

Tecnología de la fundición

U5 – Sistemas especiales

División Metalurgia - INTEMA
Area Metalurgia - Dep. Mecánica
FI - UNMDP



MOLDES CERAMICOS

Para piezas de gran calidad - Material de moldeo: "harinas" de Zr

↓↓ granulometría (400 Mesh) → ↑↑ terminación superficial

↑ estabilidad dimensional → ↓ costo mecanizado (concepto FCF/NNS)

Harinas Zr refractarias, no hay penetración → ↑ sobrecalentamiento
↑ precalentamiento

Precalentamiento evita roturas de molde por shock térmico

No hay erosión → ausencia de inclusiones no metálicas

Ausencia de reacciones molde/metal, no hay agua ni resinas

Desventajas

Costo del material en moldes de gran tamaño

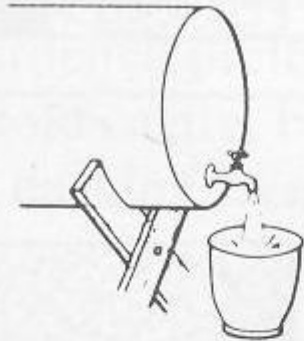
Baja permeabilidad del molde → generación de micro grietas

2 tipos de técnicas → **Método Shaw y Ceras perdidas**

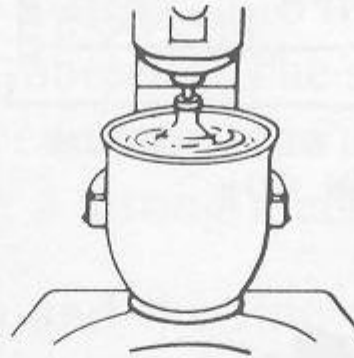
MOLDES CERAMICOS - SHAW



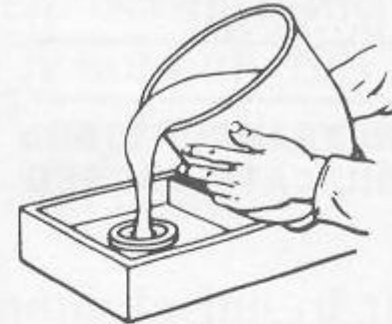
Harinas de Zr



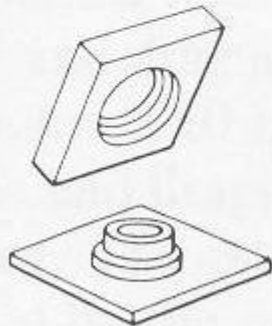
Ligante líquido
Silicato de etilo



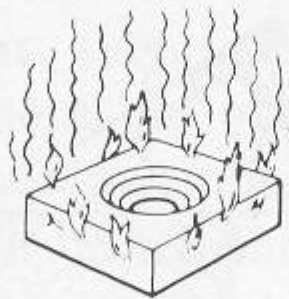
Mezclado de ambas
+
agente de gelado



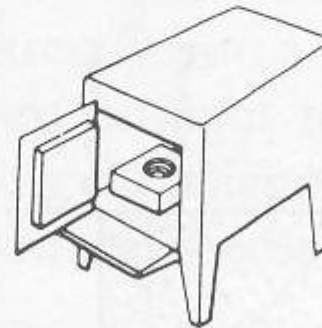
Colado barro cerámico
sobre modelo
t gelado: 2-3 min



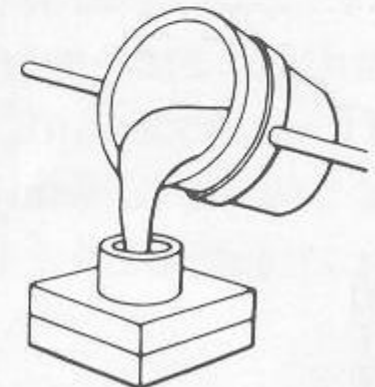
Desmodelado/ desmoldado
molde cerámico



Quemado con
llama directa
"microfisuras"



Sinterizado
Mejoramiento PM
+
precalentado molde

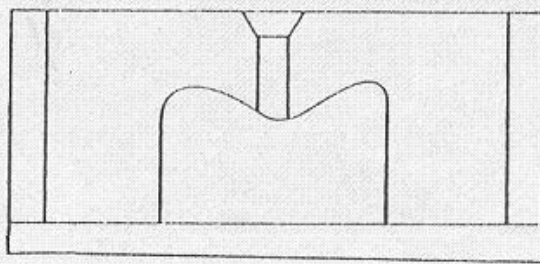


Colada

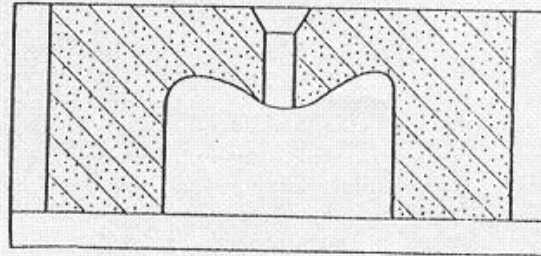
MOLDES CERAMICOS: Ciclo

1. Modelos: metálicos, plásticos, maderas + agente "desmodelado"
2. Mezcla cerámica: 100 ml Silicato de etilo por 0,9 kg de harina de Zr + agente de gelación (3-4 min para gelar)
3. Quemado
 - Elimina presencia de alcoholes
 - Microcracking, de tamaño controlado → ↑ permeabilidad
4. Sinterizado $\approx 1100 - 1600$ °C, por llama directa o en horno
 - Incrementa PM del molde
 - Incrementa resistencia a la erosión
5. Colada
 - Molde precalentado, desde el sinterizado

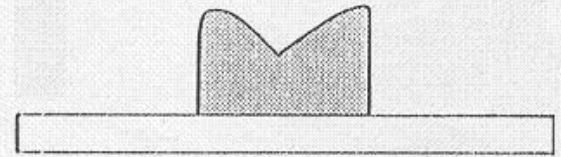
Moldes cerámicas – Shaw Cáscara



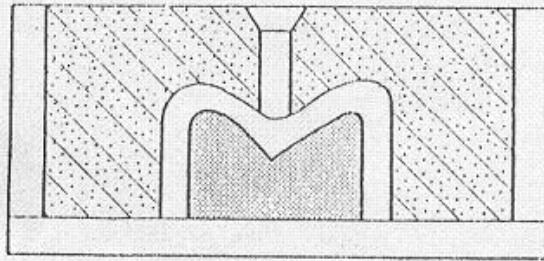
1. Posicionamiento modelo sobredimensionado



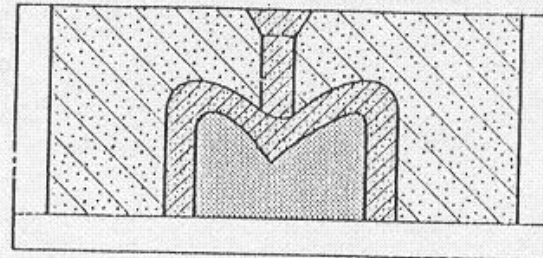
2. Moldeo arenas respaldo



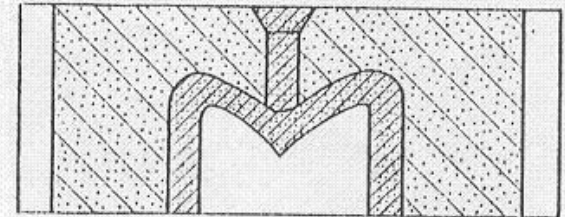
3. Modelo final



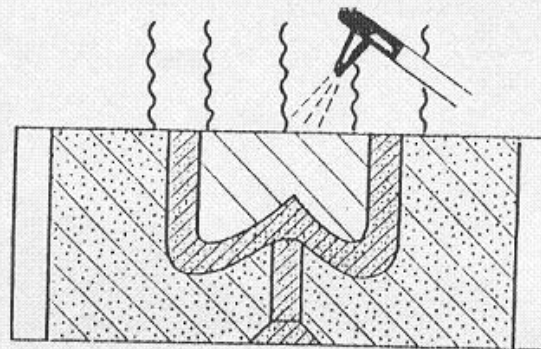
4. Molde listo para recibir el barro



5. Colado del barro cerámico



6. Desmodelado - Cáscara cerámica



7. Quemado / Sinterizado

CERAS PERDIDAS

Colada de precisión / Investement casting / Replicasting

Molde permanente → Modelo perdido → Molde perdido

Mezclas de moldeo: Barro → Harinas de Zr + Silicato de Sodio

Para piezas pequeñas con muy buena terminación superficial

Para todo tipo de aleaciones; admite ↑↑↑ sobrecalentamientos

Moldes finos, para evitar "shock térmico" → ↑↑↑ precalentamiento

↑ sobrecalentamiento + ↑ precalentamiento → ↑↑↑ COPIABILIDAD

Ceras: Parafina (52-68°C), ↓ costo, modificable, ↑ contracción

Candelilla (132°C), ↓ contracción, dura

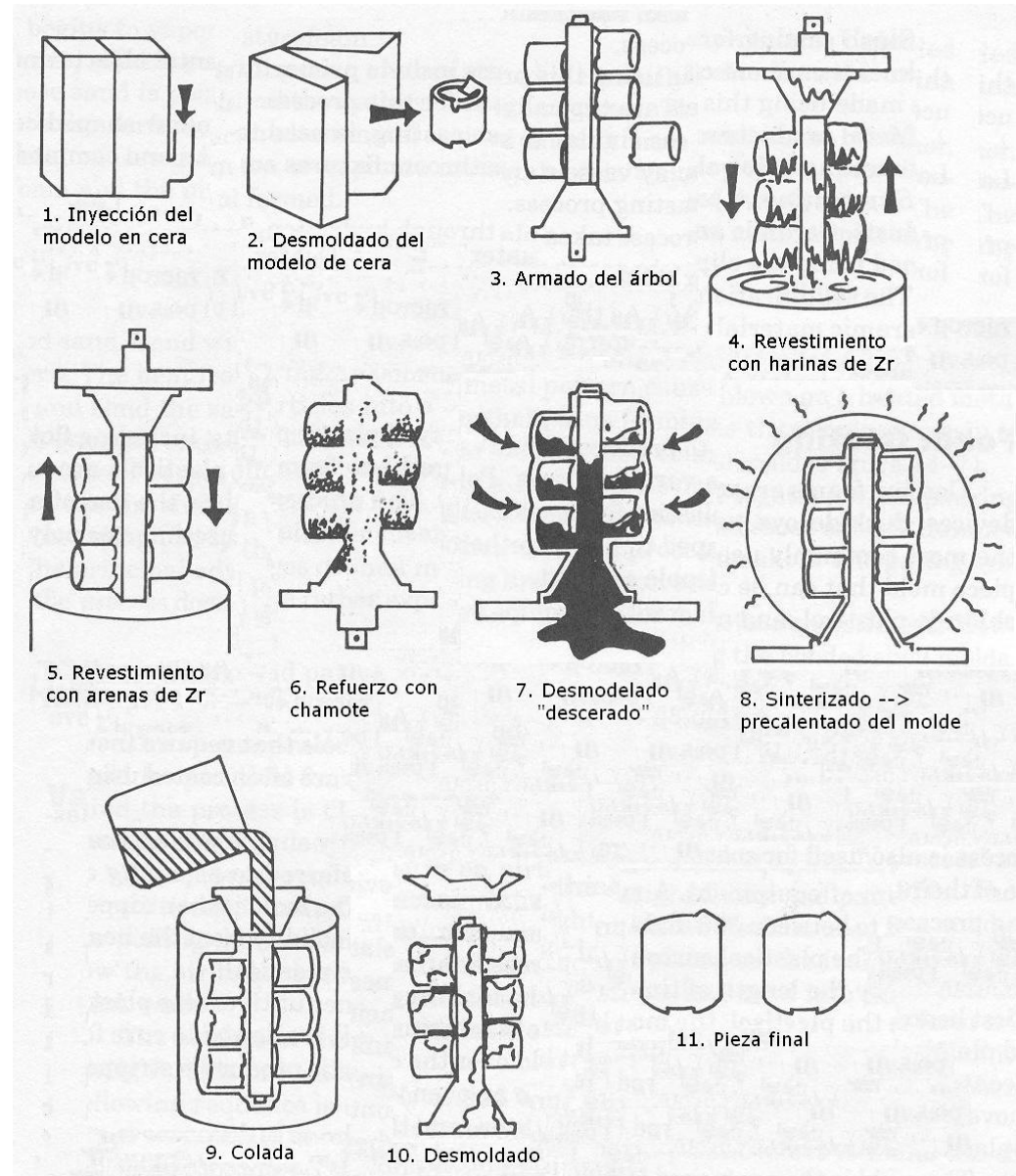
Cera de abeja (64°C), original, similar microcristalinas

