



## BLOQUE I. Tecnologías de fabricación

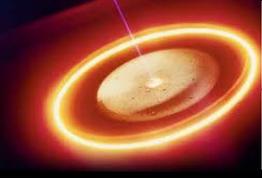
### Tema 02. Tecnologías de materiales metálicos y cerámicos

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN EN MATERIALES METÁLICOS

**MATERIAL DE PARTIDA**

**MÉTODOS DE MOLDEO (COLADA)**

**CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA**

**TECNOLOGÍA PULVIMETALÚRGICA**

**OPERACIONES SECUNDARIAS**

**SOLDADURA**

**TRATAMIENTOS**

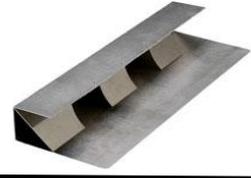
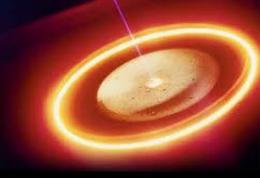
**MECANIZADOS**

**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN EN MATERIALES CERÁMICOS

Operaciones previas +  
aditivos

MATERIAL DE  
PARTIDA

MOLDEO

SLIP  
CASTING

TAPE  
CASTING

MOLDEO POR  
INYECCIÓN /  
EXTRUSIÓN DE FORMAS

PRENSADO

SECADO

SINTERIZADO /

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

SECUNDARIAS

Cartagena99



## TECNOLOGÍA DE POLVOS

### VENTAJAS

- Empleo en metales con elevado punto de fusión y baja ductilidad
- Elimina la pérdida de material
- Buen control dimensional
- Se puede emplear en un amplio rango de aleaciones
- Técnica eficiente en términos de coste y energía

### DESVENTAJAS

- Mayores costes iniciales que otras técnicas
- Presencia de porosidad residual

**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

- Existen ciertas limitaciones en la complejidad de la geometría de la pieza



# TECNOLOGÍA DE POLVOS

Obtención de piezas/elementos metálicos/cerámicos a partir de polvo metálico/cerámico



**POLVO**

**PUREZA**

**MORFOLOGÍA**

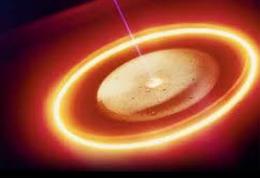
**TAMAÑO**



**MÉTODO DE  
OBTENCIÓN**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
- - -  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

**Cartagena99**



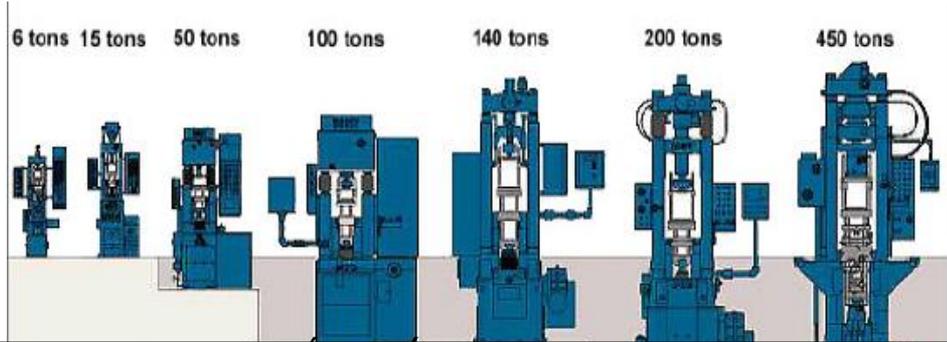
# TECNOLOGÍA DE POLVOS

**OBTENCIÓN DEL POLVO**

**MEZCLA / ALEACIÓN**



**COMPACTACIÓN DEL POLVO\*\***



# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

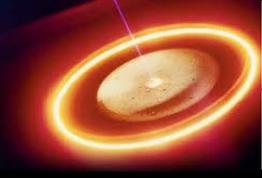
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

**SECUNDARIAS**

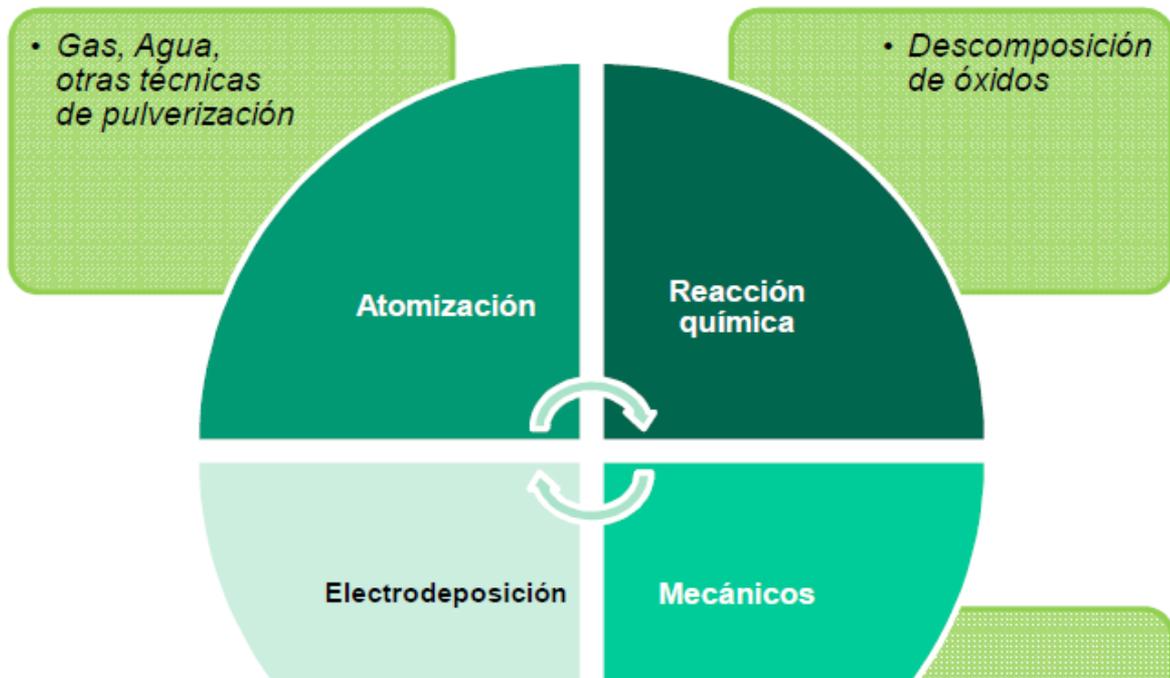
Determinados procesos menos habituales requieren piezas muy

porosas, carentes de una etapa de compactación habitual



# TECNOLOGÍA DE POLVOS

## OBTENCIÓN DEL POLVO

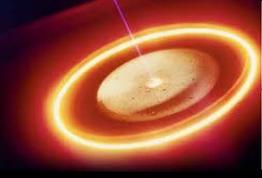


Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

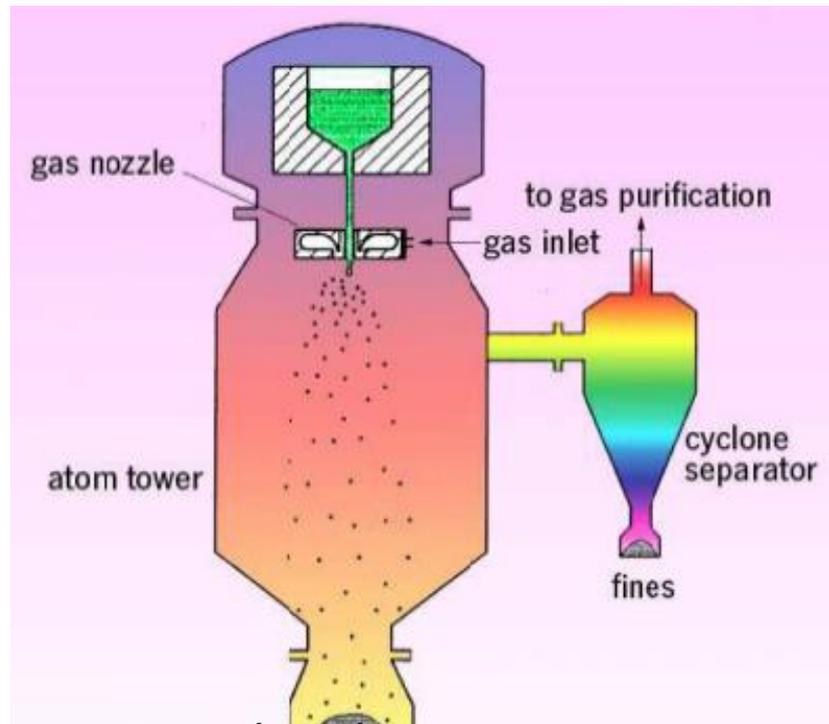
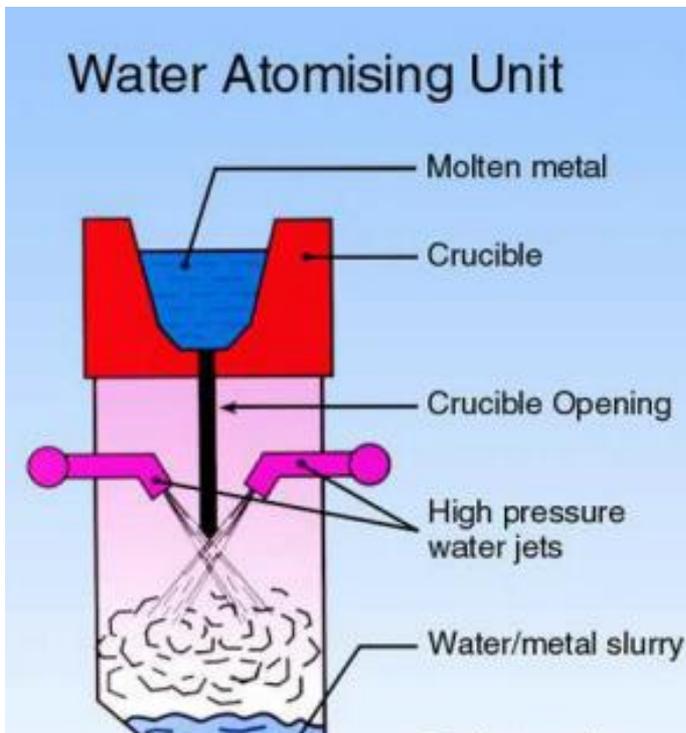
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# TECNOLOGÍA DE POLVOS

## ATOMIZACIÓN

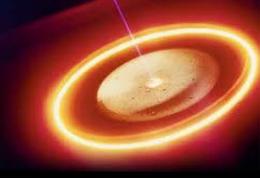


# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

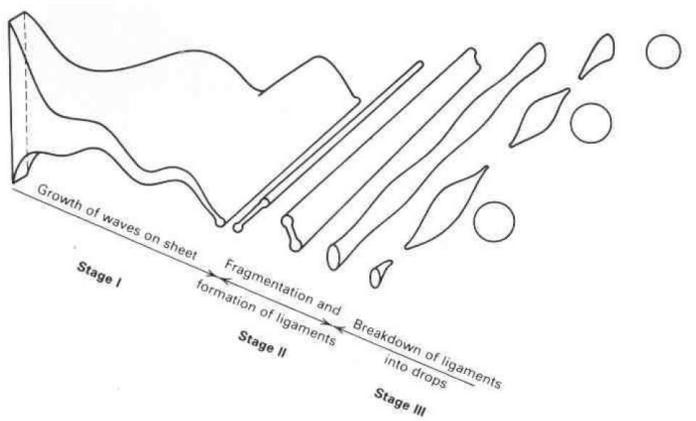


# TECNOLOGÍA DE POLVOS

## ATOMIZACIÓN EN GAS

**ATMÓSFERA INERTE**

**MENOR VELOCIDAD DE ENFRIAMIENTO**



- Partículas de geometría esférica
- Menor presencia de óxidos
- Tamaño de partícula modificable

TEMPERATURA

**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

DE SALIDA

VELOCIDAD



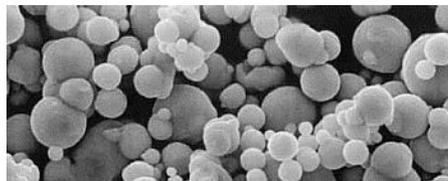
# TECNOLOGÍA DE POLVOS

## ATOMIZACIÓN EN AGUA

### MAYOR VELOCIDAD DE SOLIDIFICACIÓN

- Posibilidad de oxidación en el caldo
- Posibilidad de temple de las partículas
- Geometría más irregular
- Posible etapa de reducción posterior, tratamiento térmico y molienda

- Tamaño de partícula reducido, modificable:  $d = K \frac{\ln(P)}{v \cdot \sin \alpha}$



# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



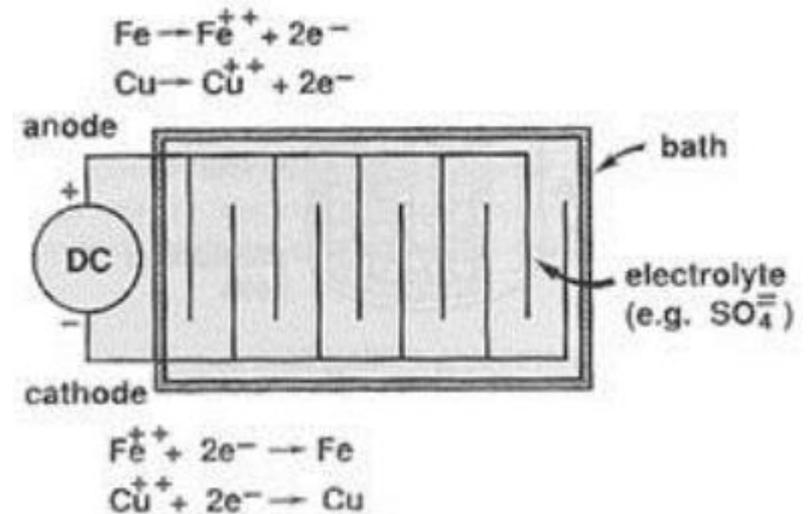
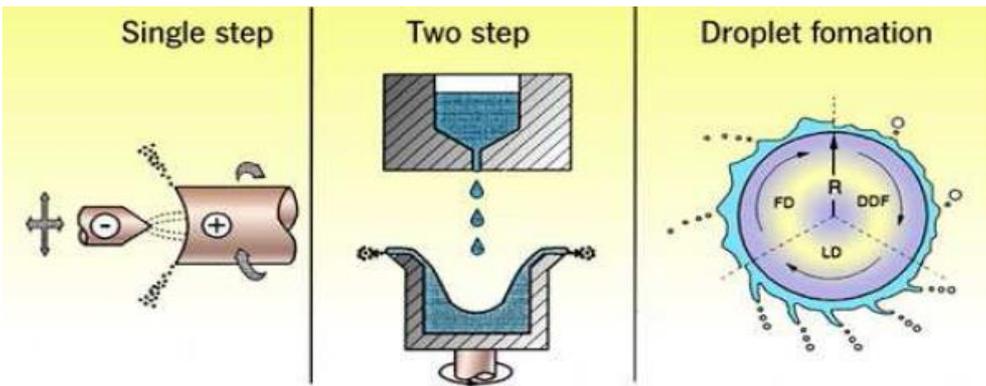


# TECNOLOGÍA DE POLVOS

## OTROS PROCESOS DE FABRICACIÓN DE POLVO

### ATOMIZACIÓN CENTRÍFUGA

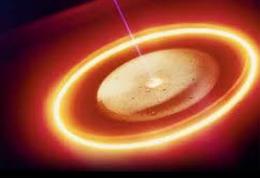
### ELECTRODEPOSICIÓN



# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



## OTROS PROCESOS DE FABRICACIÓN DE POLVO

### REACCIÓN QUÍMICA

**Reducción de sólido: Óxido purificado + Gas reductor (H ó CO) → Polvo metálico**

- Velocidad de proceso limitada por difusión de las especies a través del sólido
- Temperatura y velocidad de calentamiento son los parámetros más importantes a controlar

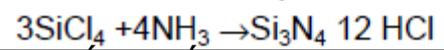
**Descomposición térmica:**

- Se parte de M-Carbonilos (Por ejemplo:  $Fe + 5 CO \rightarrow Fe[CO]_5$ )
- Descomposición térmica del compuesto en presencia de catalizador para formar el polvo metálico → Tamaño de partícula en función de la temperatura

**Otras reacciones químicas para obtener diferentes compuestos:**

a) Nitruración de polvos de Si

c) Reacción fase vapor



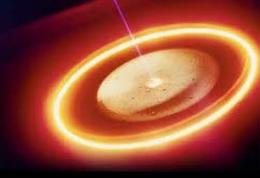
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

b)  $Si(NH) \rightarrow Si_3N_4 + 2 HH_3$



## OTROS PROCESOS DE FABRICACIÓN DE POLVO

### PROCESOS MECÁNICOS

#### OPERACIÓN PRIMARIA

- **PRINCIPALES OBJETIVOS:**
  - Modificación del tamaño de partícula
  - Cambio en la forma
  - Aleación o mezcla en estado sólido
  - Modificación de las propiedades del

#### OPERACIÓN SECUNDARIA

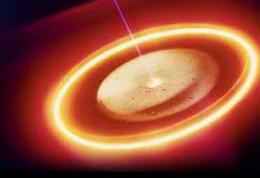
- **PRINCIPALES MÉTODOS**
  - Cizalladura
  - Compresión
  - Impacto

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

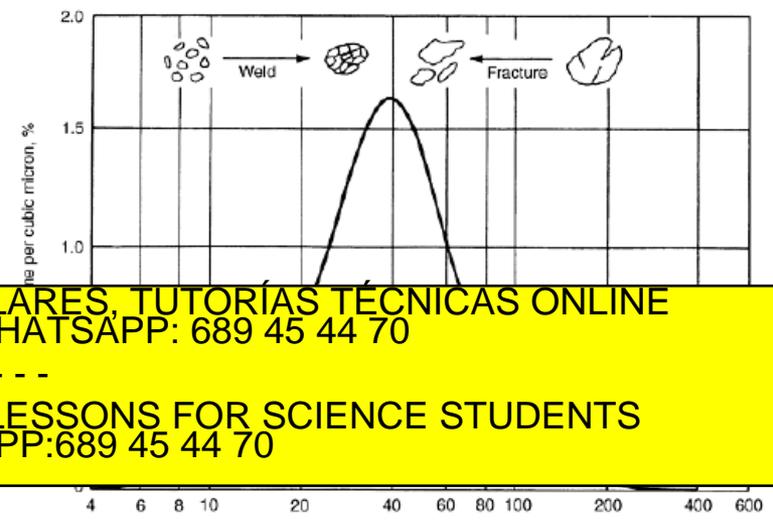
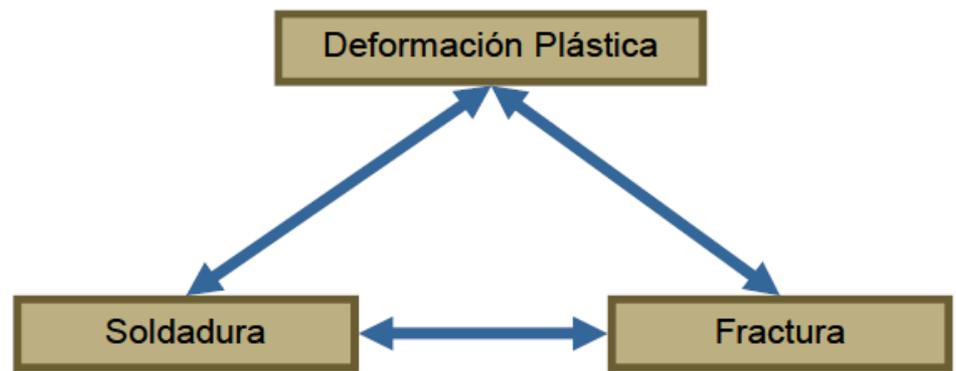
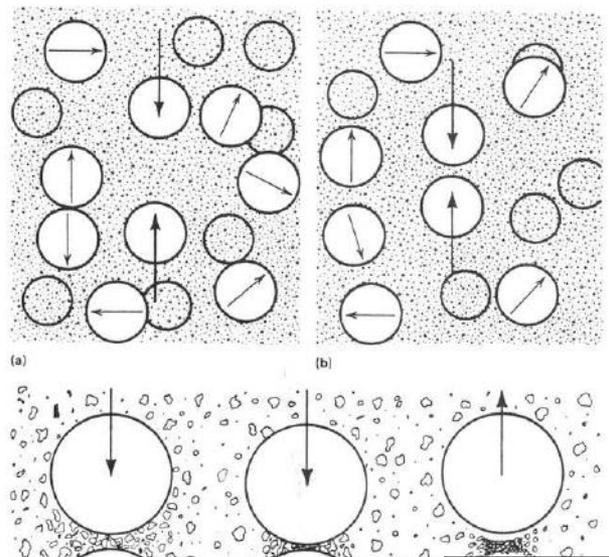


# TECNOLOGÍA DE POLVOS

## OTROS PROCESOS DE FABRICACIÓN DE POLVO

### MOLIENDA

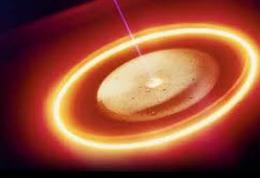
a) y b) Aproximación de las bolas



# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

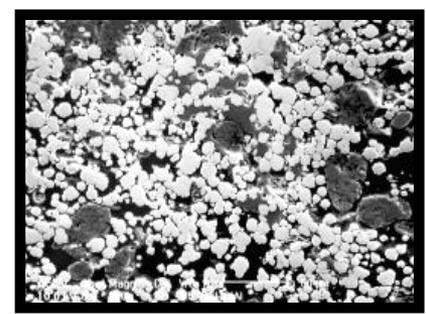
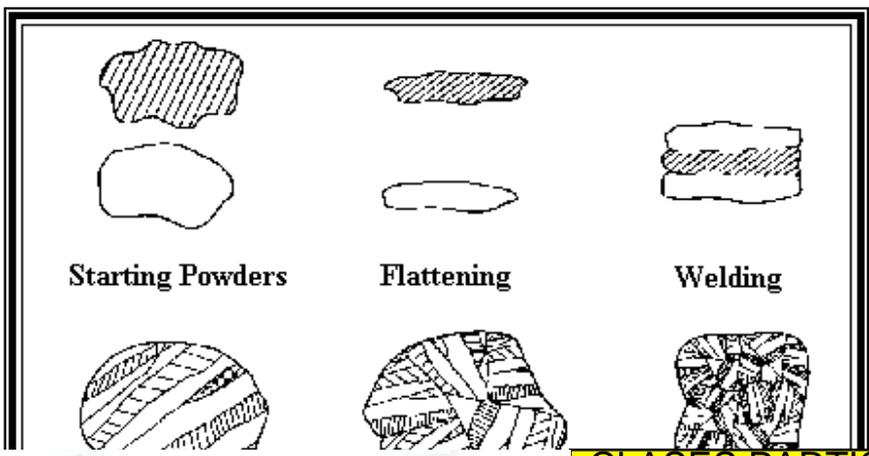


# TECNOLOGÍA DE POLVOS

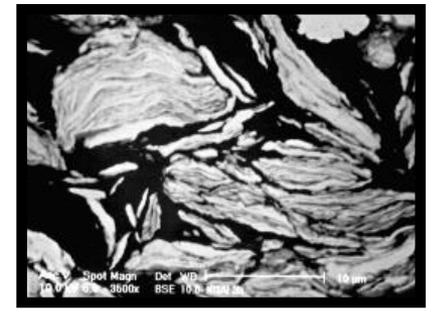
## OTROS PROCESOS DE FABRICACIÓN DE POLVO

### ALEACIÓN MECÁNICA

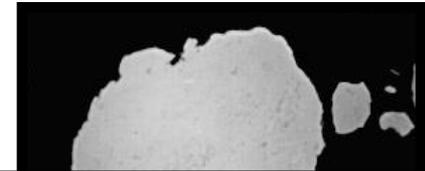
Sistemas dúctil-dúctil



0 horas



3 horas

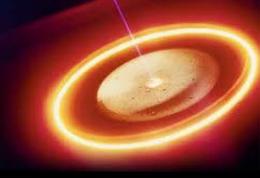


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Cartagena99

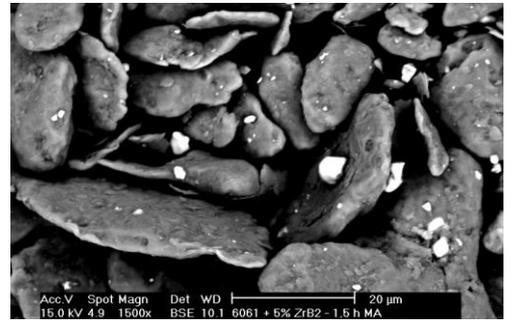


# TECNOLOGÍA DE POLVOS

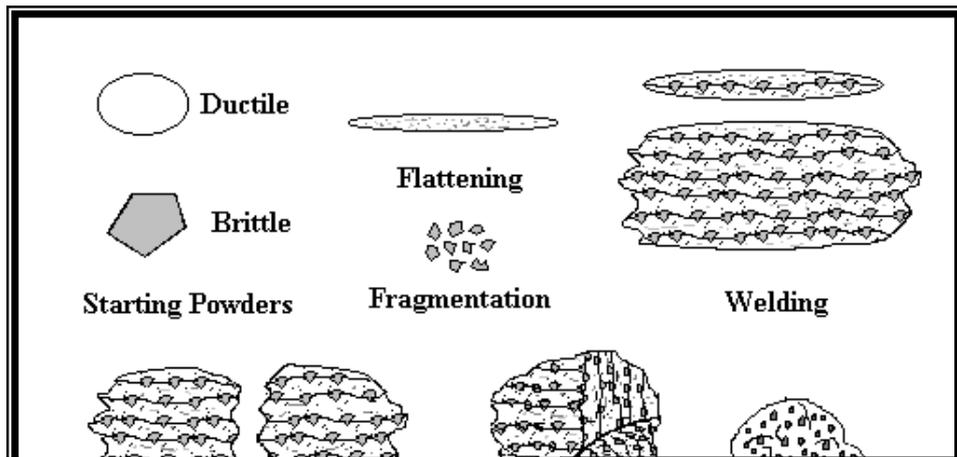
## OTROS PROCESOS DE FABRICACIÓN DE POLVO

### ALEACIÓN MECÁNICA

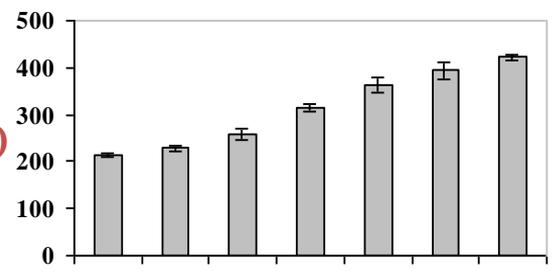
AA6061 + 5 % Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>



Sistemas dúctil-frágil



Resistencia a tracción (MPa)



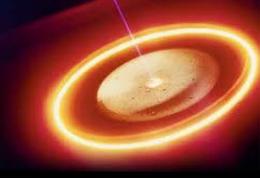
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Cartagena99

