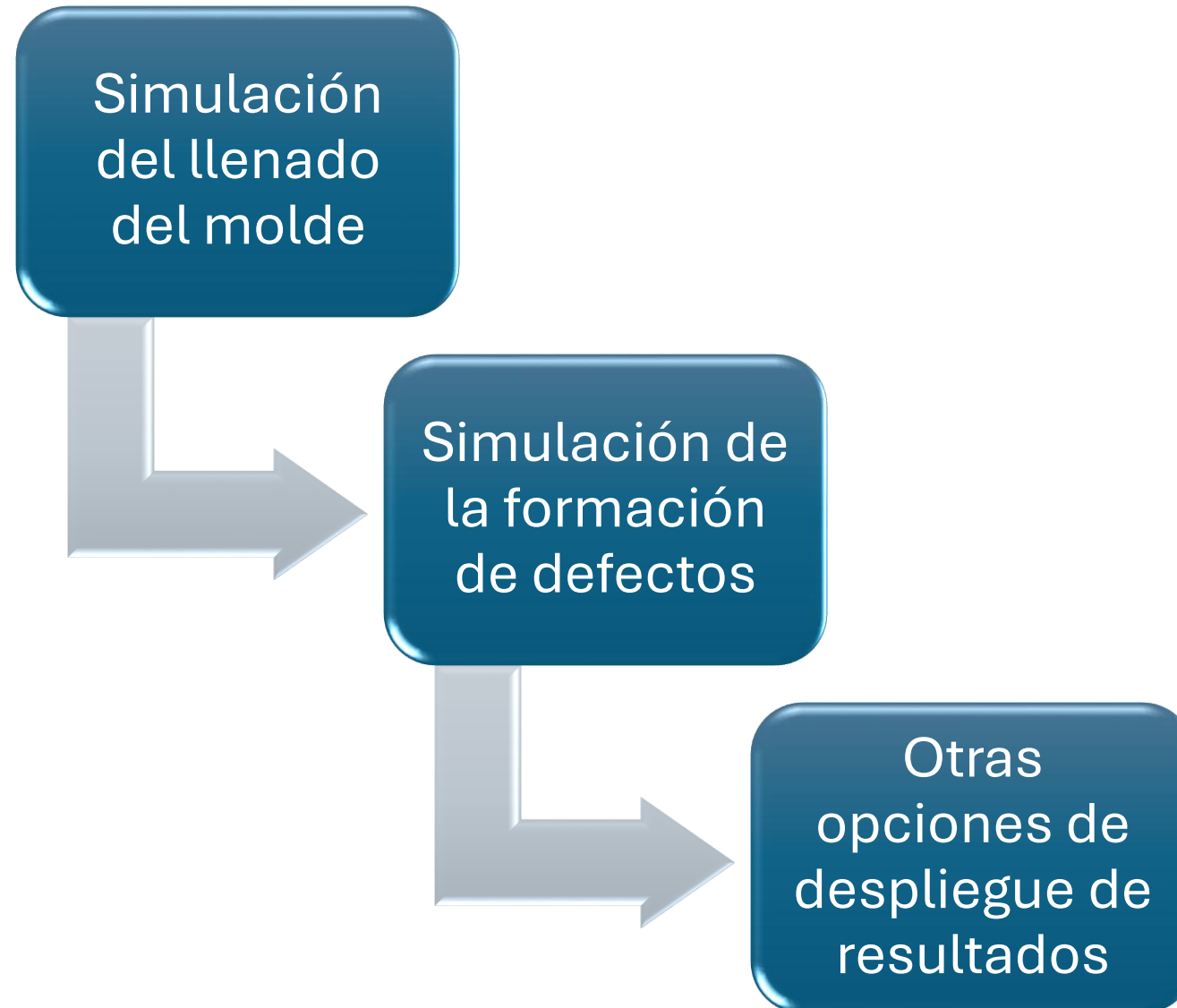
# Software Procast: VisualMesh



# Software Procast: VisualCast



# Software Procast: VisualViewer



**FIN**