Inyección de ceras → líquidas o sólidas

PS: ↑ ↑ resistencia (180-260°C), mecanizable, alto costo

CERAS PERDIDAS

1. Inyección del modelo de cera
2. Desmoldado del modelo
3. Armado del árbol
4. Revestimiento con harinas de Zr
5. Revestimiento con arenas de Zr
6. Refuerzo con chamote
7. Desmodelado/ "descerado"
8. Sinterizado --> precalentado del molde
9. Colada
10. Desmoldado
11. Pieza final



CERAS PERDIDAS

Arbol: tronco y modelos de cera listo para inmersión en el barro cerámico

ANCOWAX MF 3820/7
base ceras vegetales + resinas sintéticas. Consistencia dura, ↑↑ copiado y ↓↓ contracción.

p/Microfusión y Joyería

DATOS TECNICOS

Color: marrón

Consistencia: dura

Pf: 64 - 70 °C (ASTM D 938)

Penetración (25°C): 5-11 dmm
(ASTM D 1321)

Viscosidad (100°C): > 40 cSt
(ASTM D 445)

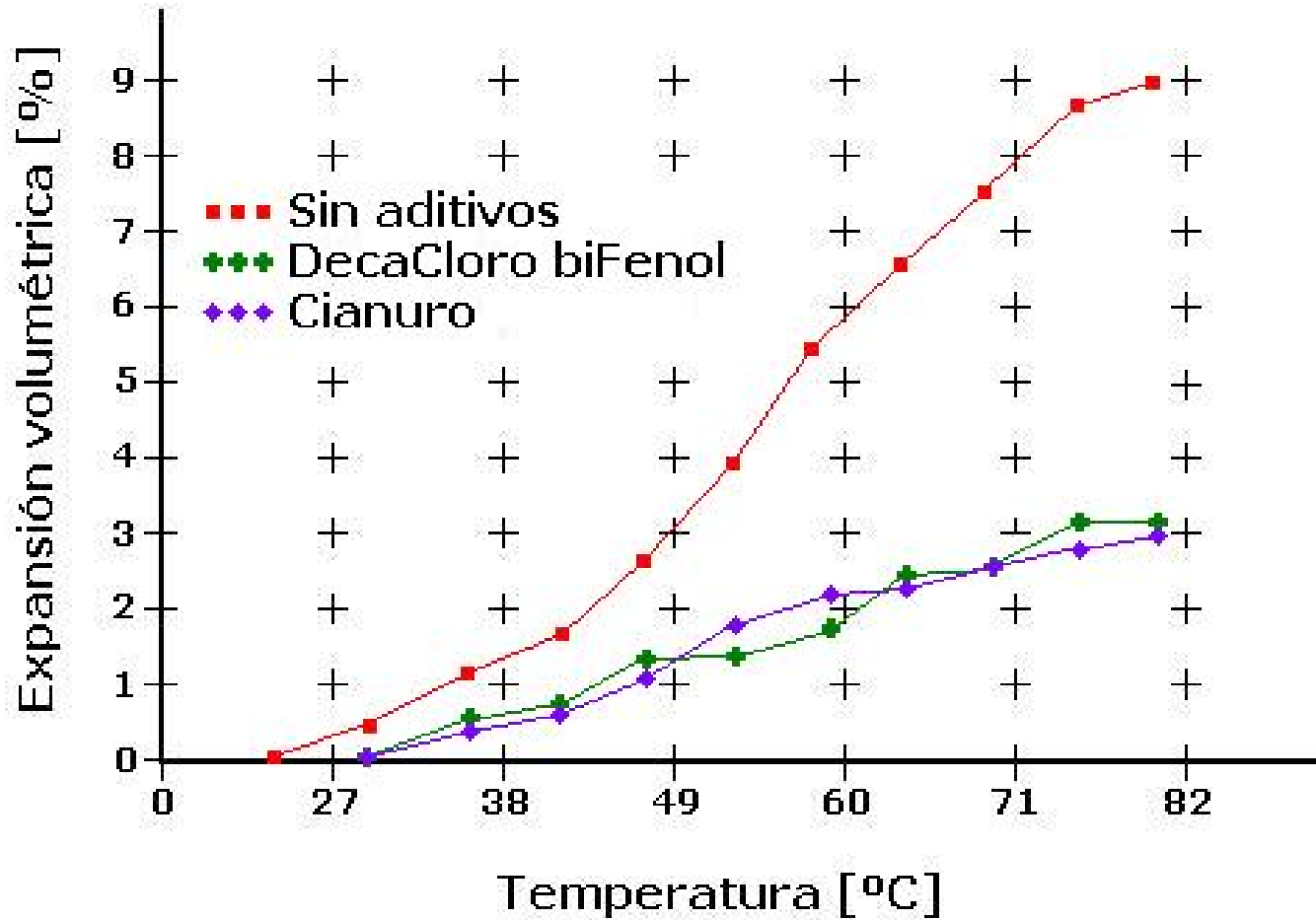
PRESENTACION : Planchas en cajas de aproximadamente 20 kgs.



CERAS PERDIDAS



CERAS PERDIDAS - Expansión



COQUILLAS METALICAS

95% piezas ferrosas → moldes descartables

50% piezas de medio, bajo y muy bajo Tf → moldes permanentes

↑↑↑ costo herramental → justificable ↑↑↑ N° piezas

desde moldes de acero hasta de Al para plomadas

Se combinan coquillas metálicas con noyos de arena convencionales

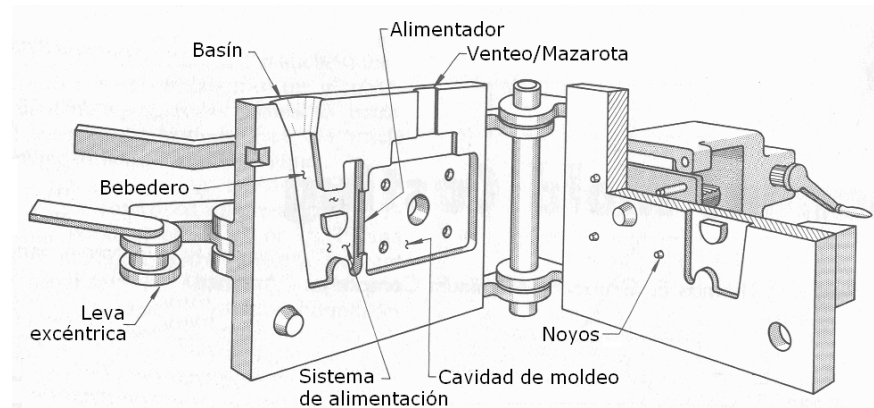
↑↑↑ velocidad enfriamiento → finas microestructuras de solidificación

Ventajas

- ↑↑ productividad; ↑↑rapidez; ↑↑ repetitividad; ↓↓ costo grandes lotes
- ↑↑ terminación superficial; ↓↓ defectos
- ↓↓ reacciones molde/metal

Desventajas

- ↑↑ costo de la coquilla
- dificultad metales alta Tf
- dificultad geometrías esbeltas
- ↓↓↓↓ flexibilidad matriz



COQUILLAS METALICAS

Enfriamientos forzados (totalmente estancos)

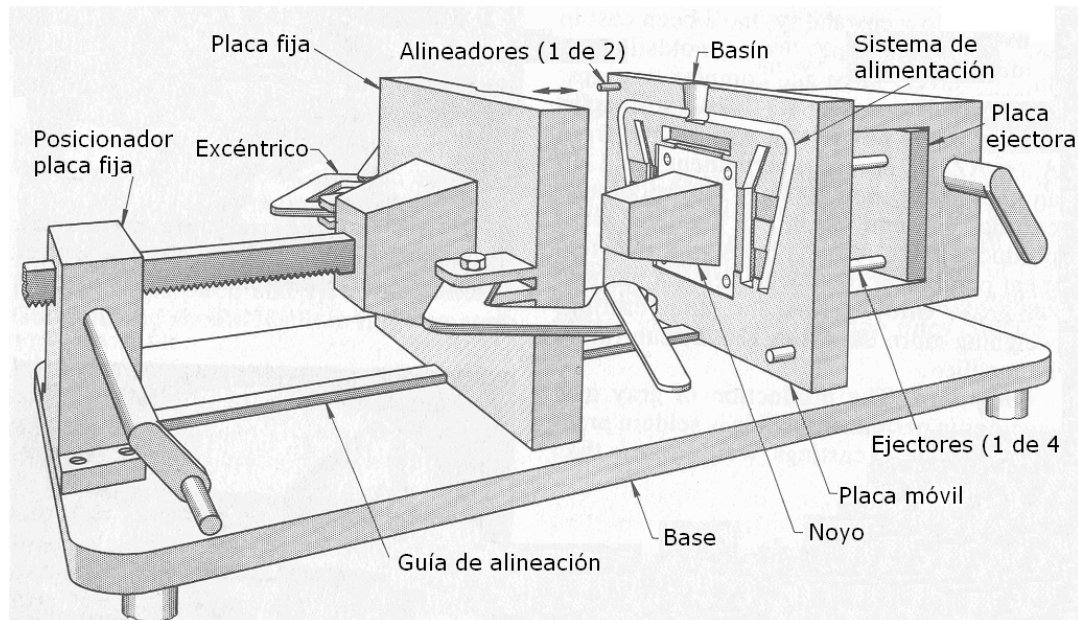
Nula permeabilidad → venteos y mazarotas abiertas

Matrices → ambas superficies calibradas

Superficie positiva → placa fija

Superficie negativa → placa móvil → presencia extractores

↑↑↑ tiempo enfriamiento → ↓↓↓ rastro impronta extractores



COQUILLAS METÁLICAS: Factores de diseño

1. Peso y forma de pieza
2. Locación de la/s cavidad/es en el molde
3. Ubicación bebederos y alimentadores
4. Ubicación de venteos
5. Ubicación de noyos
6. Modo de enfriamiento del molde
7. Presencia de recubrimientos
8. Fatiga térmica del molde → Distensionado cada 50.000 ciclos

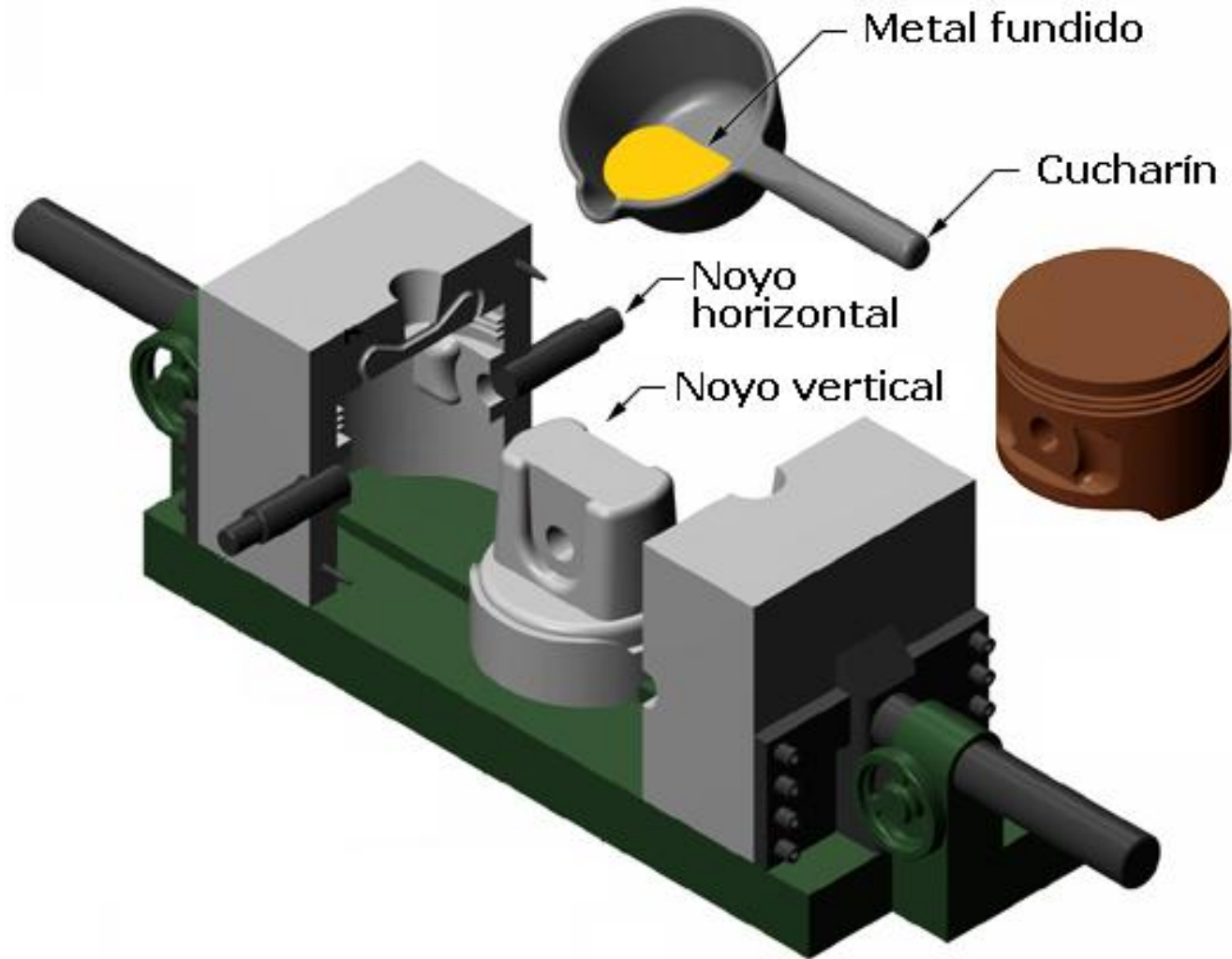
Moldes, de FG o FN → presencia Grafito libre