0 1,5 3 4,5 6 8 10

Tempo (horas)



# TECNOLOGÍA DE POLVOS

## OTROS PROCESOS DE FABRICACIÓN DE POLVO

### ALEACIÓN MECÁNICA

AA6061 + 5 %  $\text{Si}_3\text{N}_4$

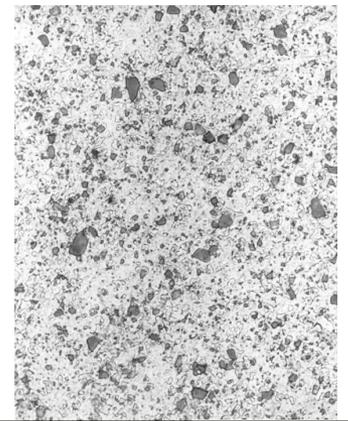
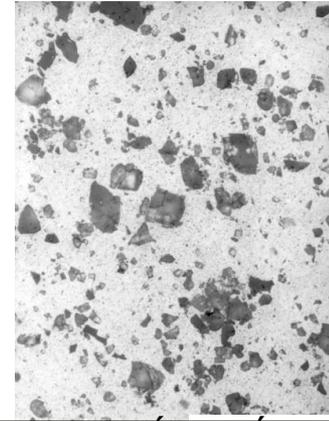
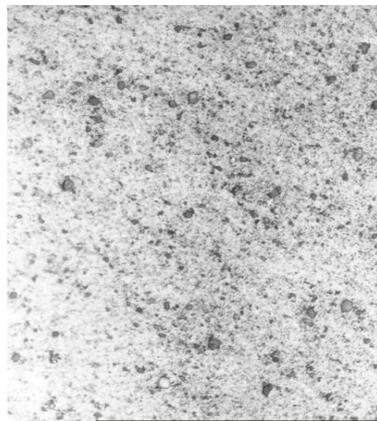
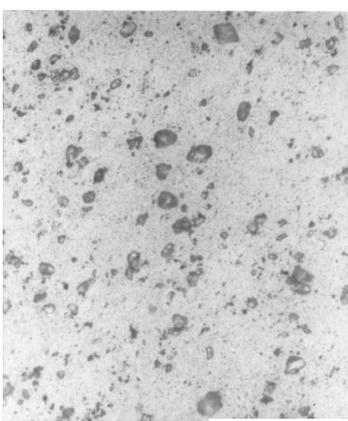
AA6061 + 15 %  $\text{AlN}$

Mezcla convencional

Aleación mecánica

Mezcla convencional

Aleación mecánica

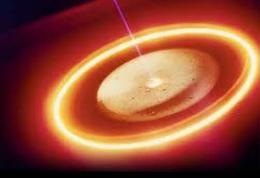


# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# TECNOLOGÍA DE POLVOS

## OTROS PROCESOS DE FABRICACIÓN DE POLVO

### ALEACIÓN MECÁNICA

Partículas finales con igual composición →

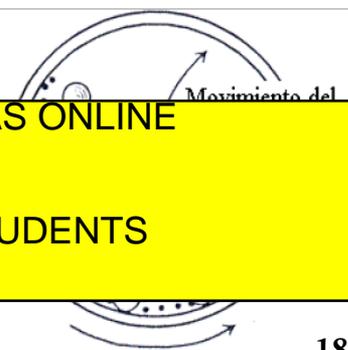
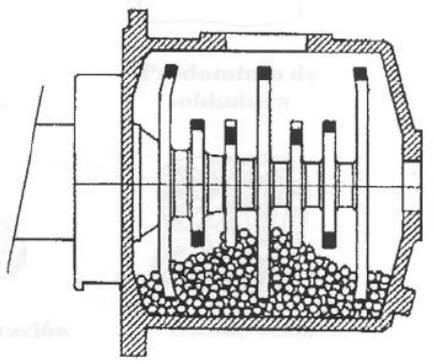
Parámetros a controlar en el proceso

Polvo de partida

Tipo de molino y medio de molienda

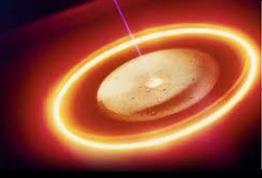
Temperatura y atmósfera

Relación masa polvo-bolas (tiempo)



# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
---  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# TECNOLOGÍA DE POLVOS

## Parámetros importantes del polvo

### Composición

- Composición química
- Microestructura
- Estructura química  
(superficial y en volumen)

### Geometría / Morfología

- Forma de la partícula
- Tamaño de partícula
- Distribución de tamaños
- Textura superficial

### Otras Propiedades

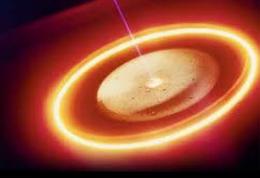
- Flujo del polvo
- Densidad aparente
- Comprensibilidad
- Resistencia de los

# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

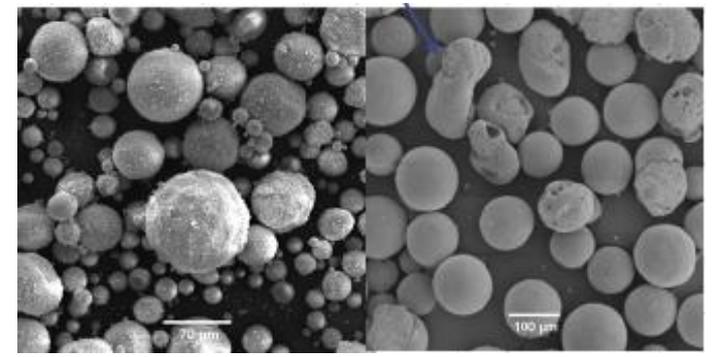
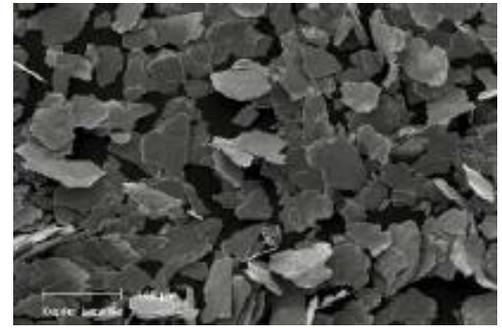
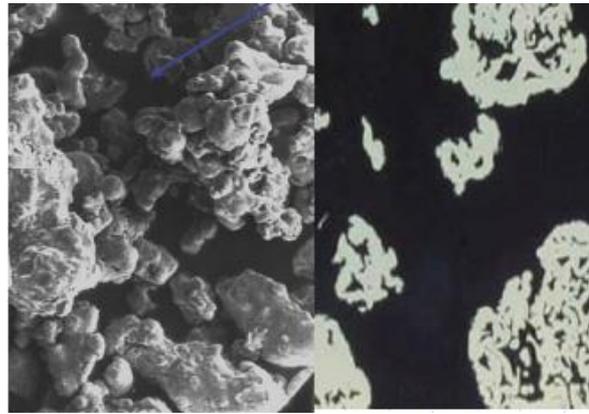
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# TECNOLOGÍA DE POLVOS

## Parámetros importantes del polvo

### Geometría / Morfología



Influencia sobre el llenado de los moldes, flujo del polvo, compresibilidad

Superficie específica → Muy importante para la sinterización

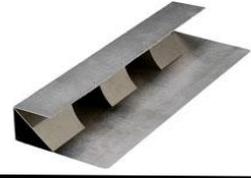
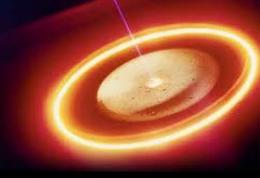


# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70





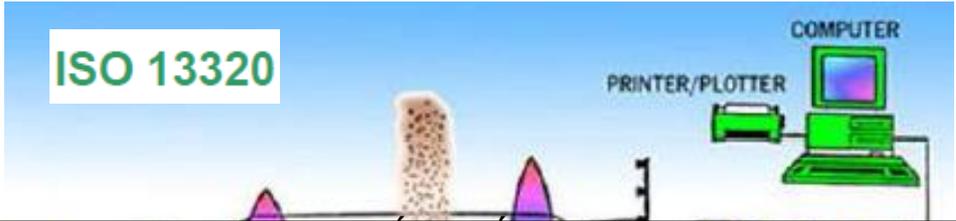
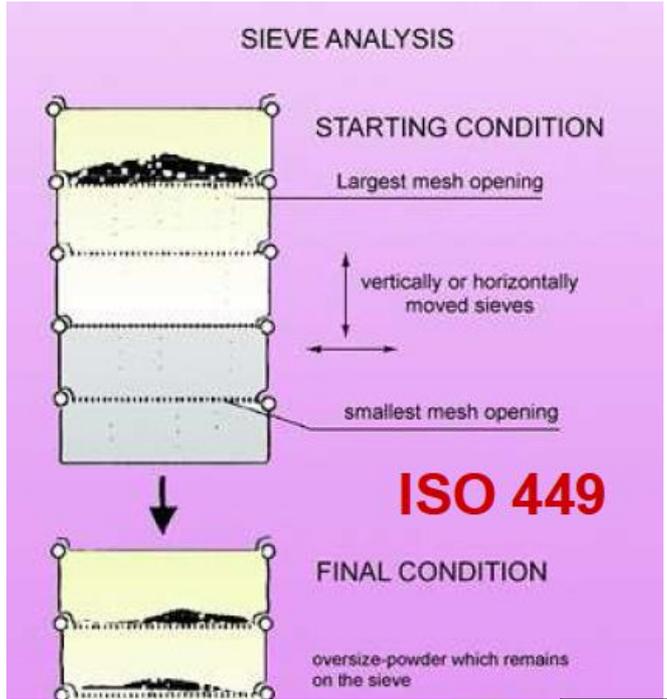
# TECNOLOGÍA DE POLVOS

## Parámetros importantes del polvo

### Geometría / Morfología

Distribución de tamaños de partículas

Tamizado y el análisis de dispersión de haz de luz láser



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Cartagena99

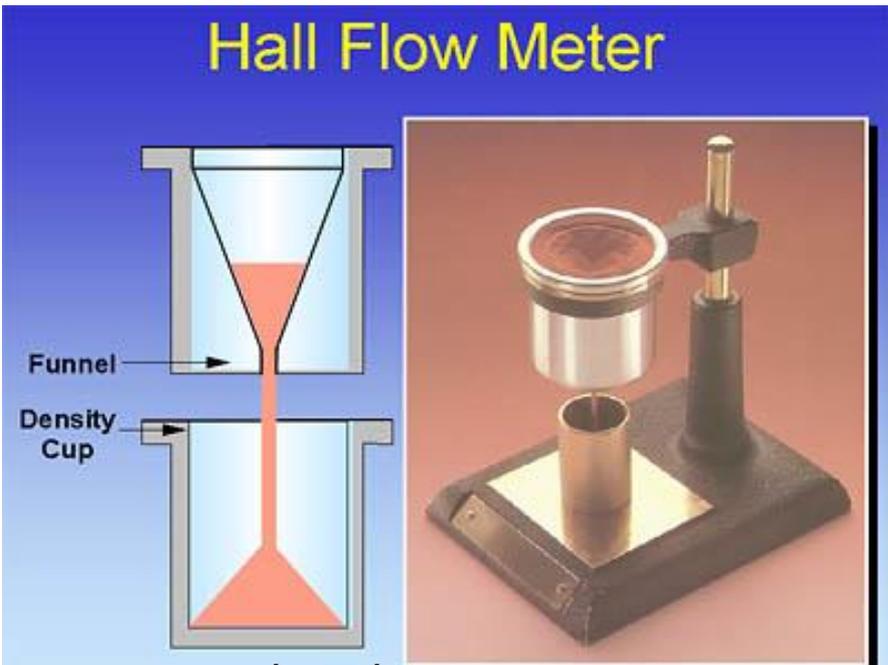
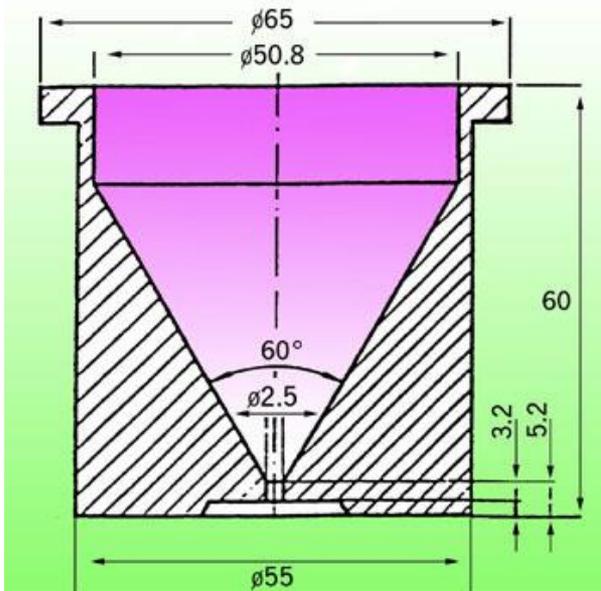