↑↑ Conductividad térmica → ↓ tiempo enfriamiento

Efecto lubricante para desmoldado

Problemas de reparabilidad (baja soldabilidad)

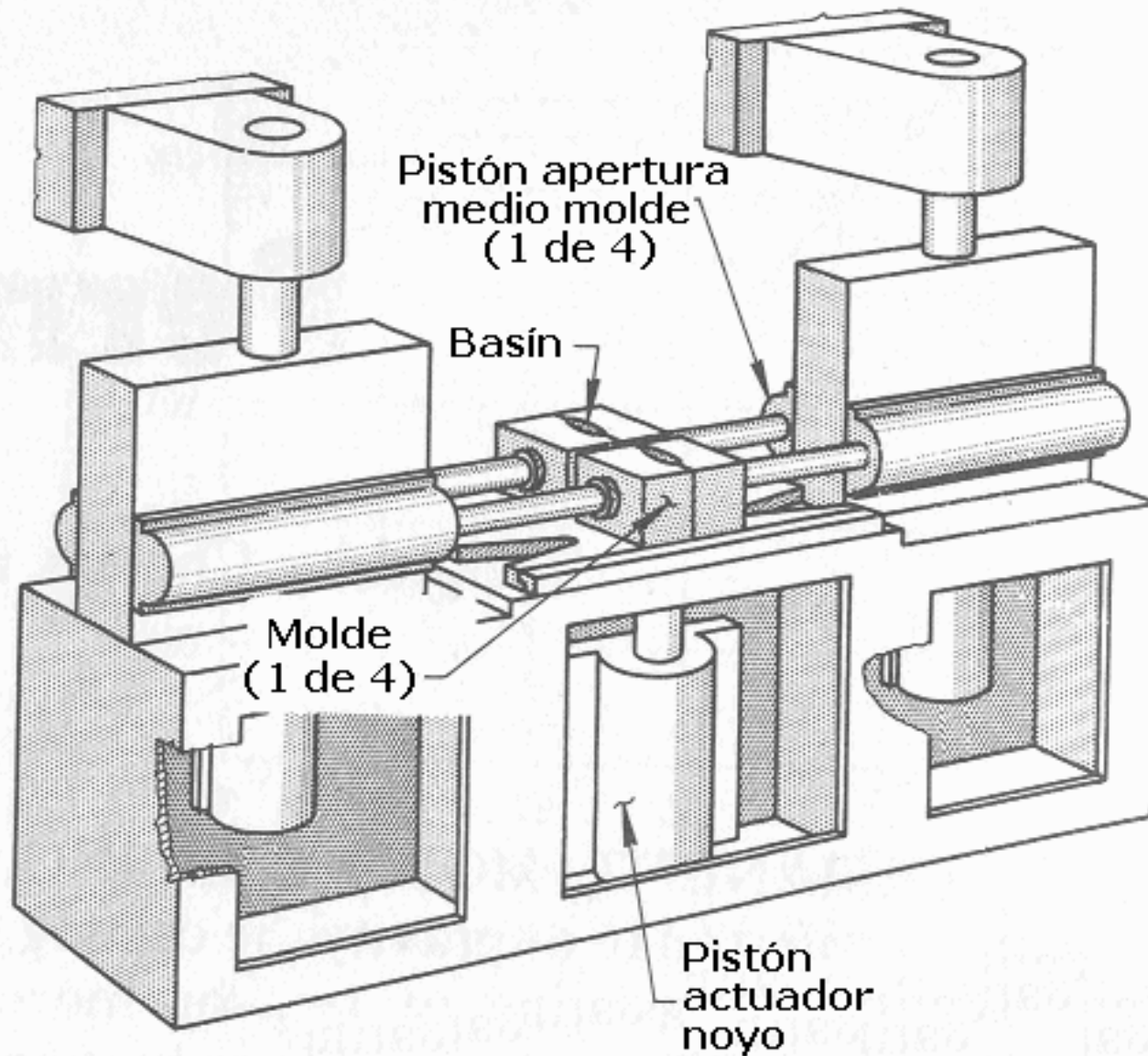
COQUILLAS METALICAS



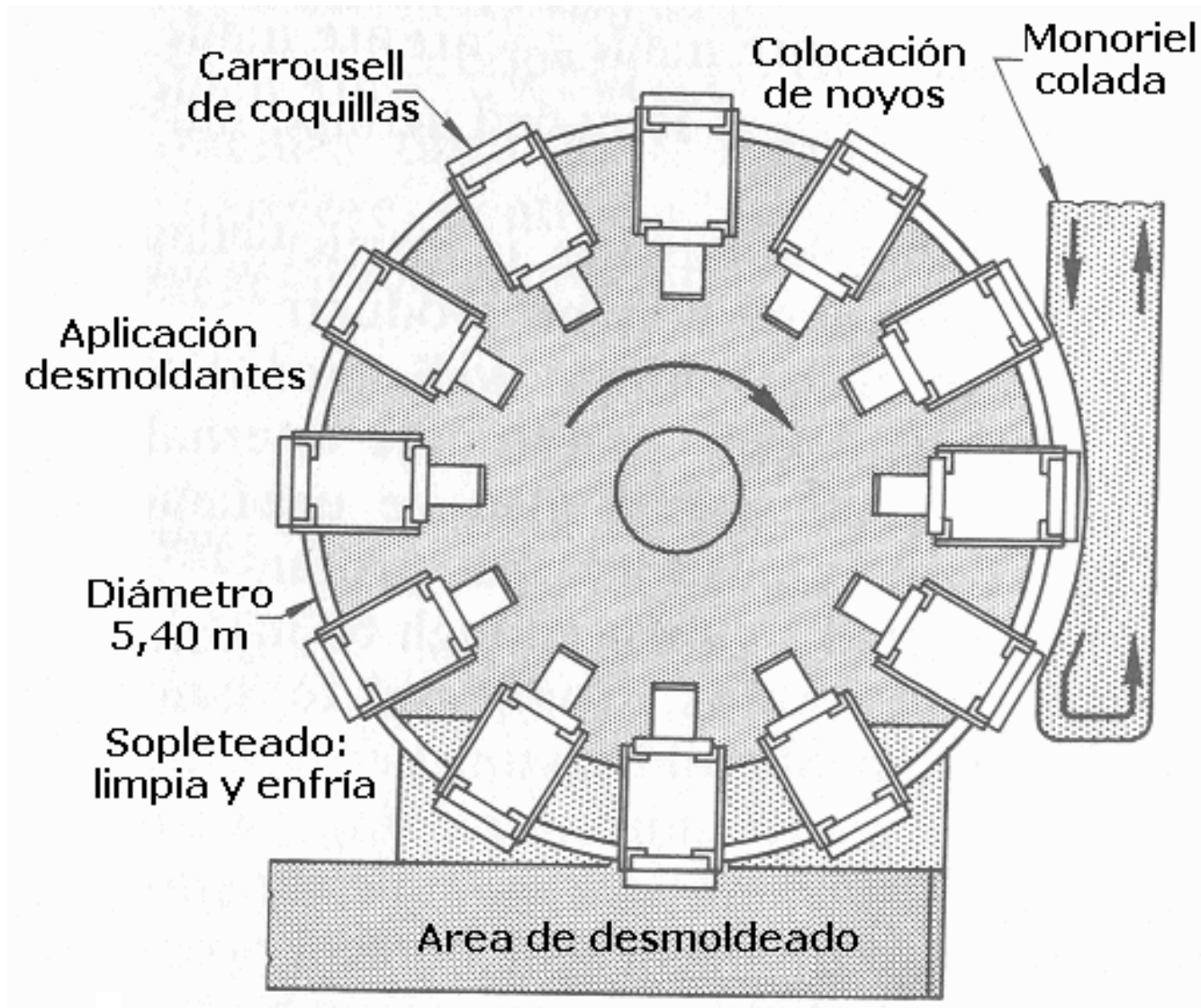
COQUILLAS: Materiales para noyos

	Piezas pequeñas < 76mm de Ø < 250mm de L	Piezas medianas > 76mm de Ø > 250mm de L
Material a colar	Materiales p/noyos	Materiales p/noyos
Zinc	Arena, Yeso, F Gris SAE 1020	F Gris, SAE 1020
Aluminio Magnesio	SAE 1010 SAE 1020 Arena, Yeso, AISI H11 Grafito (pocas piezas)	F Gris con insertos de SAE 1020 o AISI H11
Cobre	Arena, SAE 1020 F Gris, Yeso Grafito (pocas piezas)	Arena
Fundición	Arena, Grafito F Gris	Arena, Grafito F Gris

COQUILLAS - Sistemas automáticos



COQUILLAS - Sistemas automáticos



DIE CASTING

Modos de incrementar la colabilidad

- 1. Modificar Composición Química**
- 2. Sobrecalentar metal**
- 3. Precalentar molde**
- 4. Asistir mecánicamente (presión, cent.)**

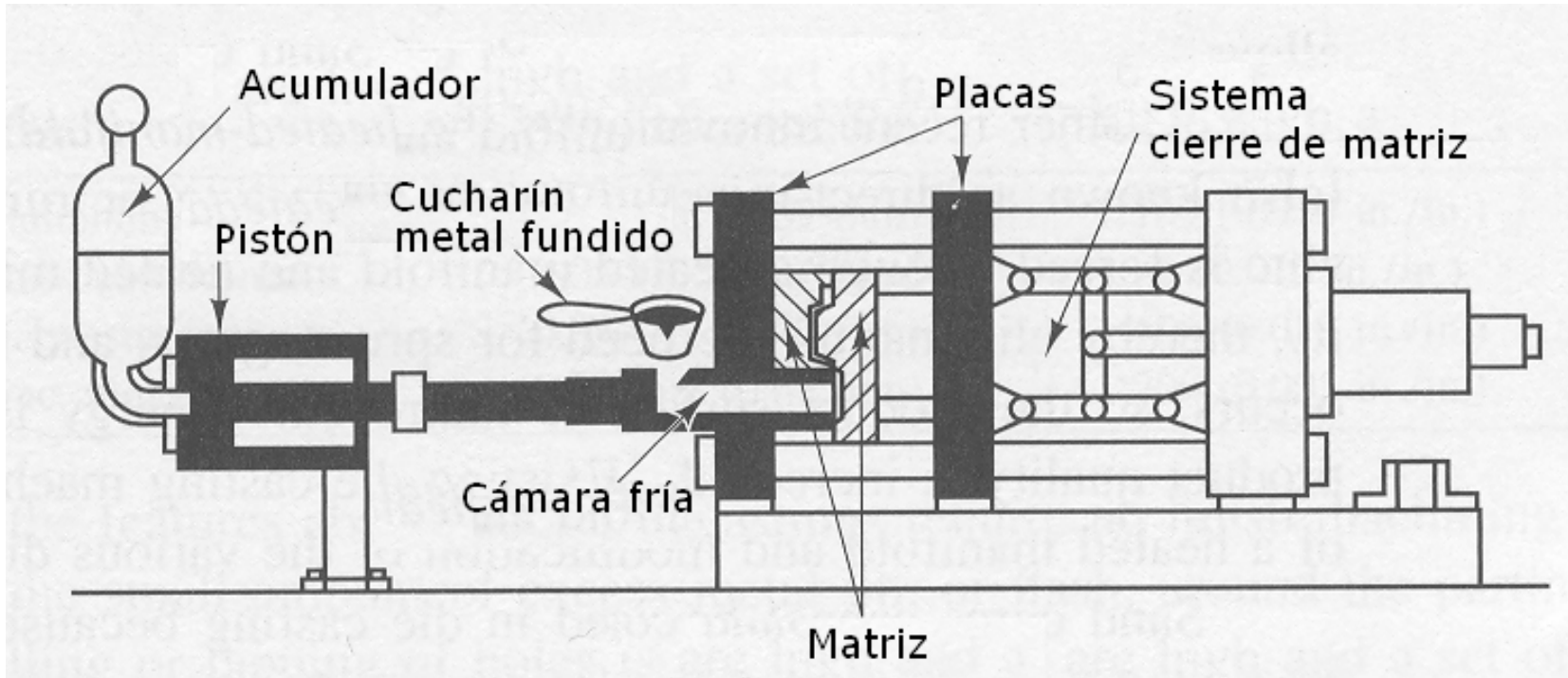
Inyección + asistencia por vacío y/o desplazamiento de aire

T matriz ↓↓↓ → Mayor velocidad de enfriamiento

T matriz ↑↑↑ → Mayor colabilidad

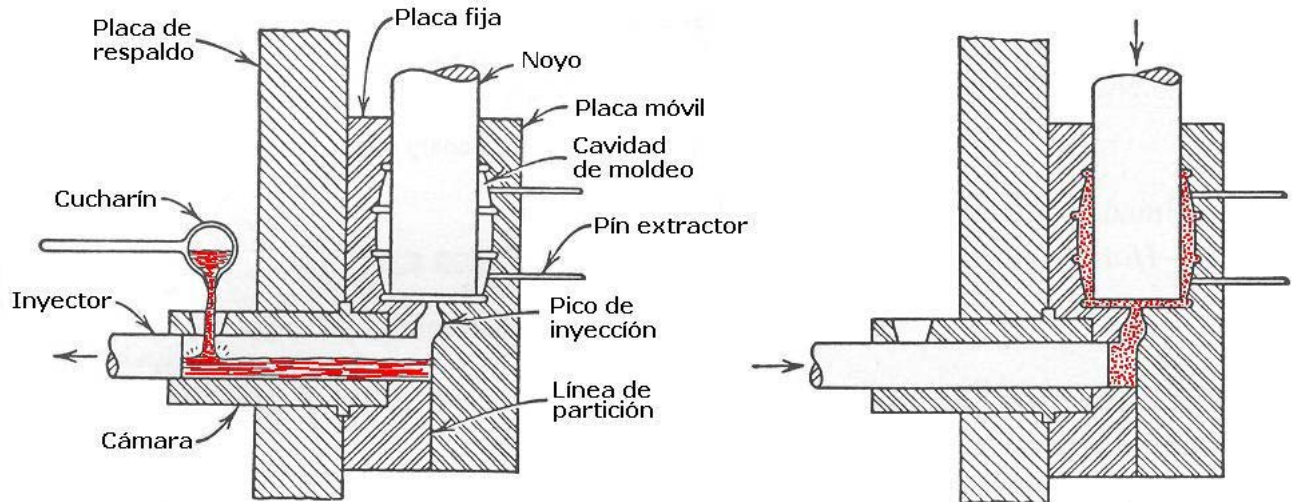
Noyos, metálicos y/o de arena

DIE CASTING - CAMARA FRIA



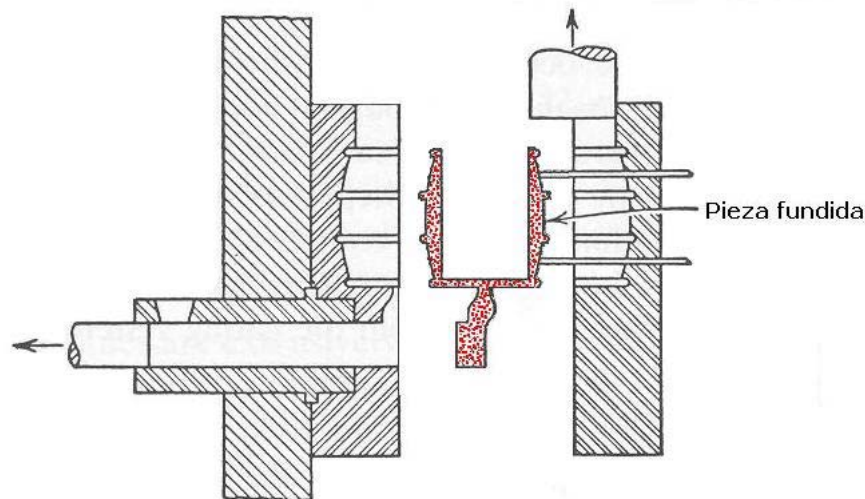
- Se carga el metal con cucharín en la cámara donde actúa el pistón de inyección
- Aleaciones de bajo punto de fusión: base Al
- Temperatura de Régimen: 300° C

DIE CASTING – Cámara fría - Detalle molde



1. Metal en la cámara fría

2. Inyección del metal a la cavidad

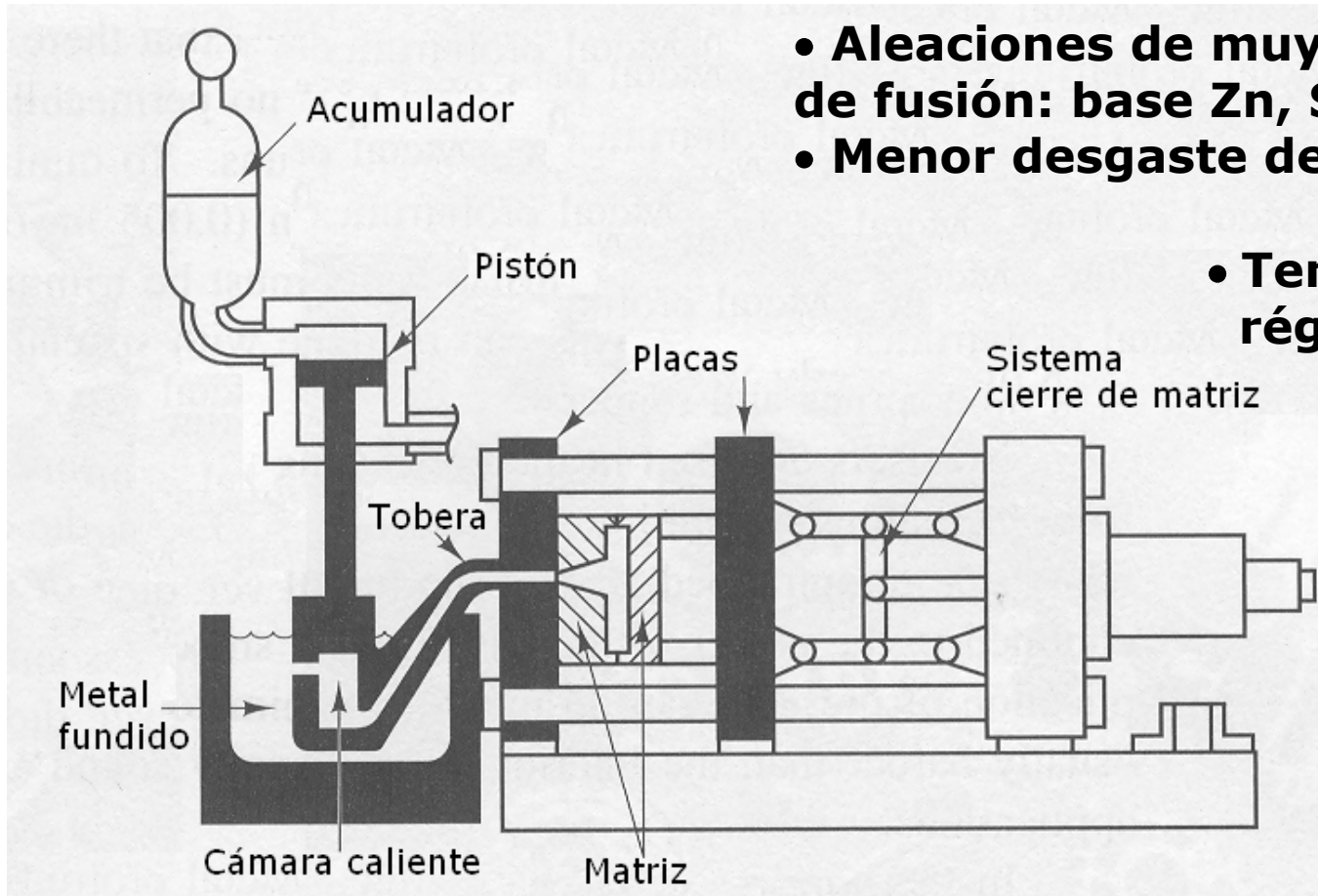


3. Apertura molde y desmoldado de la pieza

DIE CASTING - CAMARA CALIENTE

- Aleaciones de muy bajo punto de fusión: base Zn, Sn, Pb y Mg
- Menor desgaste del herramental

- Temperatura de régimen: 200° C



- Cámara sumergida dentro del horno de mantenimiento
- Menor contaminación de Fe en piezas no ferrosas

DIE CASTING



- Aleaciones base Zn

MODELO PERDIDO PS exp.

- **Modelo PS Exp. = 92%C+8%H, LD o HD - Telgopor**

1960 → Piezas únicas de gran tamaño

1980 → Piezas de todo tipo → gran polución

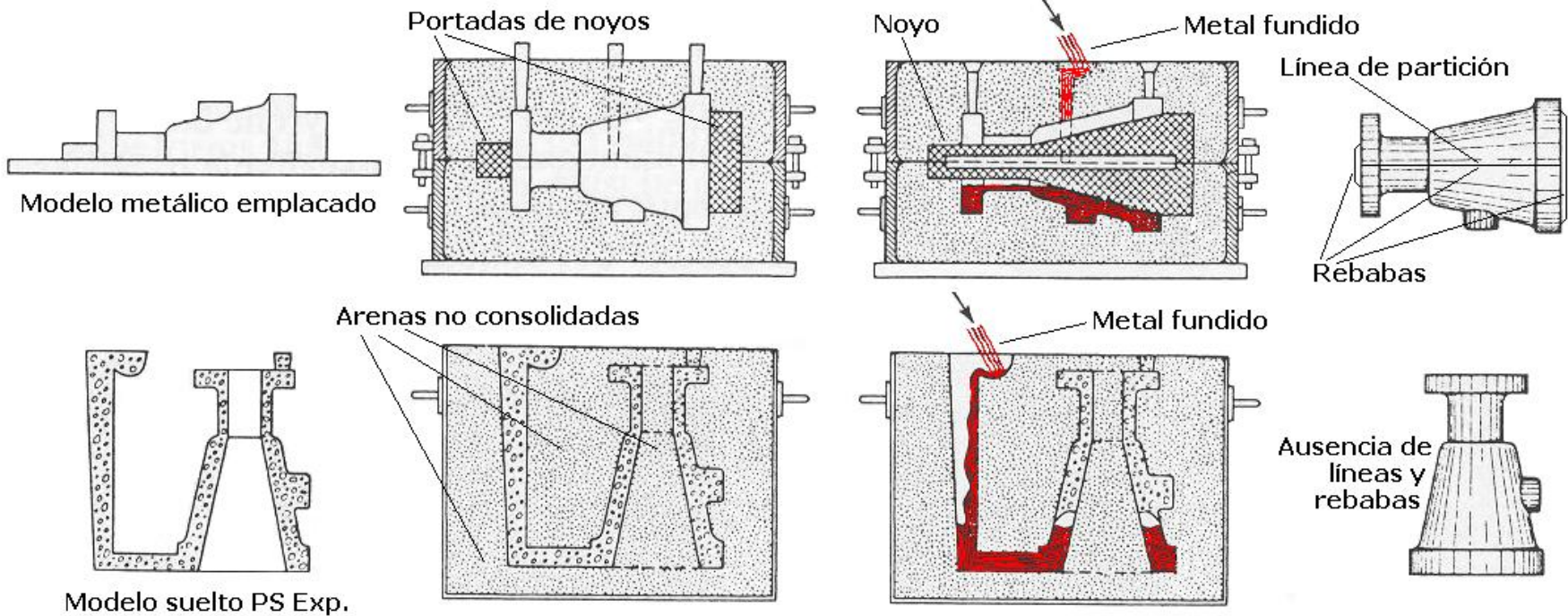
2000 → Piezas de todo tipo, modelo Exporit (no tóxico)

- **Baja vida de banco como modelo, contracción**
- **Ausencia de rebabas, de noyos y de ligantes**
- **Reciclado total arenas: no consolidadas, o apenas**