# TECNOLOGÍA DE POLVOS

## Parámetros importantes del polvo

### Propiedades físicas – Flujo del polvo

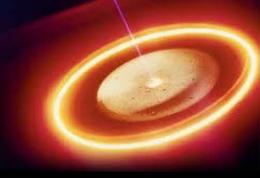
#### ISO 3923/3923/4490



# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

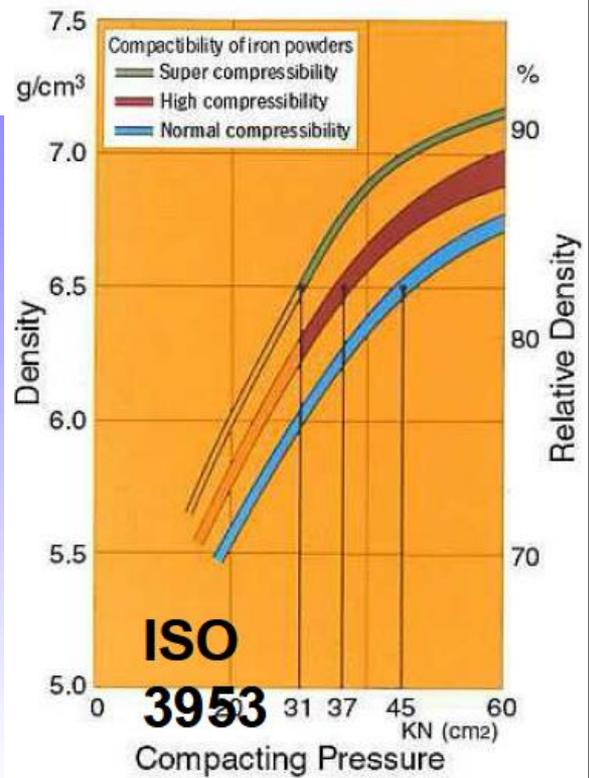
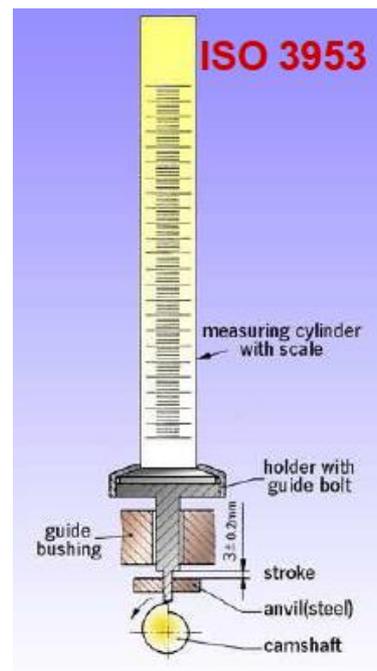
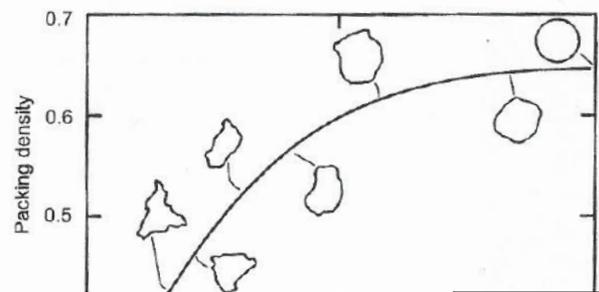
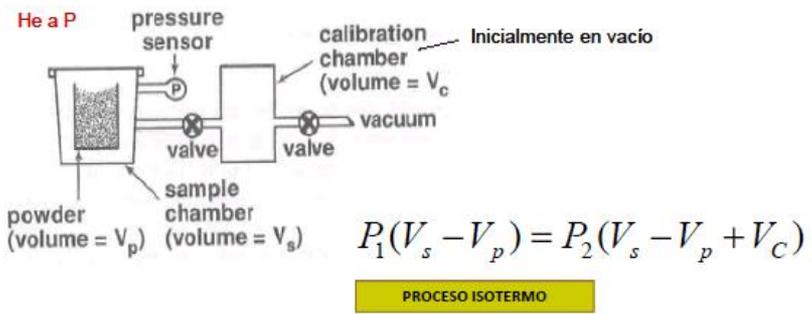
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# TECNOLOGÍA DE POLVOS

## Parámetros importantes del polvo

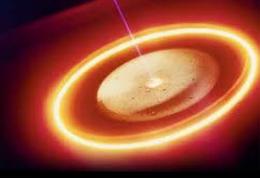
### Propiedades físicas – Densidad



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99



# TECNOLOGÍA DE POLVOS

## ETAPA DE COMPACTACIÓN

### Compactación Uniaxial

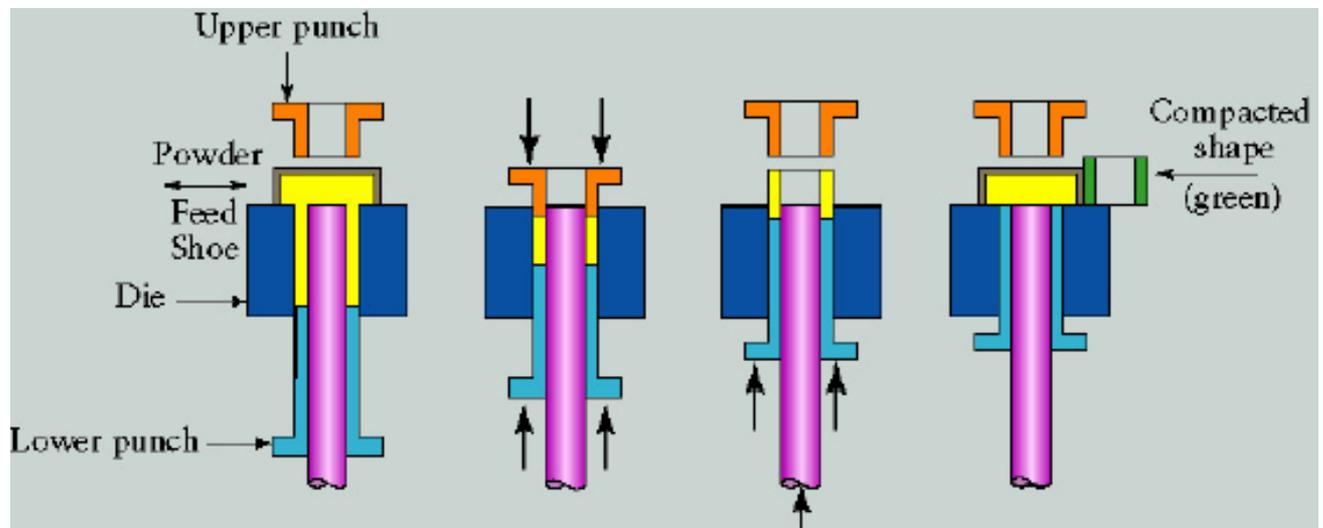
Carga del polvo en la matriz



Compactación



Eyección

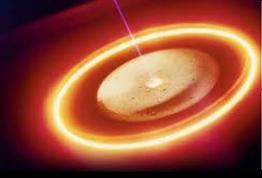


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

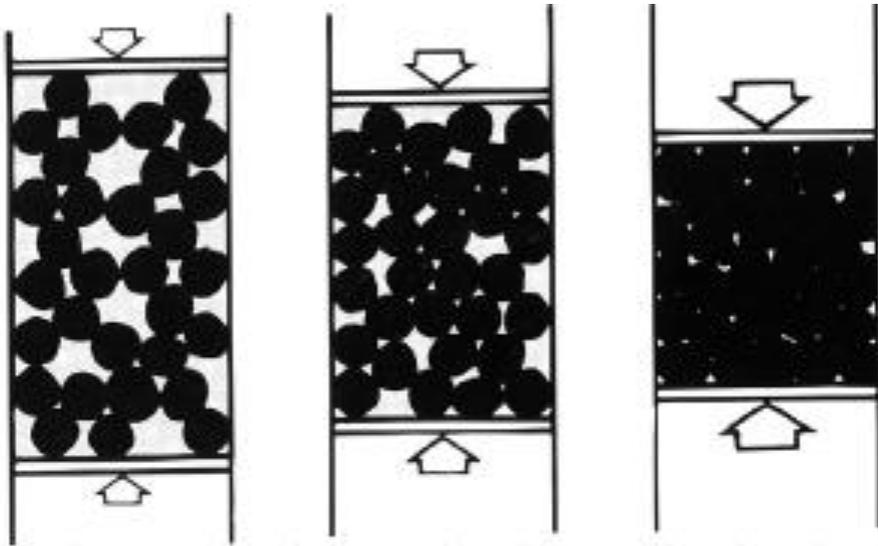
# Cartagena99



## TECNOLOGÍA DE POLVOS

### ETAPA DE COMPACTACIÓN

#### Compactación Uniaxial



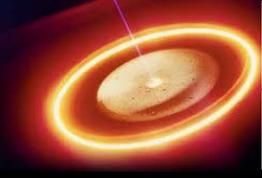
- Acercamiento de las partículas → Transferencia del polvo
- Compactación del polvo
  - Deformación elástica
  - Deformación plástica

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

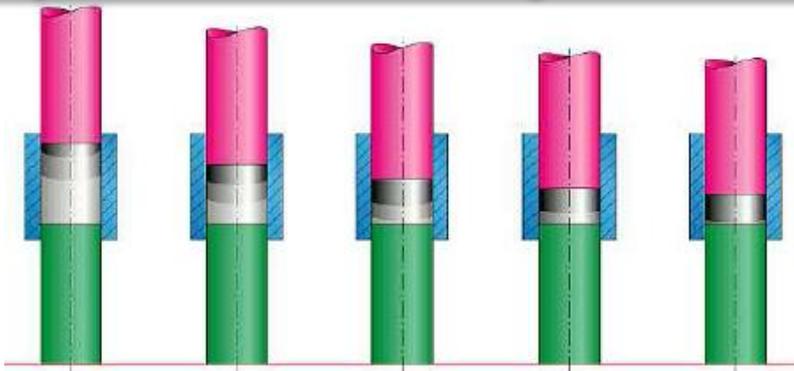
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



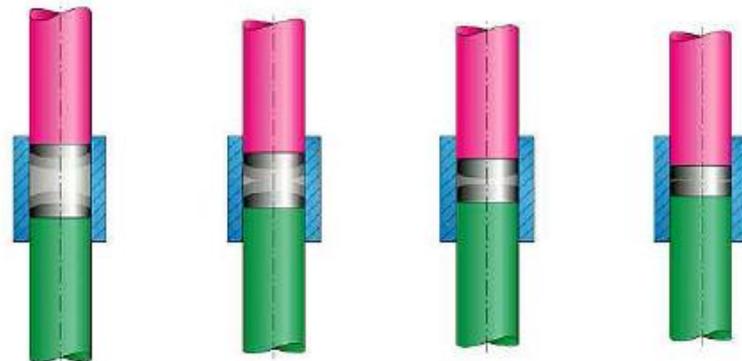
# TECNOLOGÍA DE POLVOS

## ETAPA DE COMPACTACIÓN

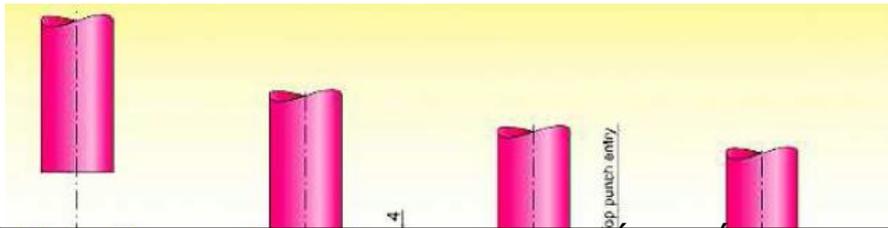
### Compactación Uniaxial – Tipos de Prensas



**Prensa Simple Efecto**



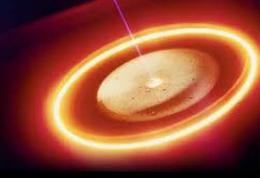
**Prensa Doble Efecto**



**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



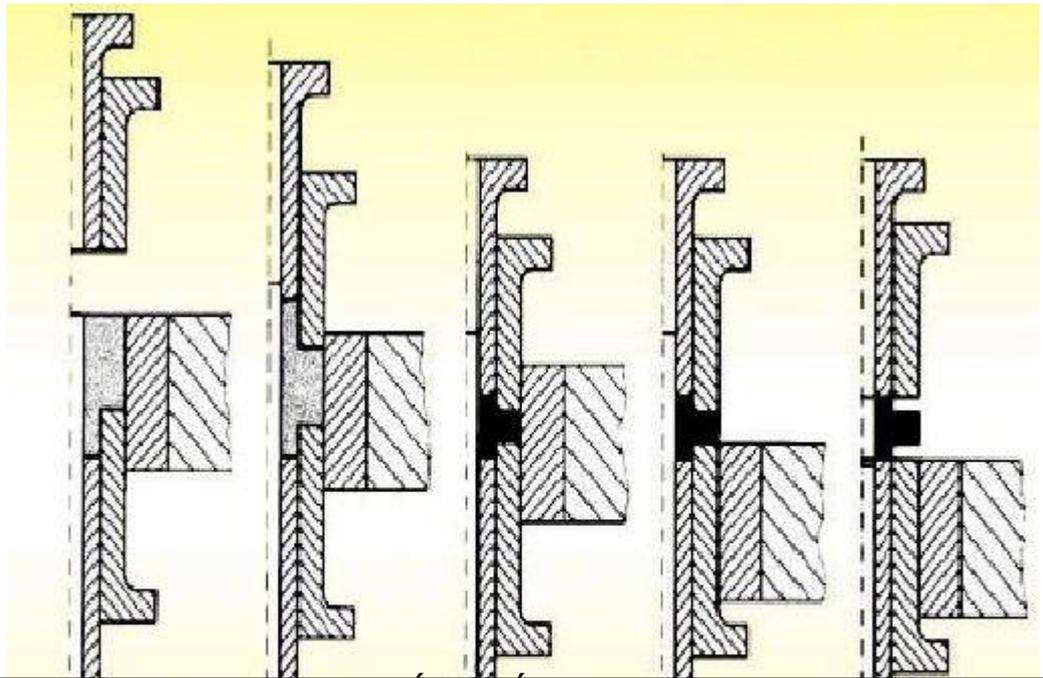
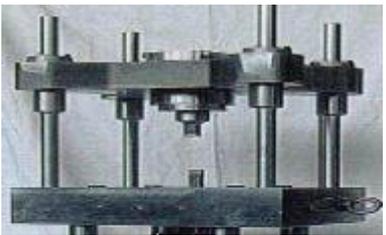
# TECNOLOGÍA DE POLVOS