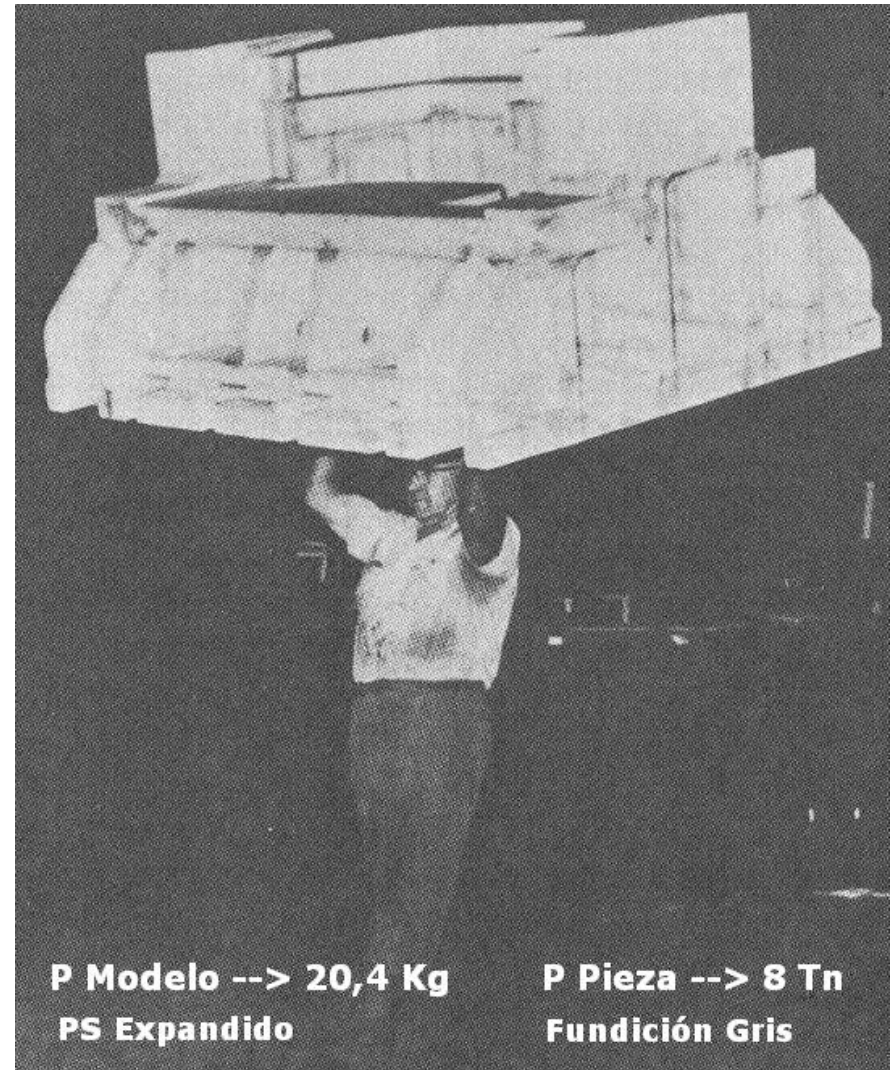
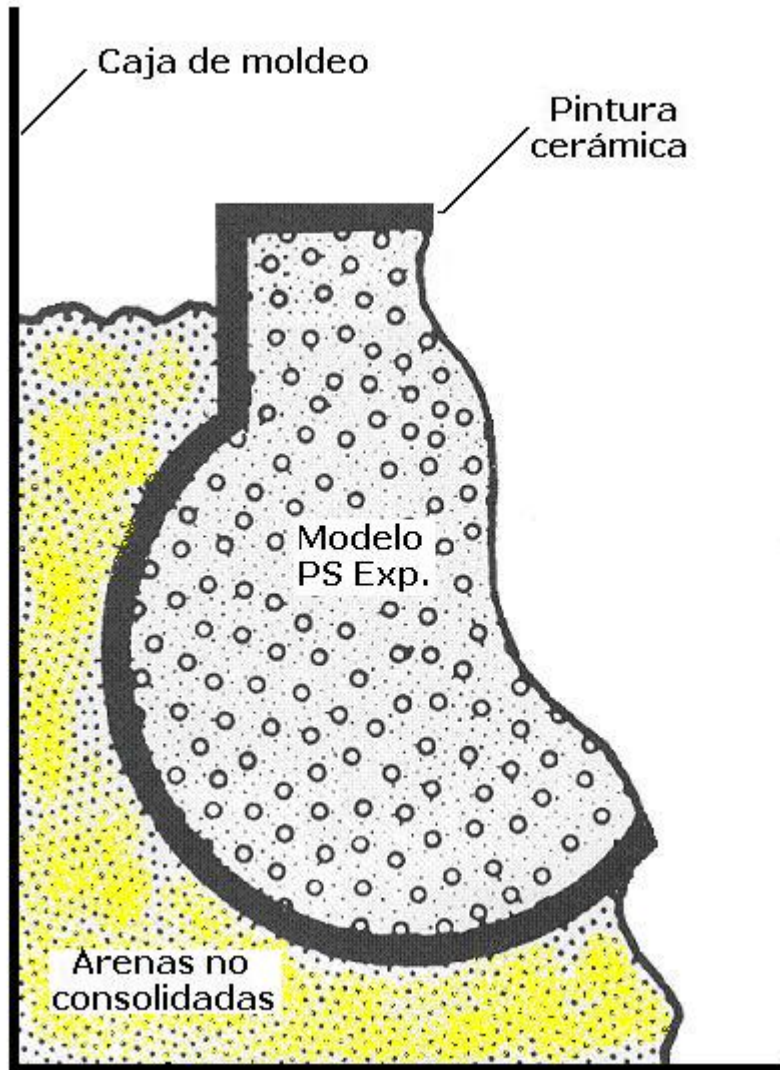
- **Alta presencia de gases en la pieza → poros**
- **Incremento del % C en la CQ en la pieza**
- **Arenas de gran permeabilidad**
- **Modelo → pintados con harinas de Zr: ↑ PM y evitan deformaciones modelo y desmoronamientos de arenas**

MODELO PERDIDO

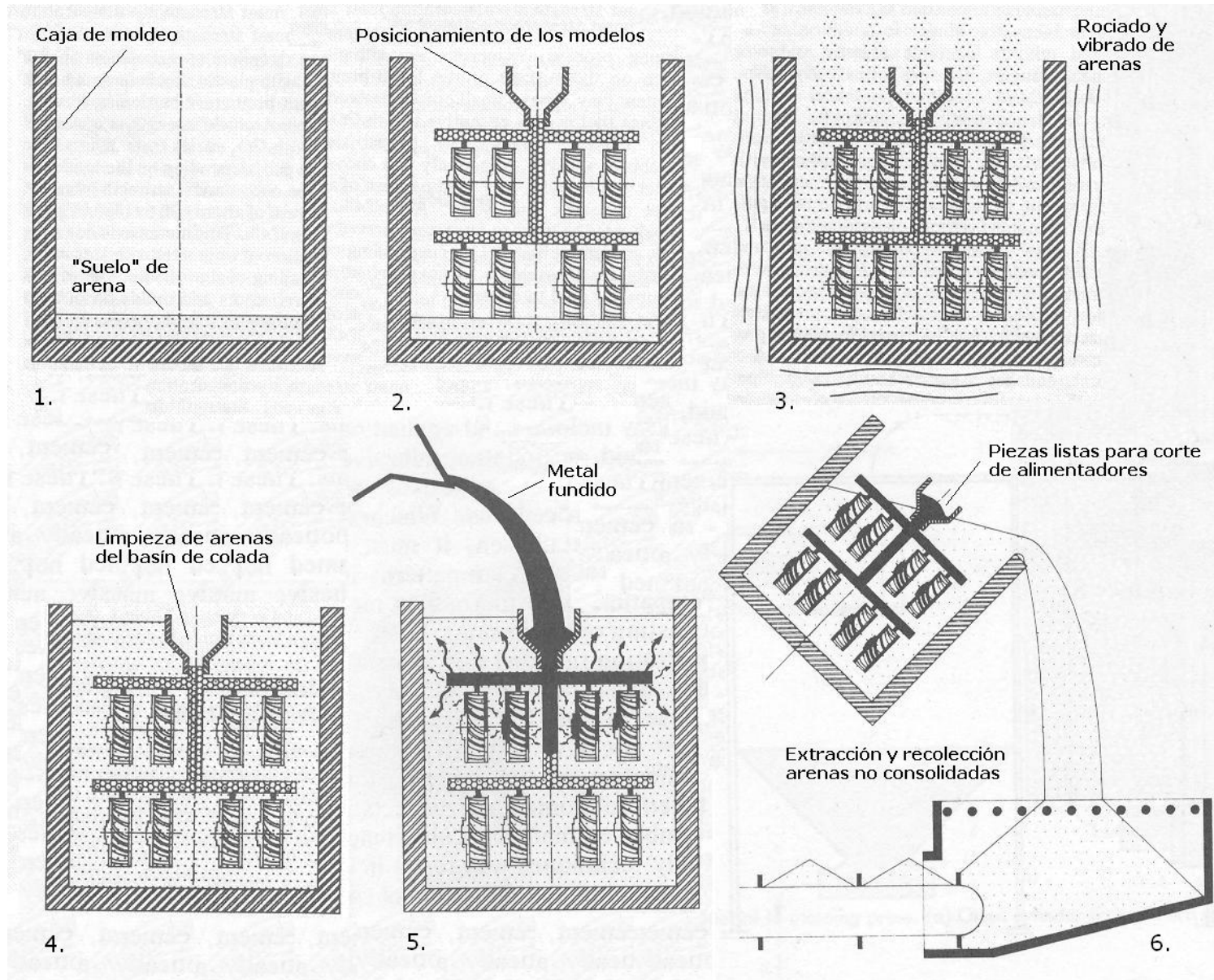
Comparación moldeo normal vs. PS exp.



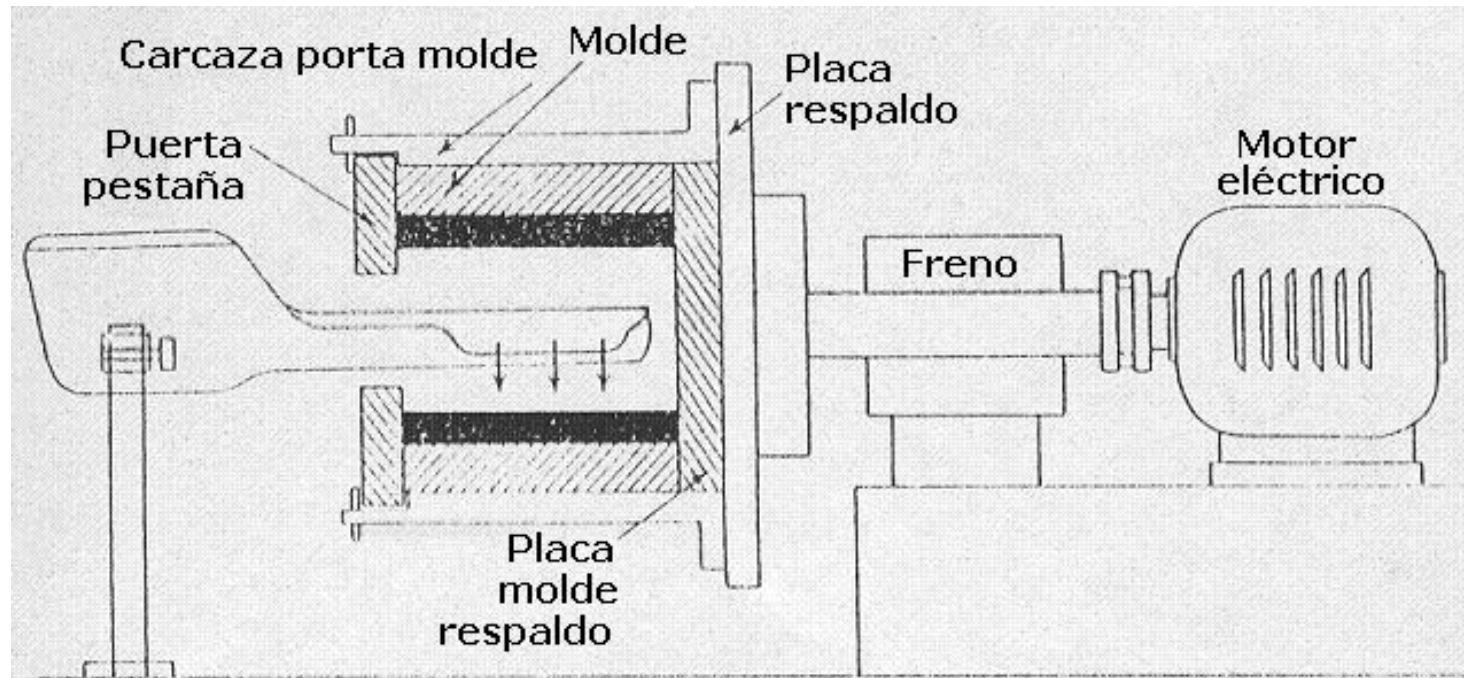
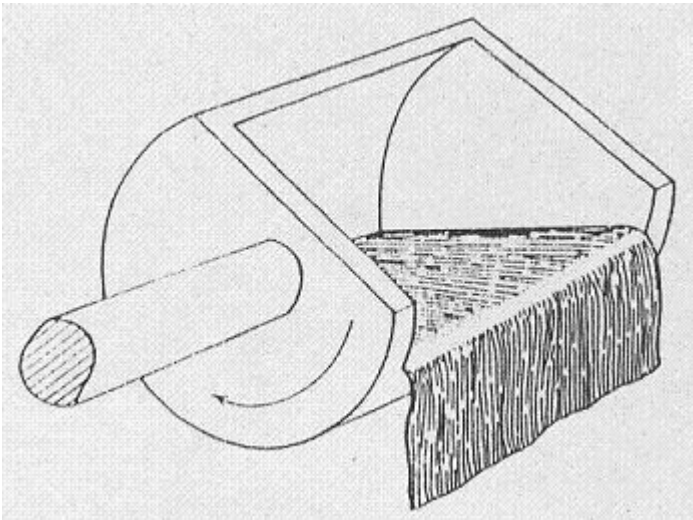
MODELO PERDIDO PS exp.