## ETAPA DE COMPACTACIÓN

### Compactación Uniaxial – Tipos de Prensas

#### PRENSA MULTINIVEL

- Varios juegos de punzones gobernados por los diferentes platos



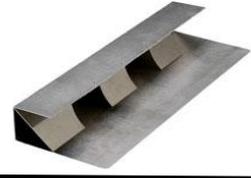
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

filling powder transfer pressing die withdrawal punch withdrawal

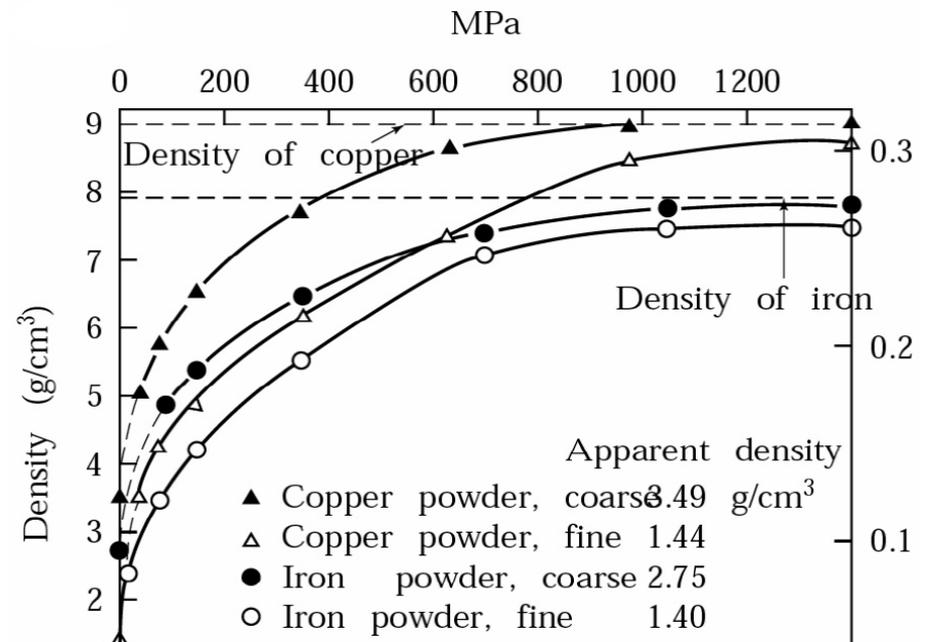
Cartagena99



# PULVIMETALURGIA

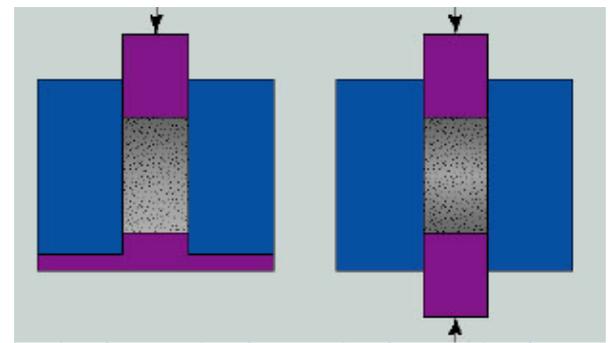
## ETAPA DE COMPACTACIÓN

### Compactación Uniaxial – Densidad en verde



### DENSIDAD RELATIVA DEL COMPACTO EN VERDE

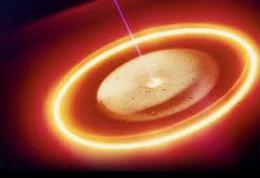
$$\rho = \frac{100 \cdot \left[ \frac{w_{Fe}}{\rho_{Fe}} + \frac{w_1}{\rho_1} + \frac{w_2}{\rho_2} + \frac{w_3}{\rho_3} + \dots \right]}{\rho_{Fe} + \rho_1 + \rho_2 + \rho_3 + \dots}$$



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

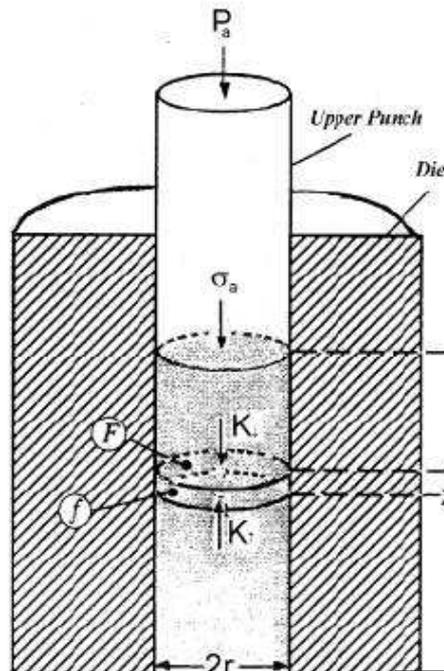
Cartagena99



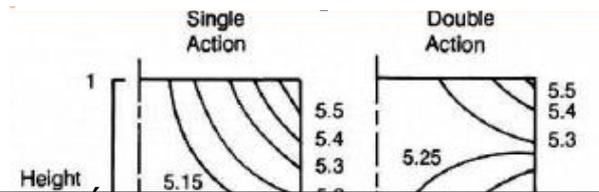
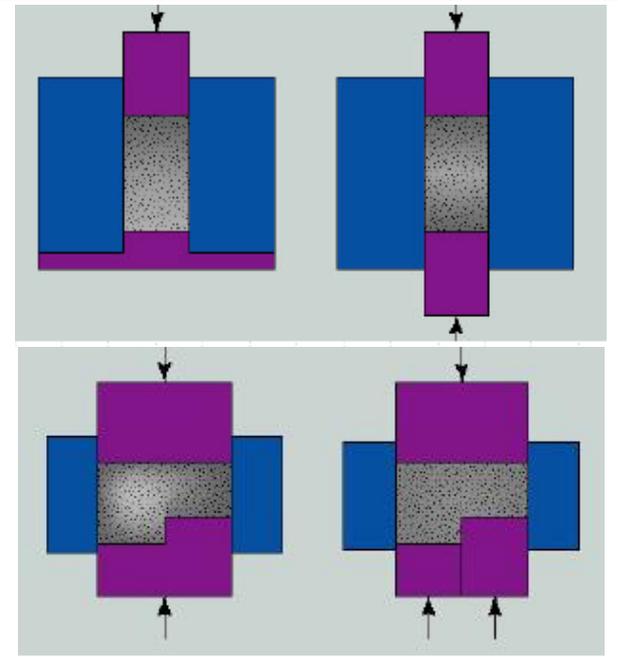
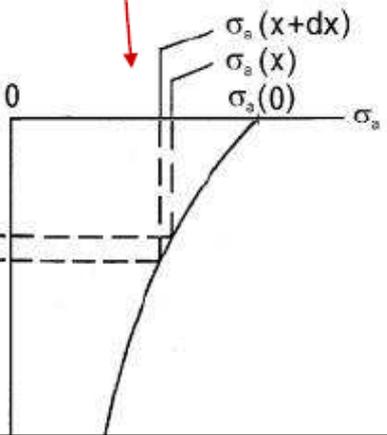
# TECNOLOGÍA DE POLVOS

## ETAPA DE COMPACTACIÓN

### Compactación Uniaxial – Densidad en verde



$$\sigma_a(x) = \sigma_a(0)e^{\frac{-2\mu x}{r}}$$

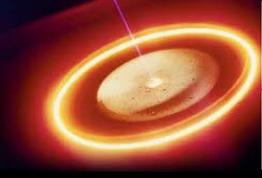


**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

$$F = \pi r^2$$

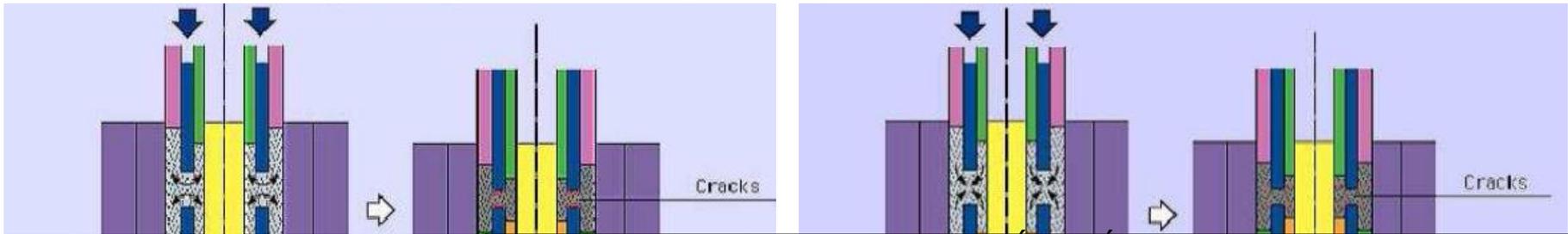


## TECNOLOGÍA DE POLVOS

### ETAPA DE COMPACTACIÓN

#### Compactación Uniaxial – Restricciones

- 5 – 6 toneladas de fuerza prensado por cada  $\text{cm}^2$  de área proyectada → Secciones de las piezas limitadas
- Dificultades para ejercer una presión homogénea en piezas muy esbeltas
- Las secciones delgadas pueden causar problemas durante el llenado → Tamaño de partícula
- Control de las presiones ejercidas por los punzones



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

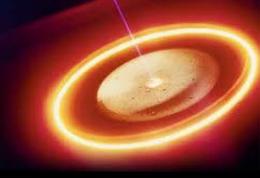
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Compacting

counterforce

Press position

low



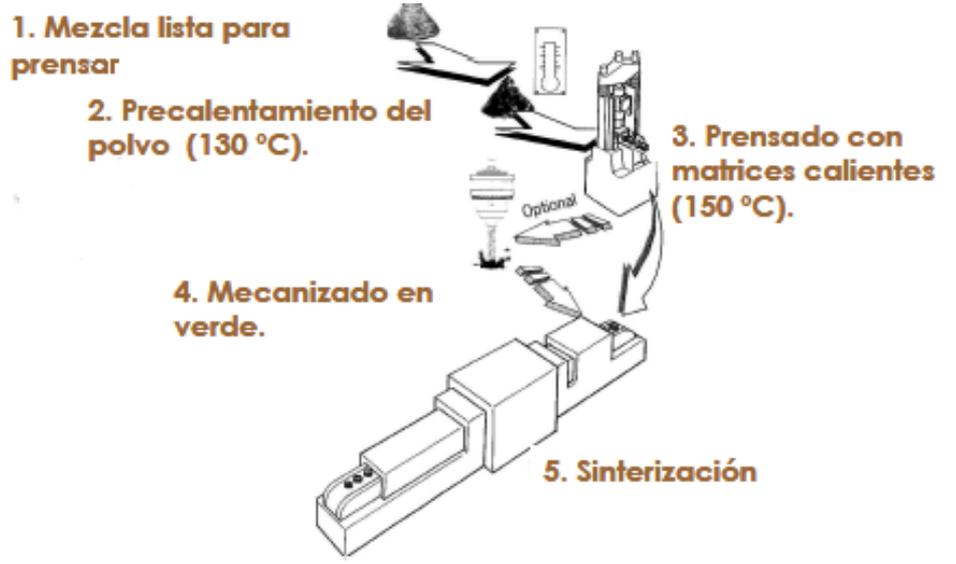
# TECNOLOGÍA DE POLVOS

## ETAPA DE COMPACTACIÓN

### Compactación Uniaxial – Variaciones

### COMPACTACIÓN CON POLVOS PRECALENTADOS:

- Compactación uniaxial de polvos precalentados → Mejores propiedades mecánicas en verde → Posibilidad de mecanizado previo a la etapa de sinterización



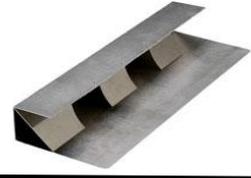
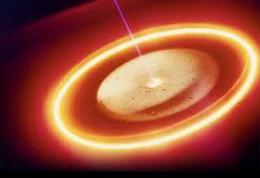
Menor tamaño de poro y forma redondeada

Distribución más homogénea de densidades

# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

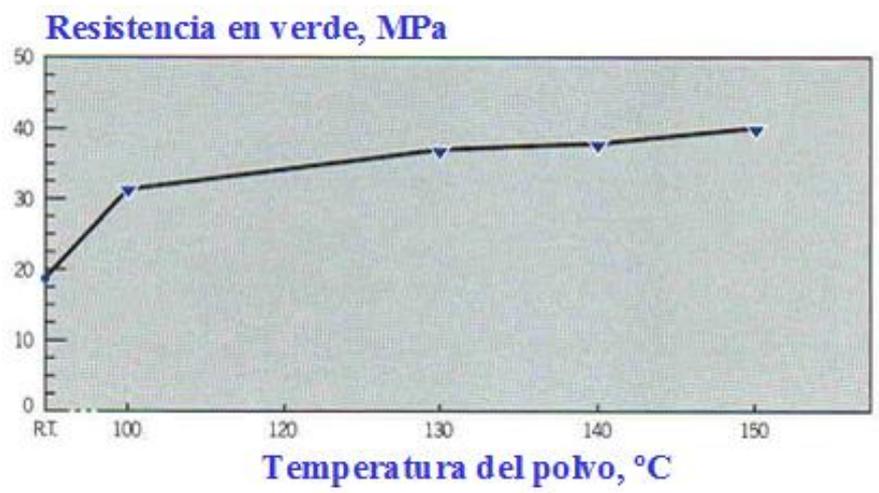
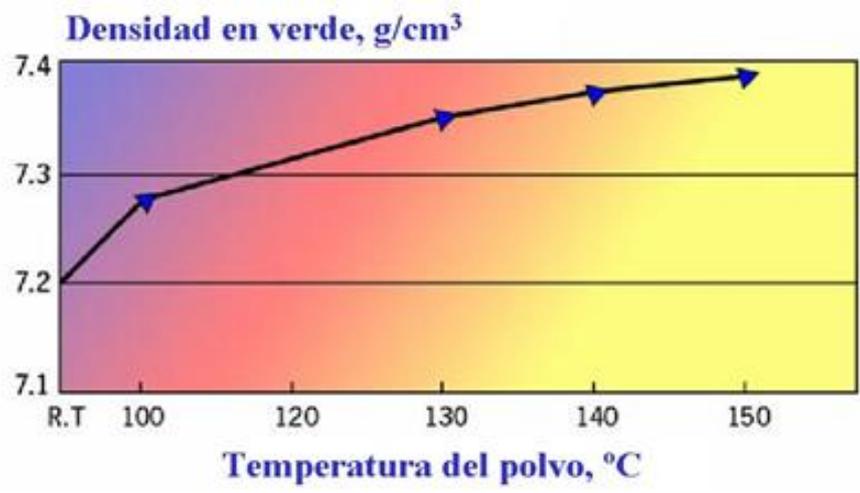


# TECNOLOGÍA DE POLVOS

## ETAPA DE COMPACTACIÓN

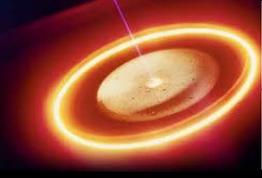
### Compactación Uniaxial – Variaciones

### COMPACTACIÓN CON POLVOS PRECALENTADOS:



# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# TECNOLOGÍA DE POLVOS

## ETAPA DE COMPACTACIÓN

Compactación isostática – En frío o en caliente (CIP / HIP)

SE EVITAN  
PROBLEMAS DE  
FRICCIÓN

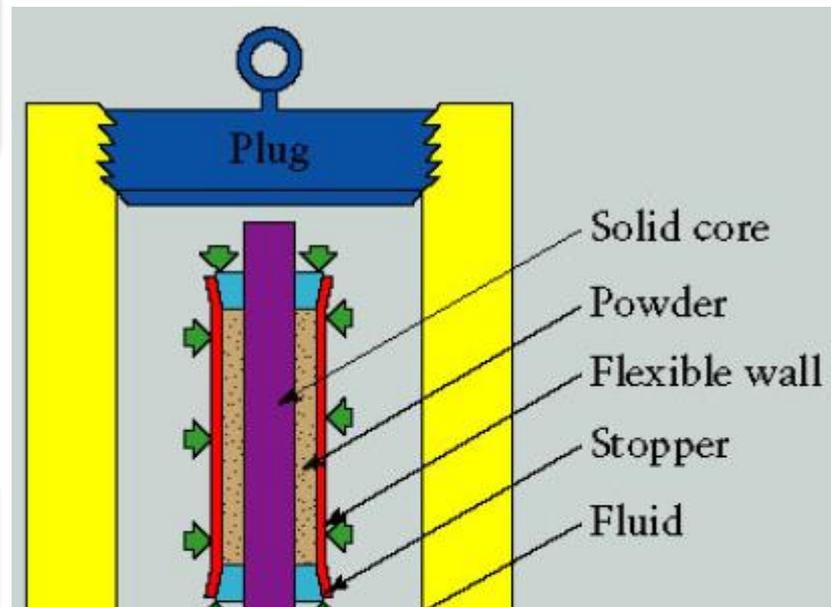
MAYOR  
VERSATILIDAD  
EN GEOMETRÍA

MAYOR  
UNIFORMIDAD DE  
LAS PROPIEDADES

MAYORES  
DENSIDADES  
EN VERDE

MÁS LENTO

MENOR  
TOLERANCIA  
DIMENSIONAL



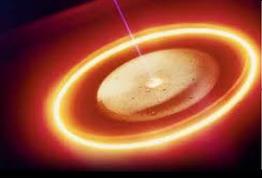
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Cartagena99

SUPERFICIAL

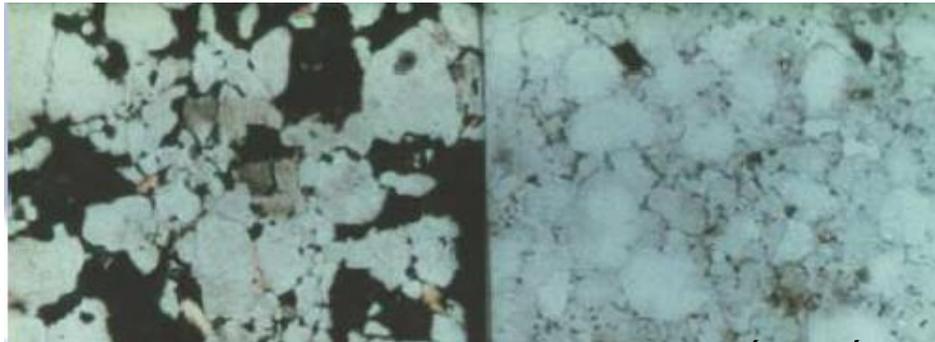
DISCONTINUO



## TECNOLOGÍA DE POLVOS

### ETAPA DE SINTERIZACIÓN

- Tratamiento térmico mediante el cual se favorece la unión entre partículas a través de fenómenos de transporte de masa lo que se traduce en una densificación mejorándose la resistencia y otras propiedades.
- El tratamiento se lleva a cabo a una temperatura menor que la temperatura de fusión del principal constituyente

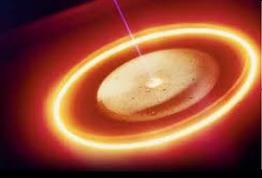


Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

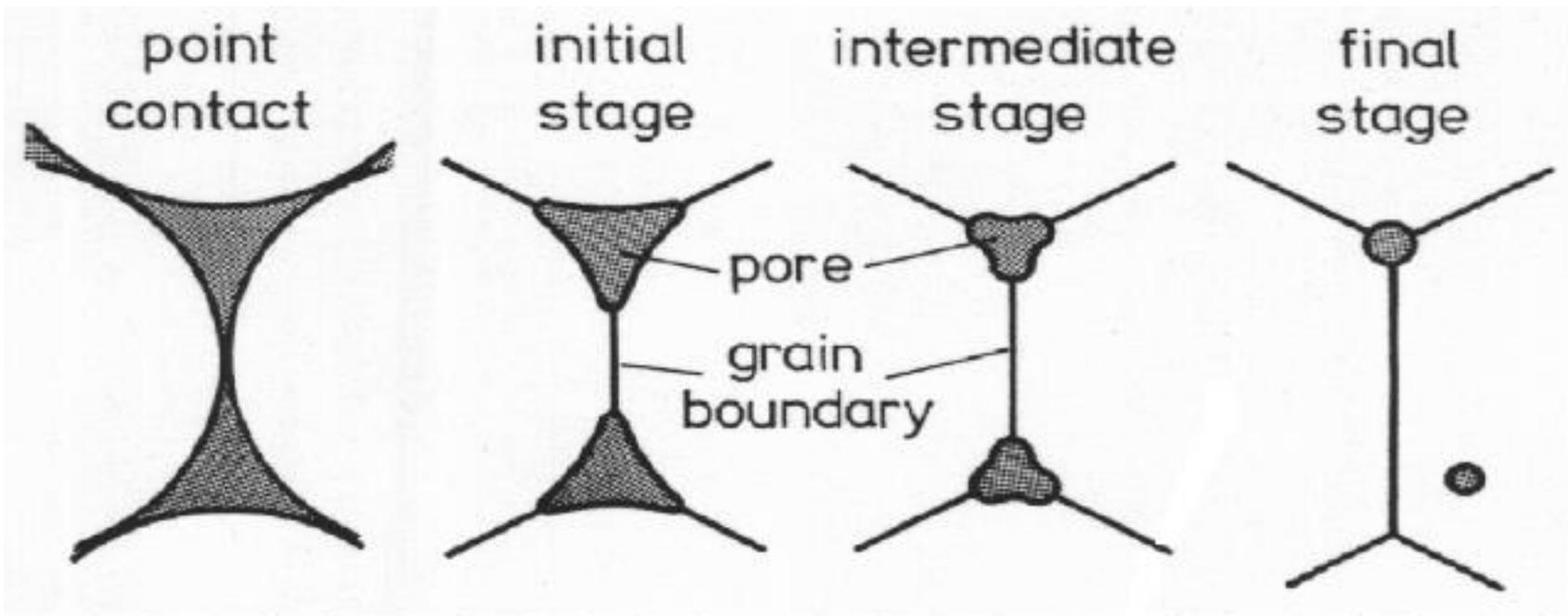
- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# TECNOLOGÍA DE POLVOS

## ETAPA DE SINTERIZACIÓN

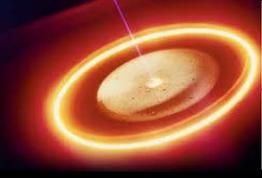


Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

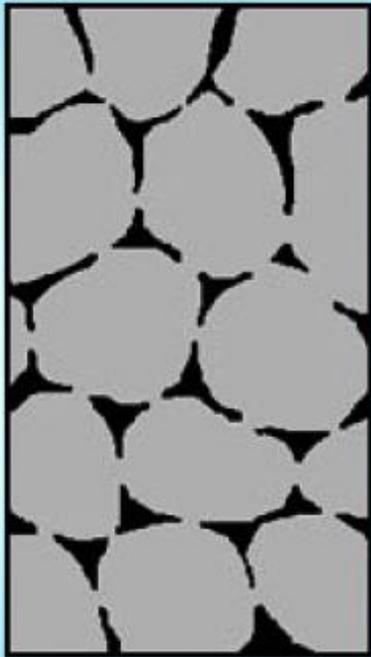
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

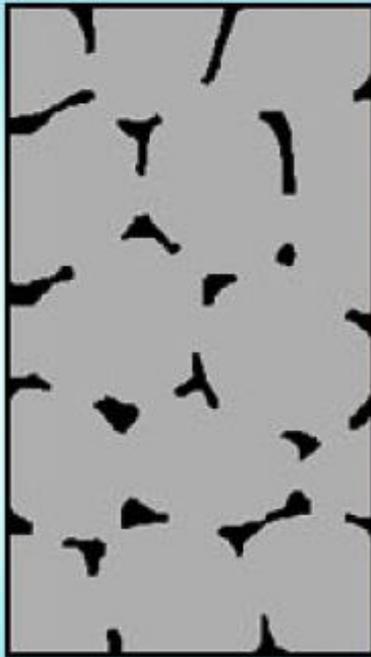


# TECNOLOGÍA DE POLVOS

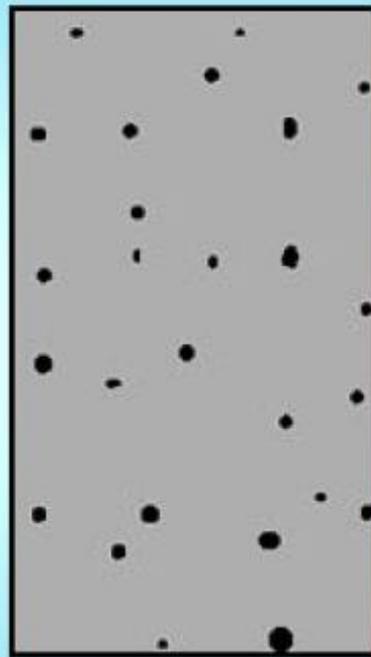
## ETAPA DE SINTERIZACIÓN



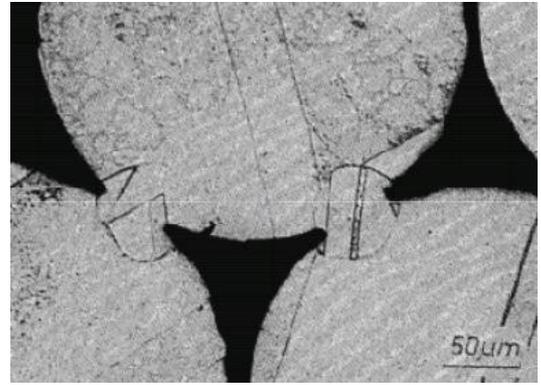
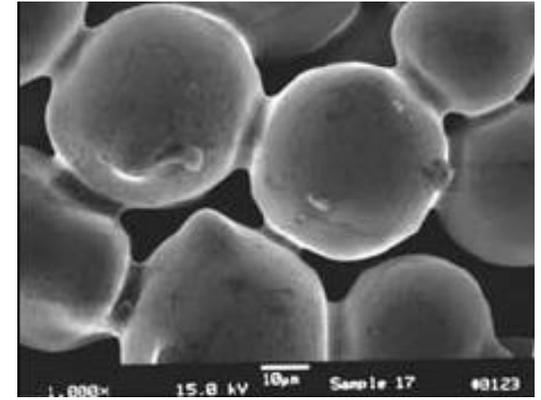
Initial stage