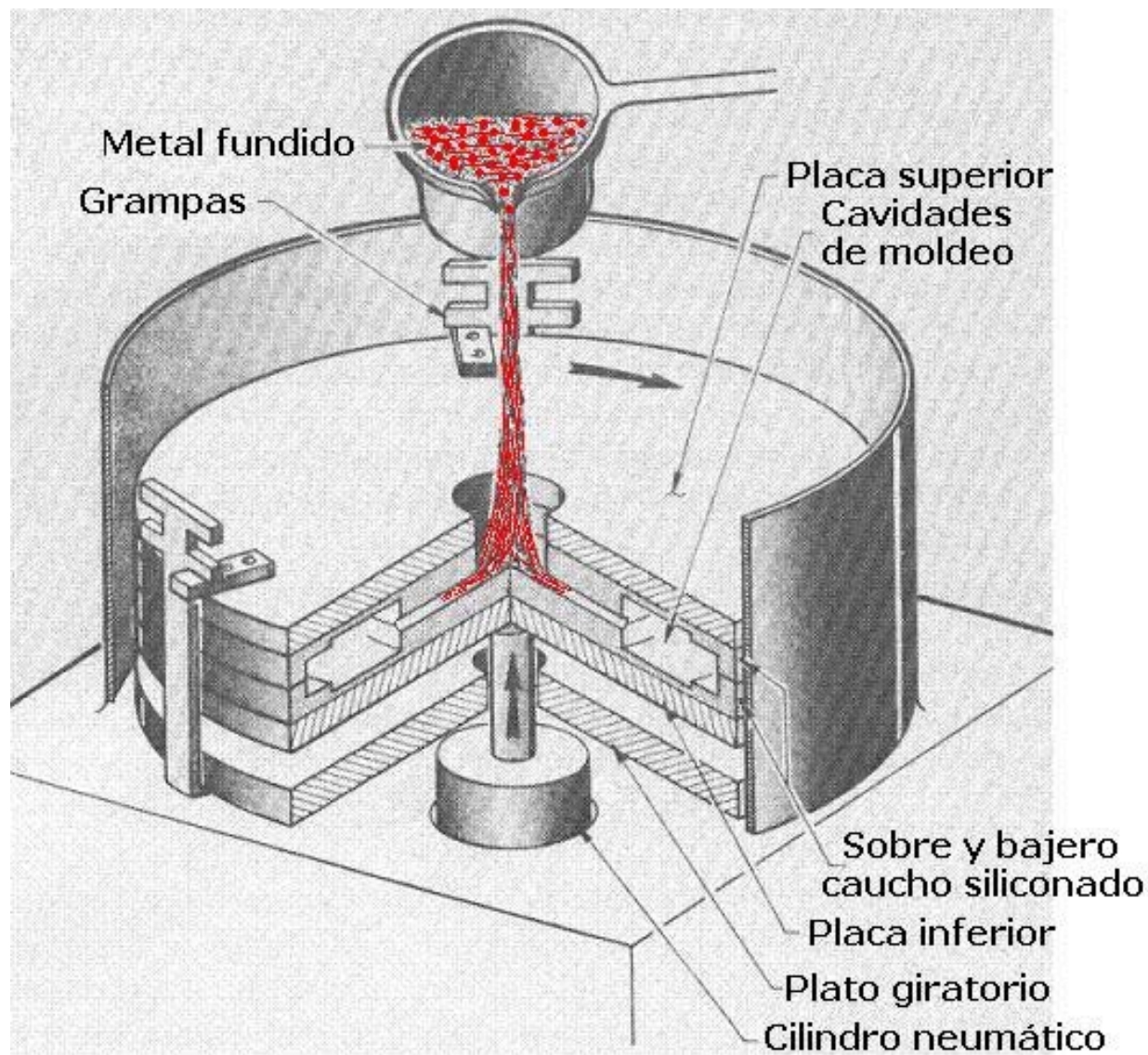
MODELO PERDIDO



Centrifugado Horizontal



CENTRIFUGADO VERTICAL – SPIN CASTING



CENTRIFUGADO VERTICAL – SPIN CASTING

Asistencia p/centrifugado para todo tipo de molde.

Molde caucho siliconado, rapidez de respuesta

Con originales, en 2 hs se fabrica el molde

Aleaciones de muy bajo punto de fusión

Base Al: no mas de 50 ciclos

Base Zn: no mas de 500 ciclos

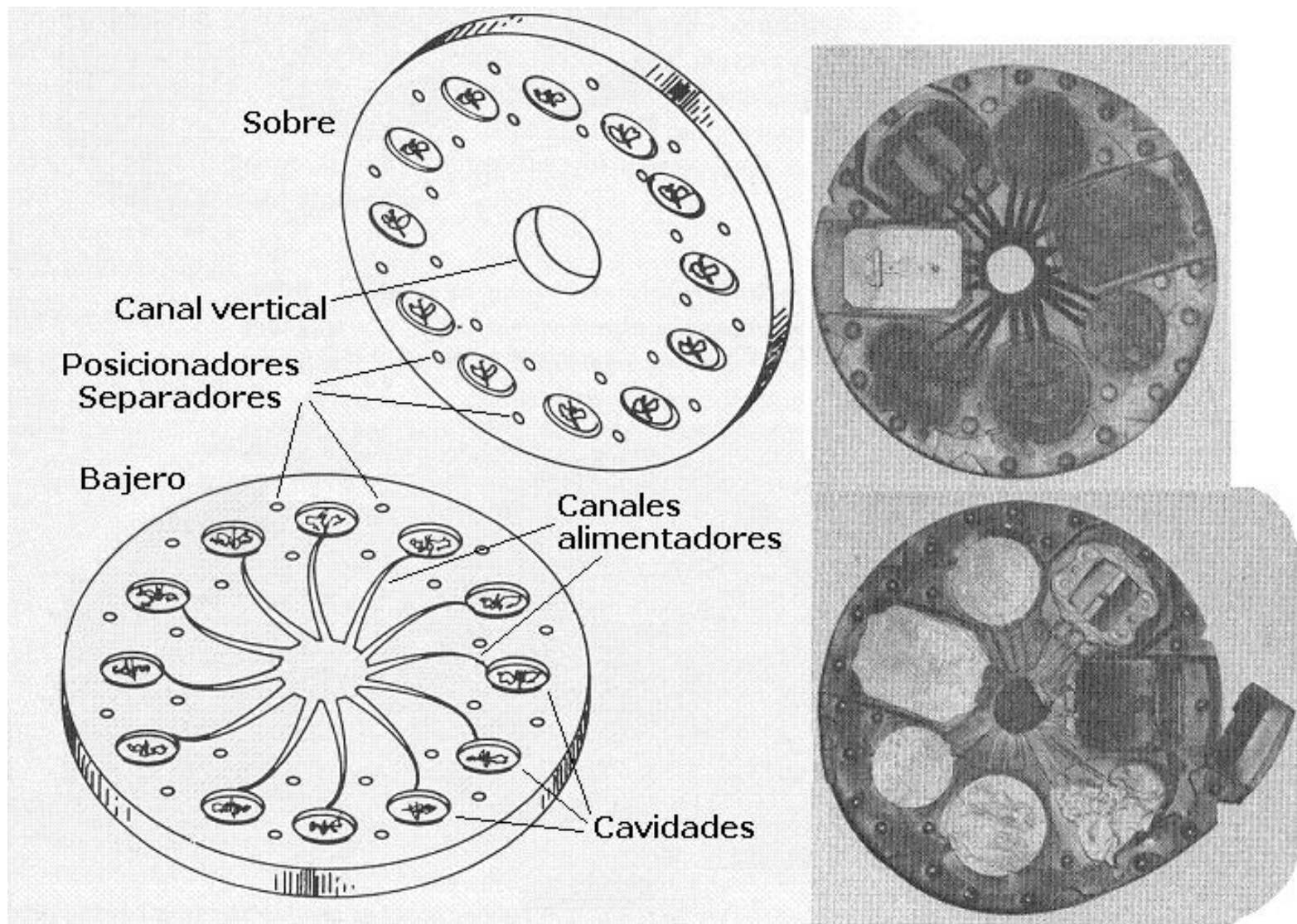
Base Sn: no mas de 1000 ciclos

Termorrígidos, cera: + de 1000 ciclos

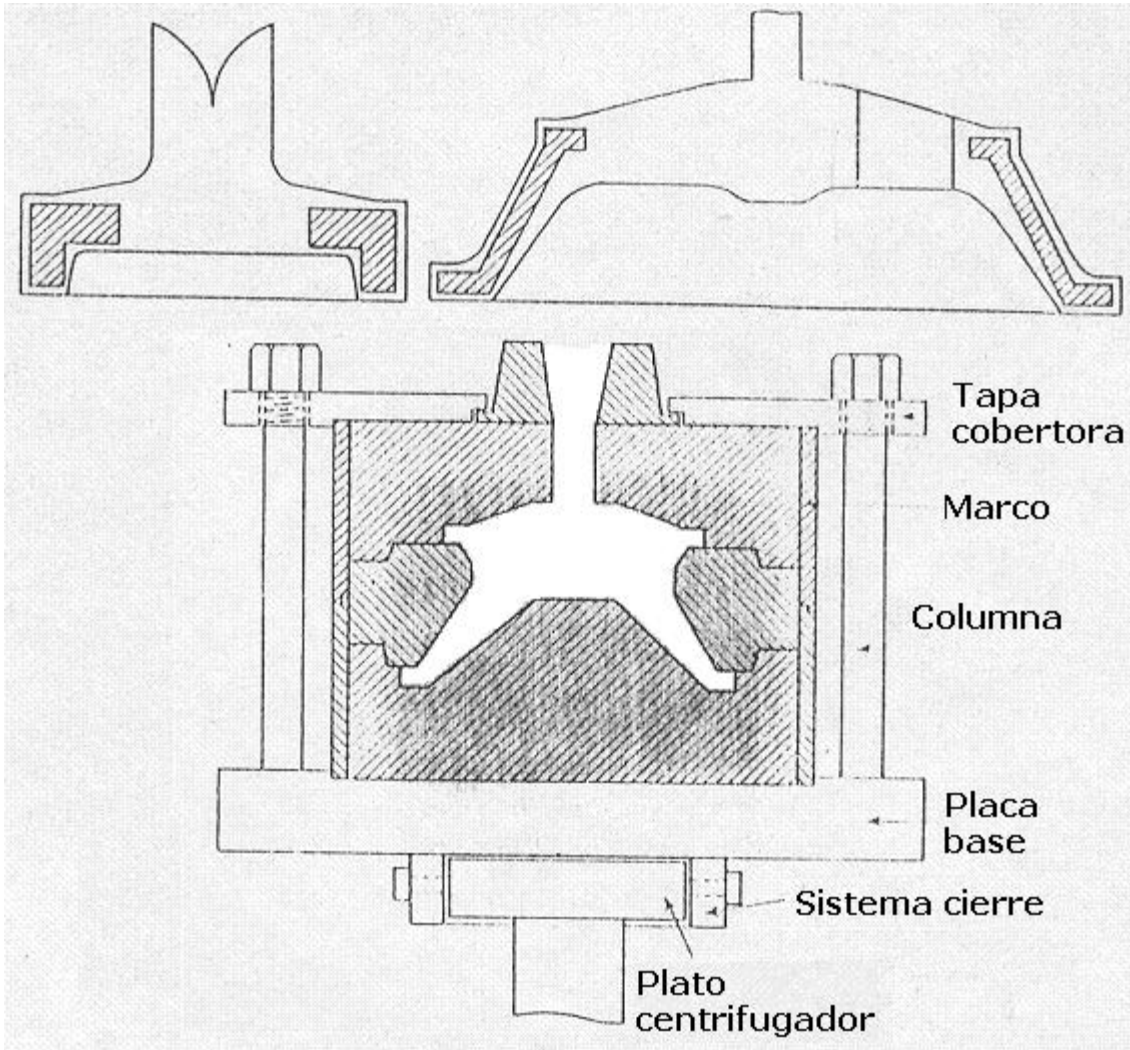
Ciclo de fabricación

- **1. Tallado del caucho (en verde)**
- **2. Cerrado del molde, con separadores**
- **3. Vulcanizado, endurecimiento de la cavidad**
- **4. Desmodelado de originales**
- **5. Tallado de alimentadores**
- **6. Cerrado del molde**
- **7. Spin casting + colada**

CENTRIFUGADO VERTICAL – SPIN CASTING



Centrifugado vertical



MOLDES DE YESO

Para no-ferrosos de bajo punto de fusión: Al, Mg y Zn

Moldes \uparrow copiabilidad, \downarrow conductibilidad térmica (\downarrow tamaño bebederos y alimentadores \rightarrow \downarrow retorno), de \downarrow permeabilidad

Generalmente para piezas de menos de 10 Kg.