Intermediate stage



Final stage

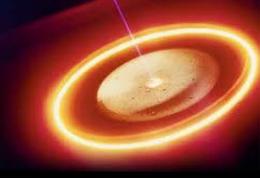


# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

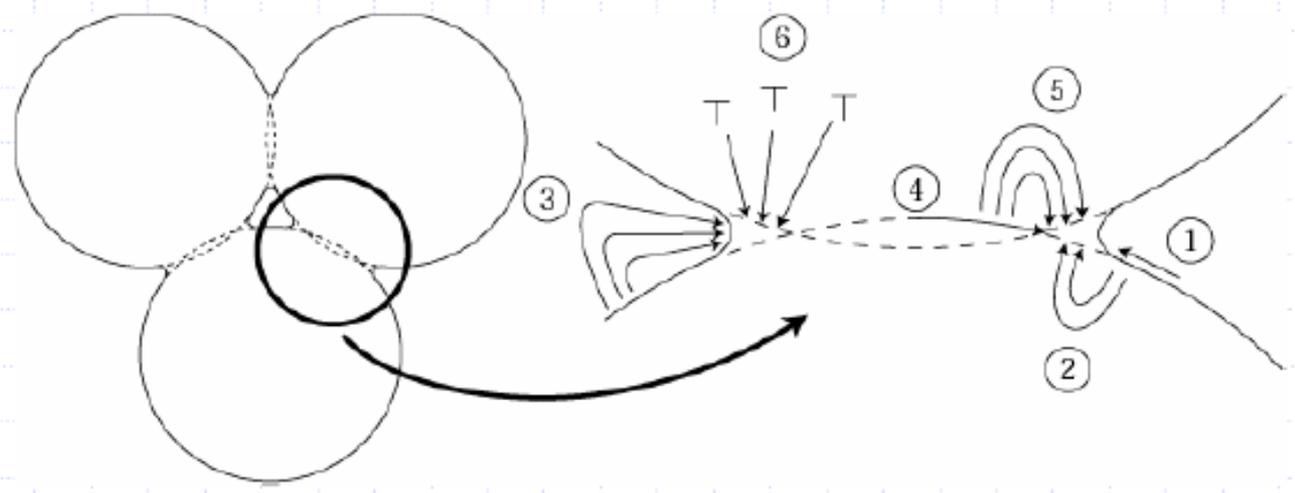
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# TECNOLOGÍA DE POLVOS

## ETAPA DE SINTERIZACIÓN



1

**Difusión Superficial**

2

**Difusión en volumen**

3

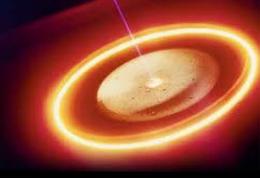
**Difusión en fase vapor**

**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

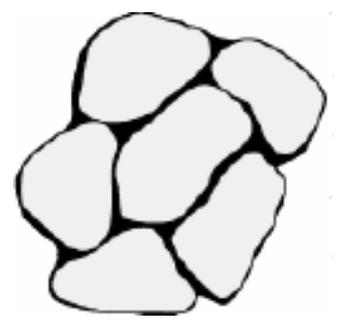
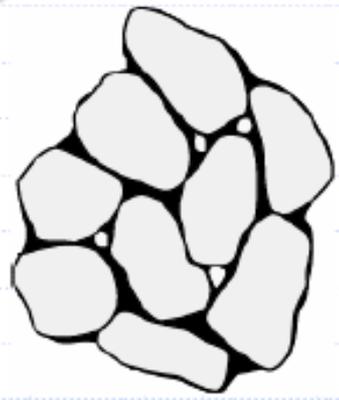
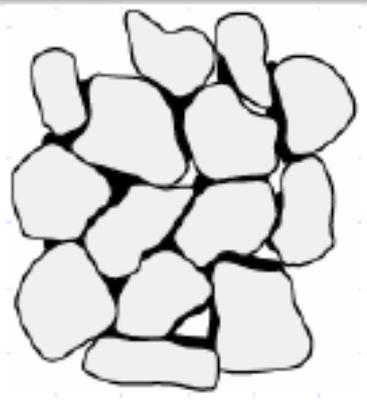
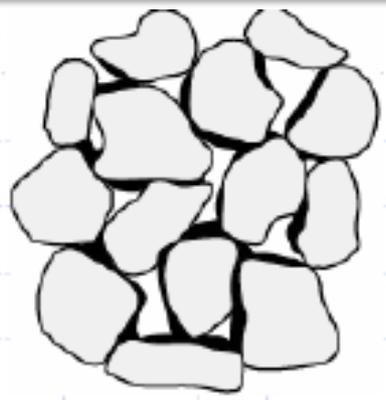
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# TECNOLOGÍA DE POLVOS

## ETAPA DE SINTERIZACIÓN

### Sinterización en Fase Líquida (LPS)



**Formación de fase líquida**

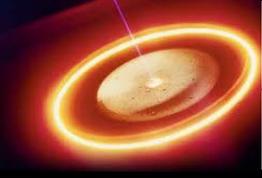
**Reorganización de las partículas (densificación)**

**Procesos de solución/precipitación (densificación)**

**Densificación final y crecimiento de grano**

# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
- - -  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# TECNOLOGÍA DE POLVOS

## ETAPA DE SINTERIZACIÓN

### Parámetros del proceso de sinterización

Temperatura

Tiempo

Atmósfera

Composición

Contenido  
lubricante

Tamaño de  
partícula  
inicial

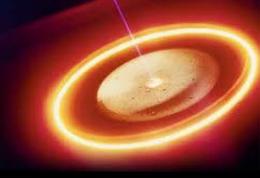
Velocidad  
calentamiento y  
enfriamiento

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# TECNOLOGÍA DE POLVOS

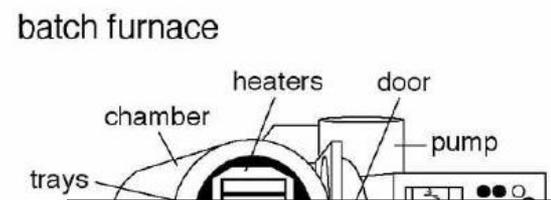
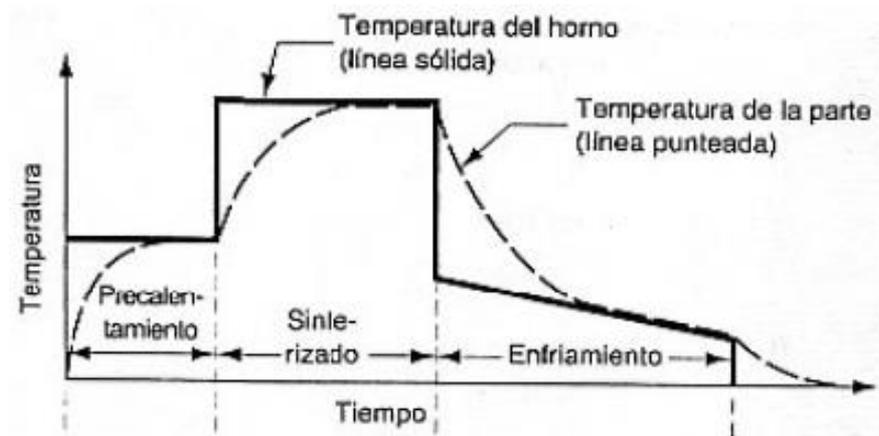
## ETAPA DE SINTERIZACIÓN

### Hornos empleados

### CONTÍNUO

- Cinta
- Empujadores
- Rodillos

### DISCONTINUO



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

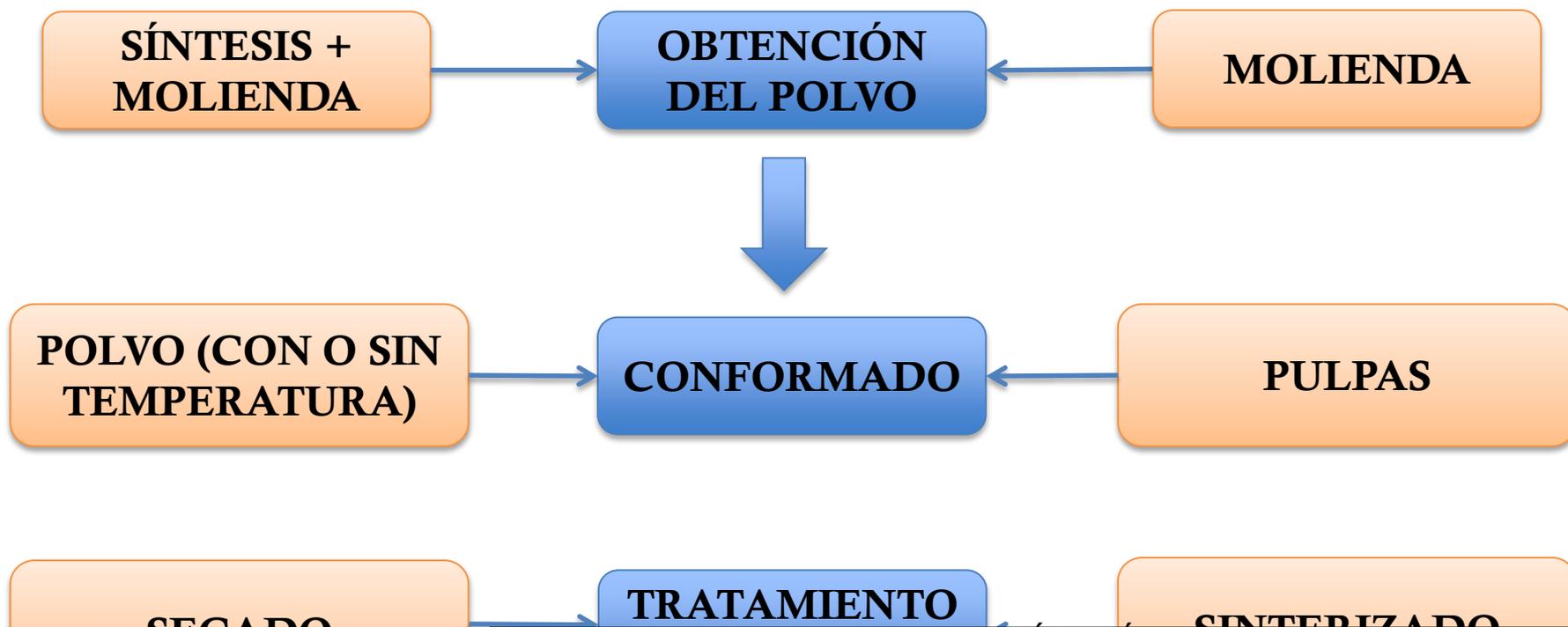
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99



## Tecnología de polvos en materiales cerámicos

### Esquema general

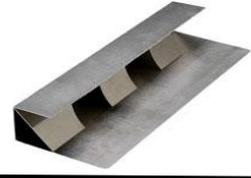
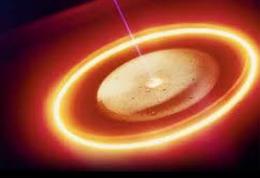


Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# Tecnología de polvos en materiales cerámicos

## Diferentes alternativas empleadas en fabricación de elementos cerámicos por conformado de partículas

**COMPACTACIÓN DE POLVOS**

**TAPE CASTING**

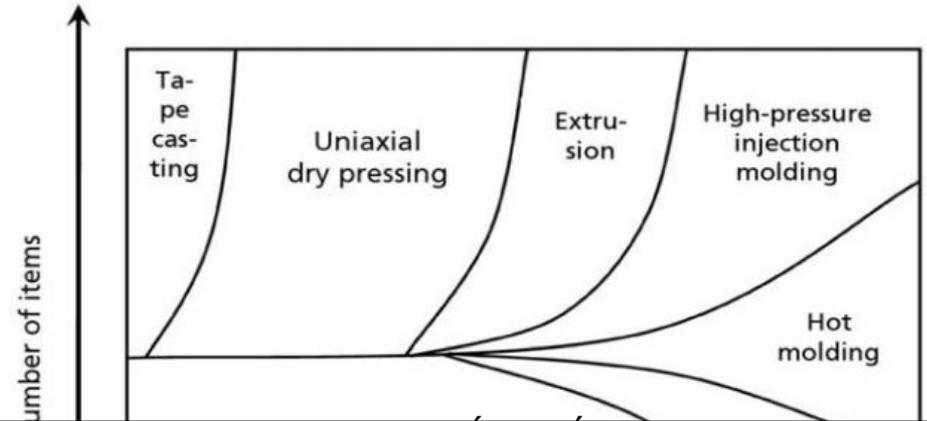
**SLIP CASTING**

**POWDER INJECTION MOLDING**



**HIP**

**UNIAXIAL**



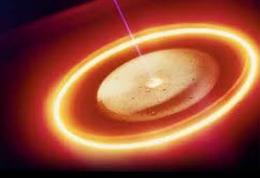
# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Complexity of component shape



# Tecnología de polvos en materiales cerámicos

## Alternativas

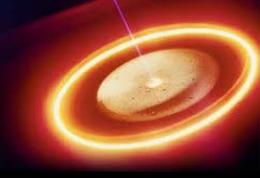
MÉTODO	FORMA DEL MATERIAL INICIAL	FORMAS DE LOS COMPUESTOS EN VERDE
Compactación en matriz	Polvo o partículas	Piezas pequeñas y sencillas
Presión isostática	Polvo o partículas	Piezas más complejas (tamaño y forma)
Slip casting	Pasta (slurry) de aglomerante (binder) y partículas	Formas complejas de pared delgada
Tape casting	Pasta (slurry) con alto contenido en aglomerante (binder) y partículas	Láminas finas

# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# Tecnología de polvos en materiales cerámicos