YESO = Sulfato de Calcio - CaSO_4 + Aditivos + Agua

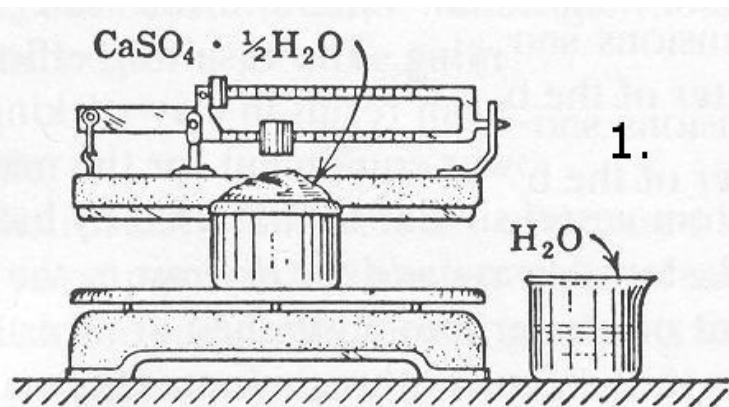
Por encima de 127°C , hidratación reversible, Yeso de París

Por encima de 162°C , hidratación irreversible.

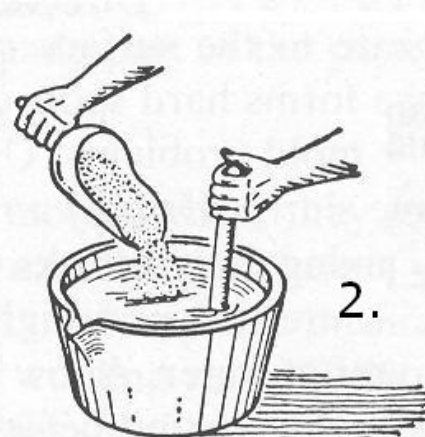
Fundamental secado, en hornos, $100^\circ\text{C} < T_{\text{secado}} < 121^\circ\text{C}$

Al ser de \downarrow permeabilidad, presencia de humedad en el molde deriva en sopladuras en la pieza.

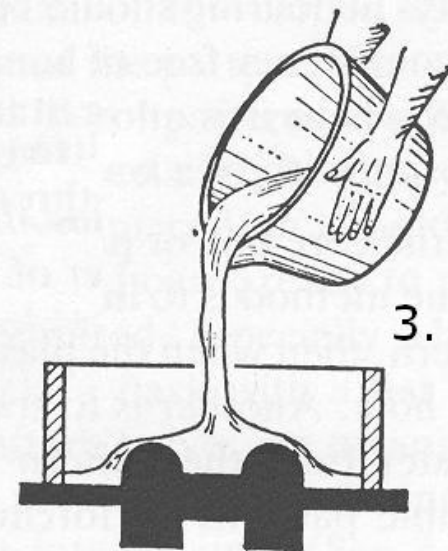
MOLDES DE YESO



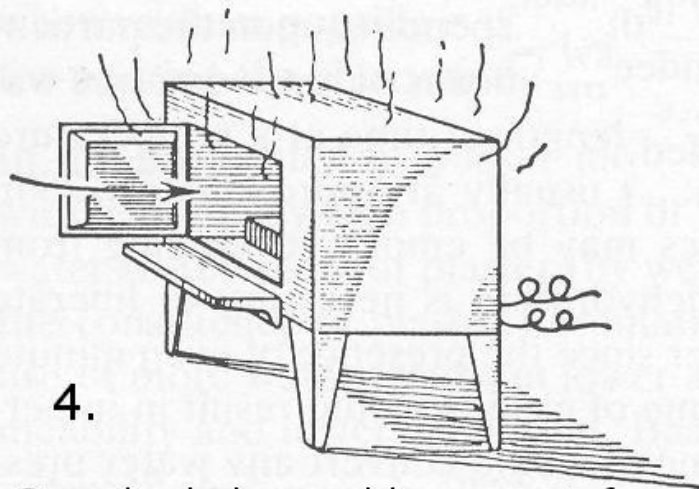
Pesaje de las partes a mezclar



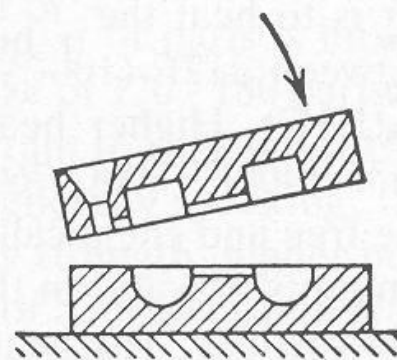
Agregado del yeso sobre el agua



Colado del barro sobre el modelo



Secado de los moldes en estufas



Armado del molde

MOLDES DE YESO

Aditivos: Talco: ↑ Resistencia en verde y en seco

Sílice: hasta 50%, granulometrías > 200, 'chilling'

Arcilla, Grafito

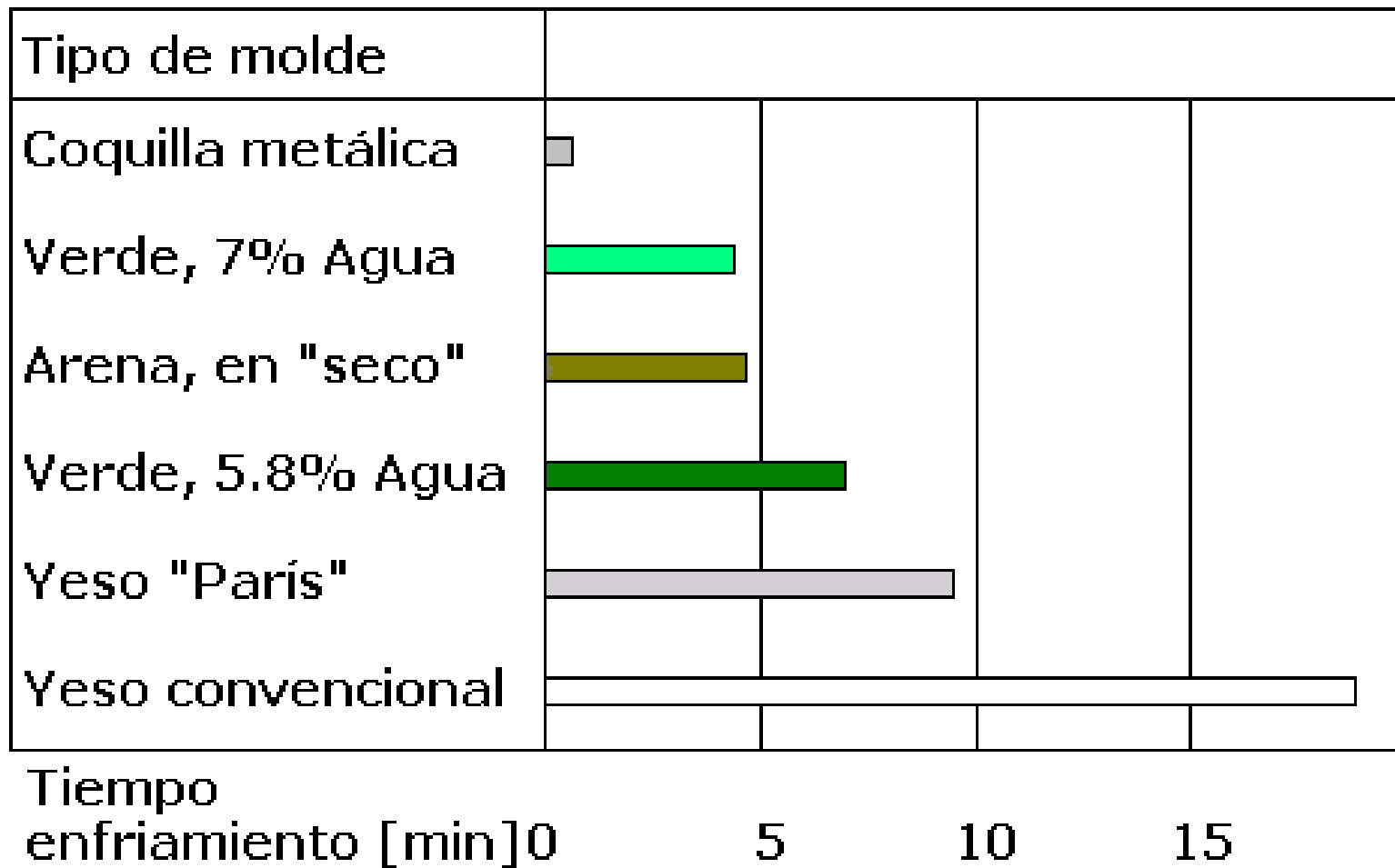
Noyos para moldes en yeso, generalmente mismo material

Modelos metálicos mecanizables: Al, Bronces o Zn

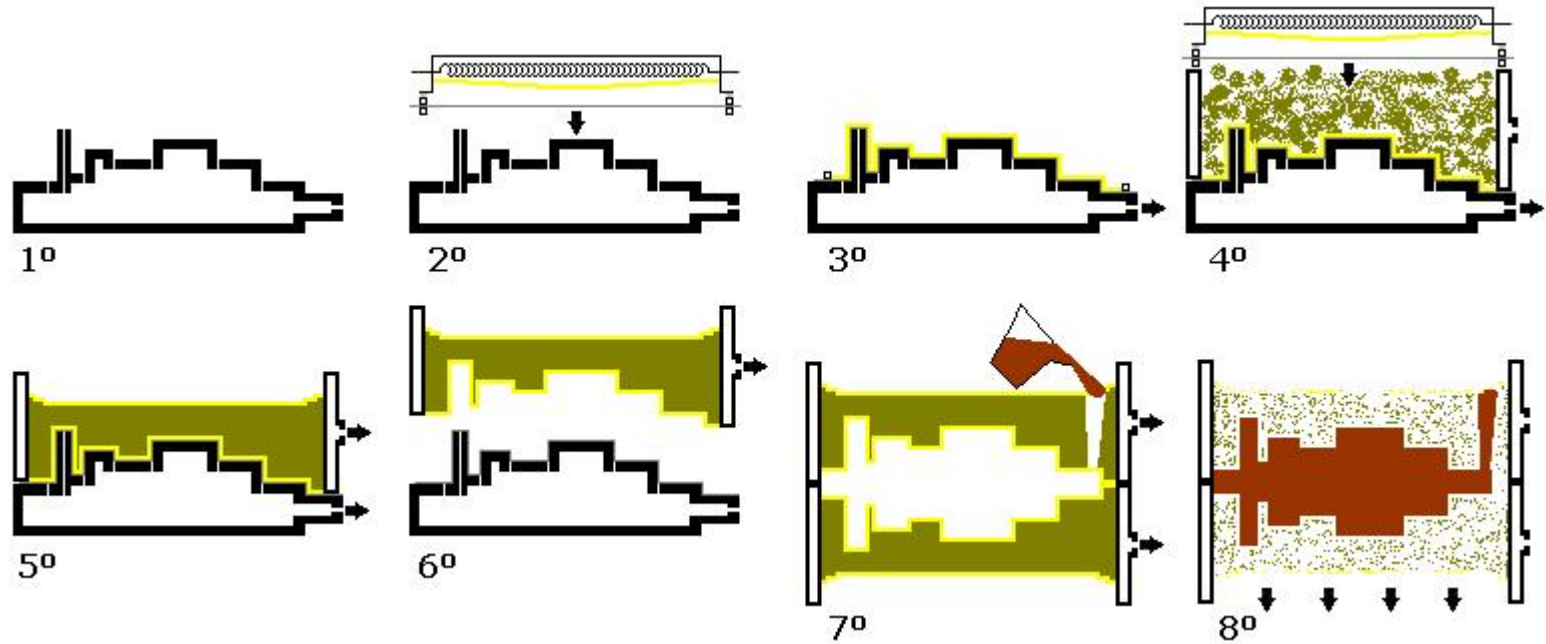
Geometrías complicadas, modelos en goma flexible, capaces de deformarse para ↑ desmodelado.

"NUNCA" modelos de madera → altos contenidos de agua

MOLDES DE YESO



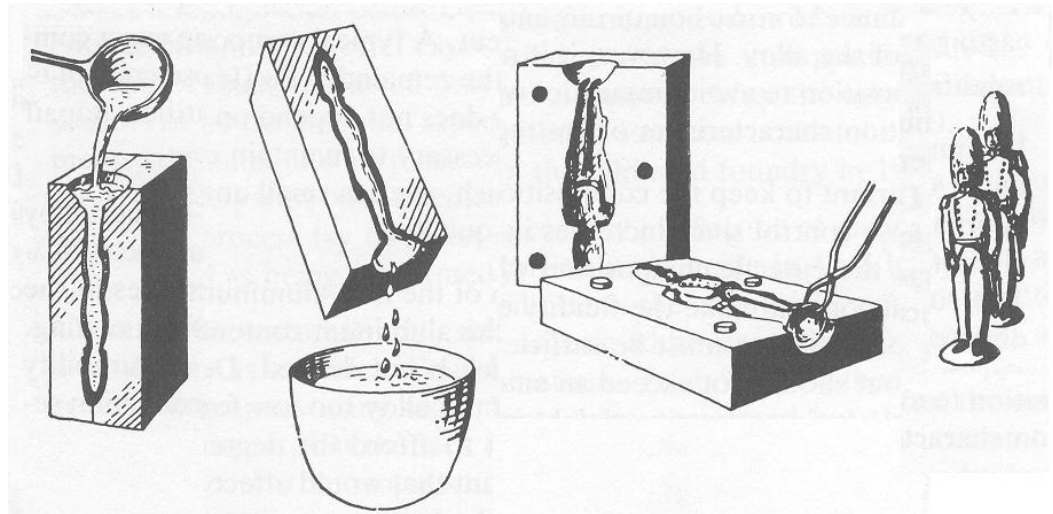
MOLDES AL VACIO



SLUSH CASTING

- Piezas huecas de todo tamaño
- Sin presencia de noyos, agujeros No calibrados
- Llenado + espera + rotación; $\text{Espesor} = f(\text{tiempo espera})$
- Estatuas, Ornamentos, Pies p/lamparas, Juguetes, etc.
- Moldes: yeso, bronce, fundición, arena
- Aleaciones a colar: base Cu, base Al, base Zn, base Sn.
- Moldes partidos, con muñones para rotar 180°.

- Moldes gran tamaño
→ precalentamiento
p/llama directa p/
uniformar espesores



SLUSH CASTING

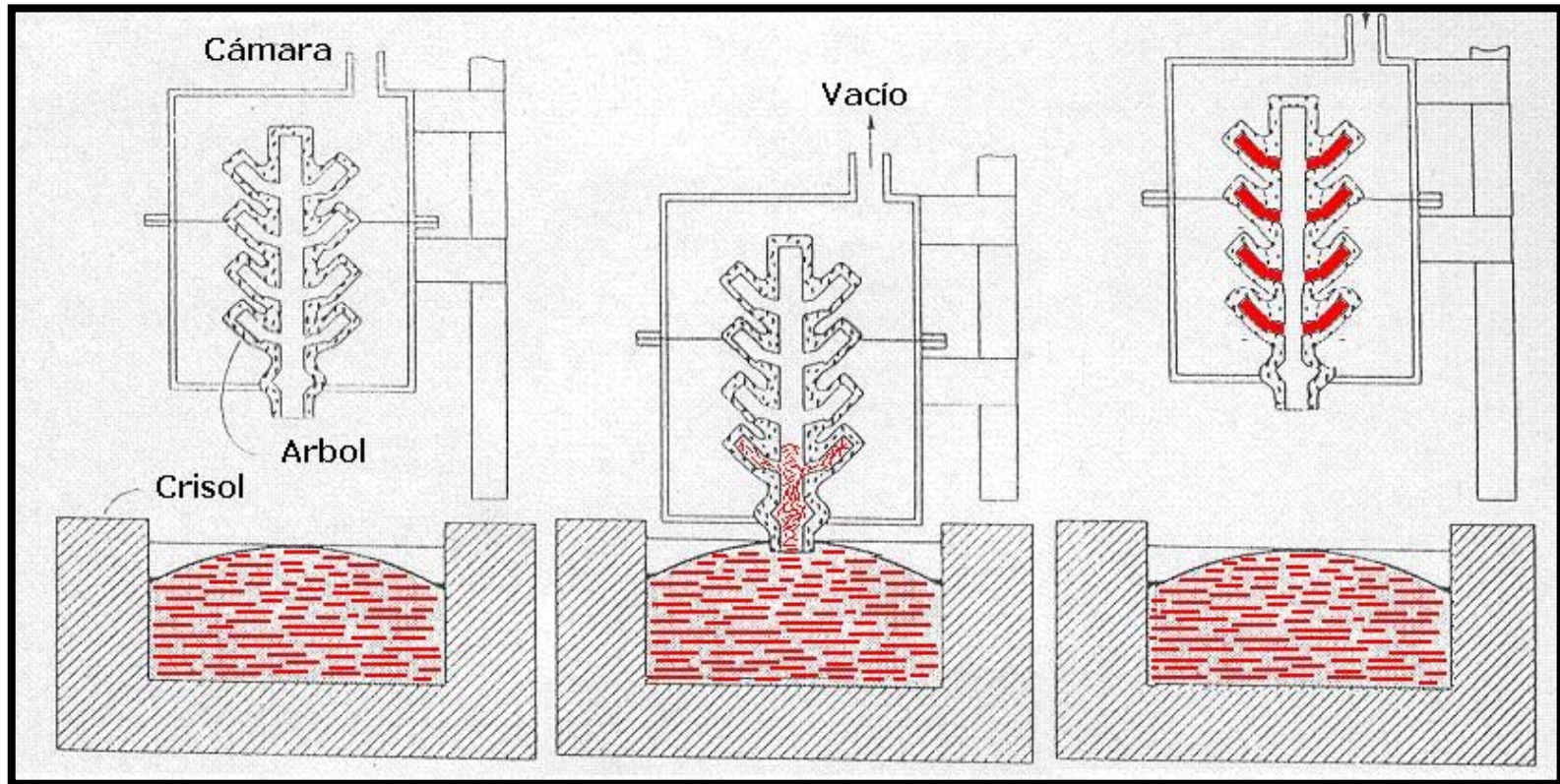


Kaiser Carabela en Pb – circa 1960

Ian McIntyre, M. Sc. Royal College of Art, London
Peltre: 96-99% Sn / 1-4% Cu

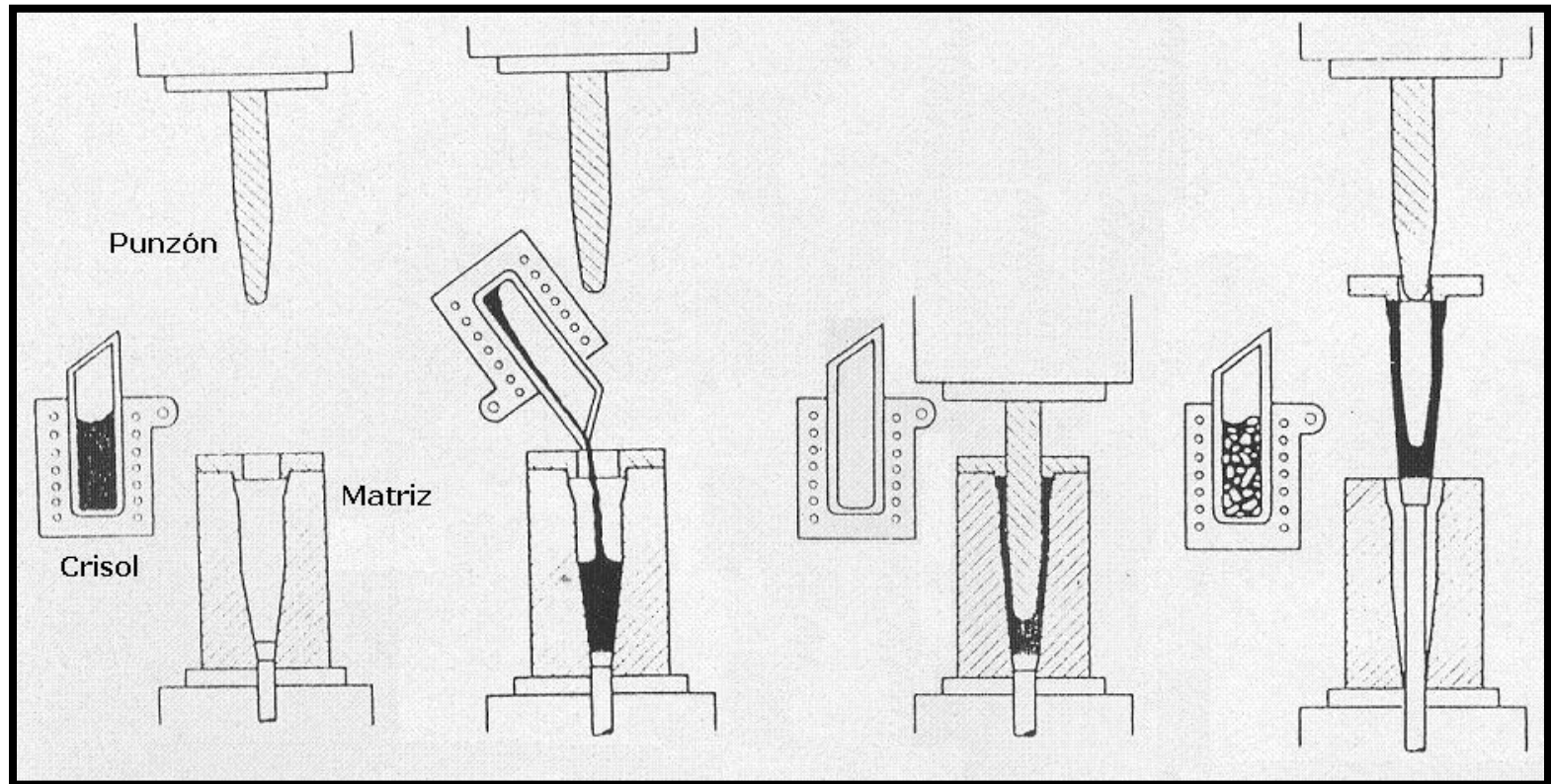


Colada contra gravedad - Hitchiner



- Ventajas → Ausencia de cucharas, evitan inclusiones
→ Menores pérdidas de temperatura
→ Menores % de retorno

Squeeze Casting



Material	Moldeo	σ	$\sigma_{0,2}$	ϵ
Aluminio 356 T6	Arena	172MPa	138MPa	2%
	Coquilla	262MPa	186MPa	5%
	Squeeze	309MPa	265MPa	3%
Cu/Sn-Al 624	Forjado	703MPa	345MPa	32%
	Squeeze	783MPa	365MPa	48%

Cuadro ≠ técnicas

	Aplicación	Ventaj	Desvent	Costo	Complej.	Calidad	Ra	Tamaño	Tol	Aleación
Verde	90 % en FH 40 % en Al	Modelo ↓ costo	↓ calidad ↓ Ra	↓ cantidad ↓ ↓ piezas únicas	Baja $e_{\min} 3$	Baja	↓, f arenas y reciclado	Ilimitado, altas produccion.	± 0,38	Ilimitado
Verde Seco	Para FH, en partes esbeltas	↑Ra respecto verde	Lluvia arenas	↑costo respecto verde	Baja $e_{\min} 2,5$	Baja, ↑r/verde	Baja, pero superior r/Verde	Ilimitado, para mala colabilidad	± 0,30	Ilimitado
Coquillas	Al y Cu fundidos por precisión	Molde permanen- te	No apto Tf mas 1000°C	Rentable p/altas producc.	Congela zonas esbeltas	Buena	Craking por fatiga térmica	Hasta 50 kg, mas se daña la coquilla	± 0,76	Base Cu y ↓ ↓ Tf
Die Casting Cámara Fría	Aleaciones livianas, ↑colabilidad	Repetitivi- dad y co- piabilidad	↑costo Severa condición	↓↓↓ alta cantidad	P/piezas esbeltas y complejas	Buena	Muy buena	Pequeñas y medianas	± 0,25	Al, Mg, Zn, Sn, Pb
Die Casting Cámara Caliente	Aleaciones ↓ ↓ ↓ Tf	Muy alta colabilidad	↑↑↑costo ↑Severa condición	↓↓↓ alta cantidad	P/piezas esbeltas y complejas	Muy buena	Muy buena	Pequeñas y medianas	± 0,25	Zn, Sn, Pb
Centrifugado Horizontal	Sup. revolu- ción: tubos, cilindros ...	↑PM chill en el exterior	Limita- ción en formas	Mediano, según moldes	Solo piezas de revolución	Buena	Muy buena	Medianas a grandes	± 0,25	Ilimitado
Modelo perdido PS Exp.	Piezas únicas de gran tamaño	No desmo- dela; arena reciclable	Reacción modelo/ metal	↓ ↓, arena no ligada Modelo	Sin limitación	Buena a excelen- te	Buena a muy buena	Grandes a muy grandes	± 0,25	Ilimitado
Moldes Cerámicos Shaw y CP	Muy alta calidad metalúrgica	↑↑↑colabili- dad: mol- des 800°C	Matriz inyección ceras	↑↑↑↑, sin defectos	Ilimitado CP: ausen- cia hoyos	0 reacción Mol/Met	↑↑↑↑↑	Shaw me- dianas; CP pequeñas	± 0,05	aleaciones muy alto valor
Squeeze	Fundido + Forja	Muy buenas PM	Punzón térmica solicitado	Medio. Alto costo estampa	Muy simples	Buena	Buena, deterioro rápido	Pequeñas, hasta 15 kg	± 0,25	Cu, Fe, alto costo de matriz