## Obtención del Polvo

**MOLIENDA/TRITURACIÓN**



Molienda en seco, molienda en húmedo

**INCORPORACIÓN DE ADITIVOS**

**LUBRICANTE**

**AGLOMERANTE**

**DEFLOCULANTES**

**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

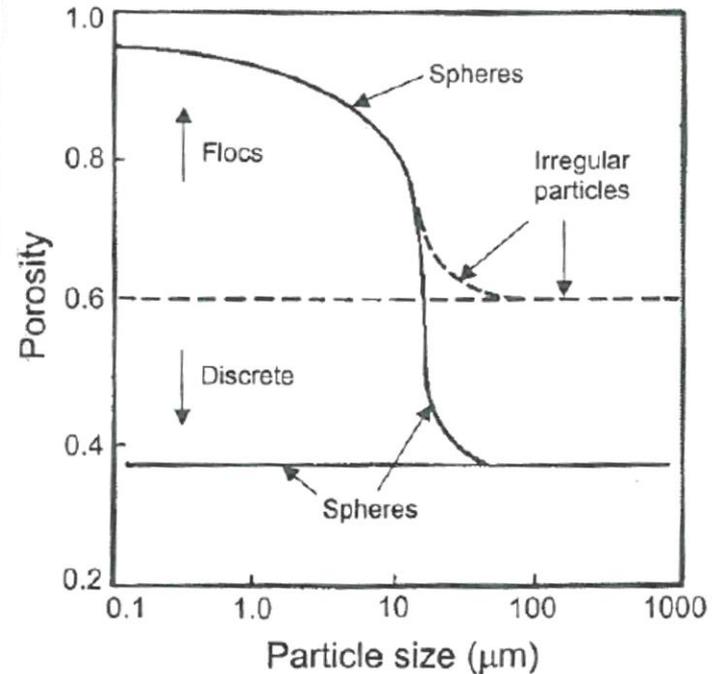
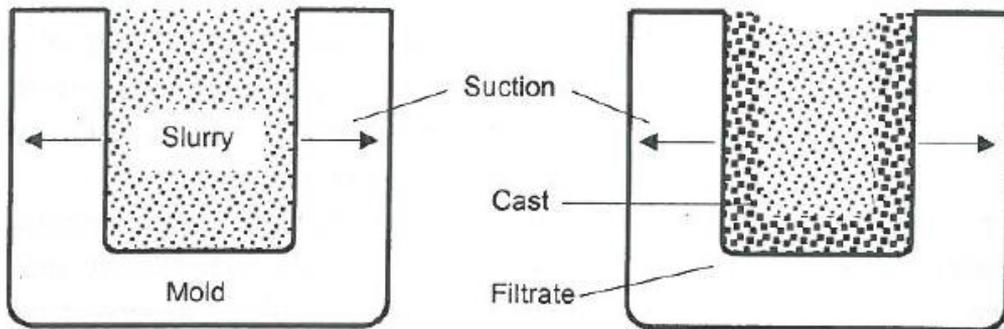
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



## Tecnología de polvos en materiales cerámicos

### Slip Casting



### FACTORES A TENER EN CUENTA:

Tamaño de partícula

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

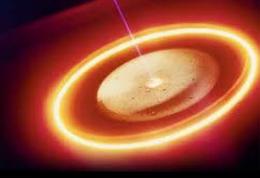
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

- **Dispersión de las partículas**

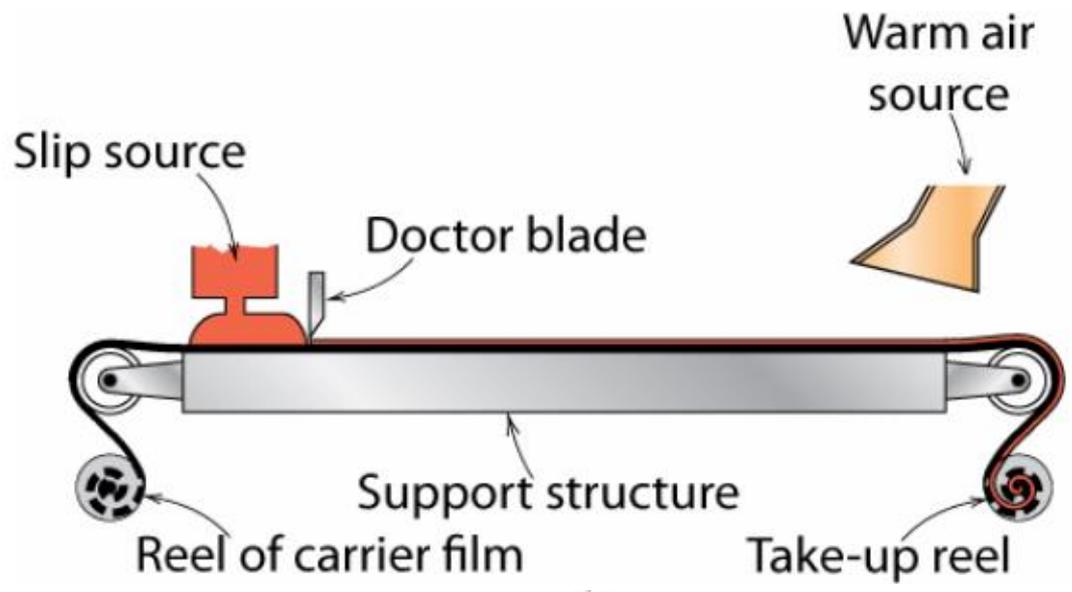
$$K \left( \frac{dp}{dv} \right)$$

**Cartagena99**



## Tecnología de polvos en materiales cerámicos

### Tape Casting



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
- - -  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

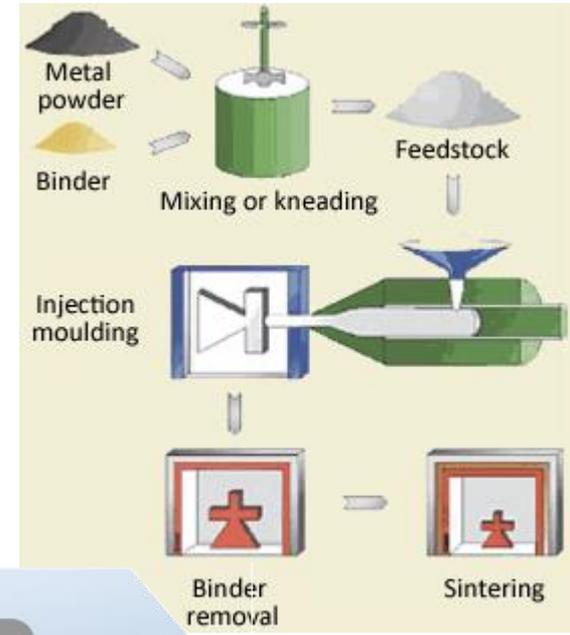
Cartagena99



# Tecnología de polvos en materiales cerámicos

## Powder Injection Molding (PIM)

Inyección de una mezcla de polvo (cerámico o metálico) con un binder o agente aglutinante



Binders Powder

Feedstock

Heat

Heat

# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

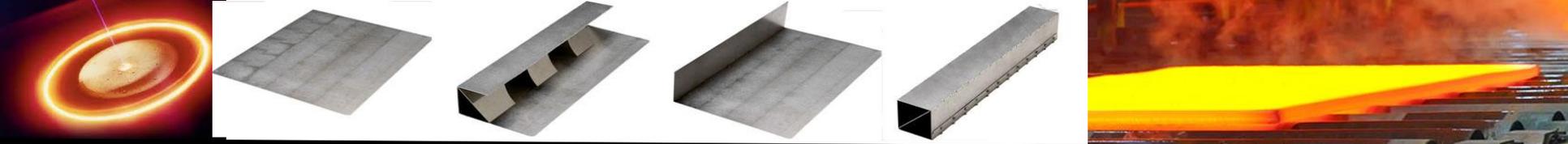
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Mixing

Molding

Debinding

Sintering

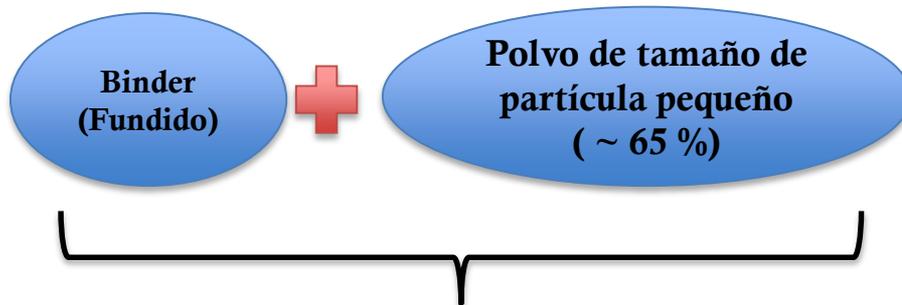


# Tecnología de polvos en materiales cerámicos

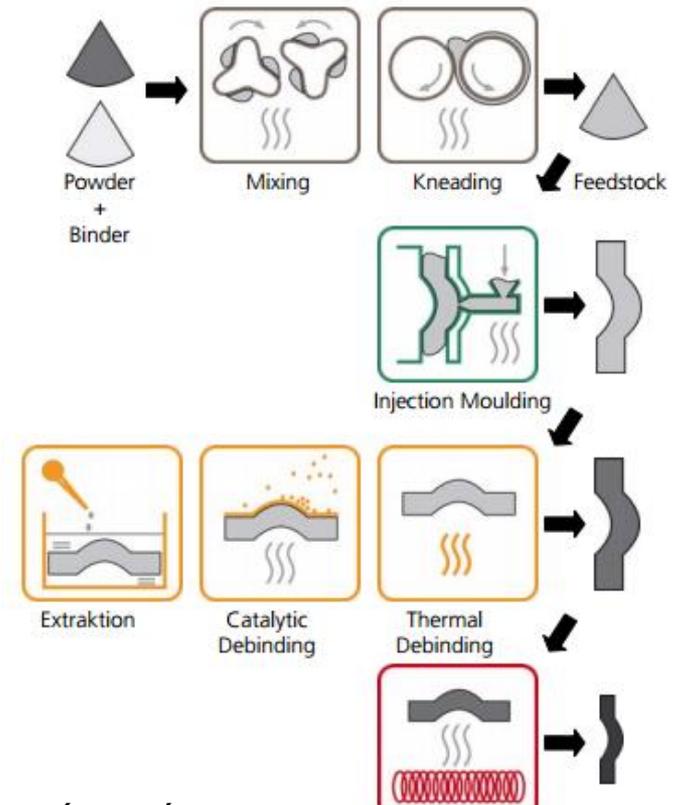
## Powder Injection Molding (PIM)

### Binder – Agente aglomerante

Mezcla de polímeros (polietileno, polietilenglicol, polimetilmetacrilato, polipropileno), ceras (parafinas), dispersantes y surfactantes



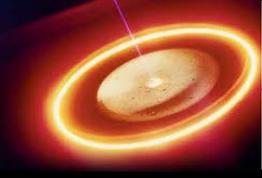
**MATERIAL PARA ALIMENTAR EL PROCESO DE INYECCIÓN**



**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



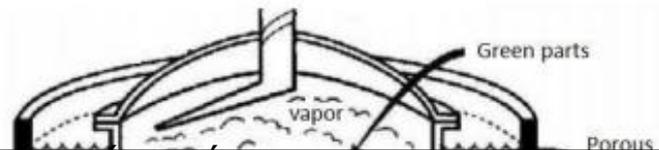
## Tecnología de polvos en materiales cerámicos

### Powder Injection Molding (PIM)

#### Binder – Agente aglomerante

- Varias posibilidades para la eliminación (térmica, eliminación con disolventes) → Destaca la eliminación térmica → Calentamiento de la pieza a elevada temperatura bajo atmósfera controlada.
- Problemática:
  - Evitar al máximo distorsiones en la forma de la pieza
  - Posibilidad de generación de grietas si no se tienen en cuenta las condiciones de procesado (paredes de espesor uniforme, mantener presión, entre otras)

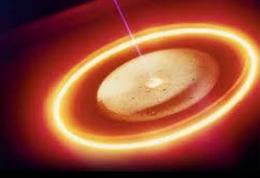
- Facilitar con la geometría la eliminación del



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



## Tecnología de polvos en materiales cerámicos

### Prensado Isostático en Caliente (HIP)

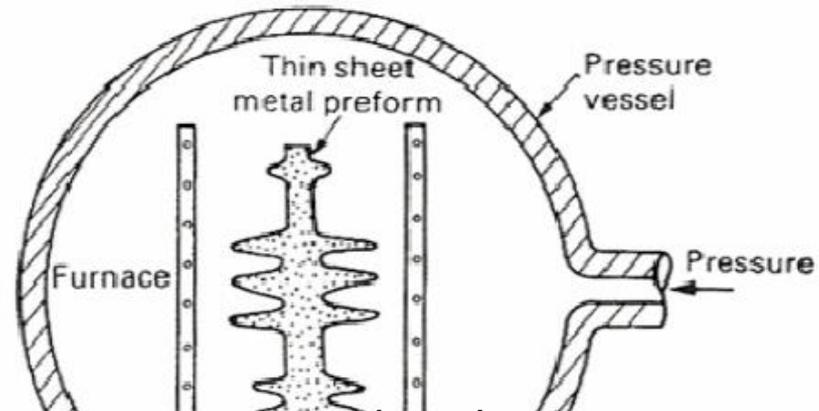
**BUENA  
DISTRIBUCIÓN DE  
PRESIONES**

**PERMITE OBTENER  
FORMAS MÁS  
COMPLICADAS**

**MATERIALES CON  
UNA MAYOR  
DUREZA**

**MENOR CONTROL  
DIMENSIONAL**

**DISCONTINUIDAD  
DEL PROCESO**



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

**Cartagena99**



## Tecnología de polvos en materiales cerámicos

### Sinterización

**SINTERIZACIÓN  
POR REACCIÓN**



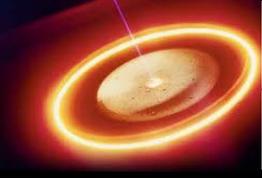
**SINTERIZACIÓN EN  
ESTADO SÓLIDO**

- Baja sinterabilidad en muchos casos
- El coeficiente de difusión es, en general, más bajo que en metales
- Se necesitan polvos de tamaño muy pequeño  $\rightarrow$  Mayor energía superficial  $\rightarrow$  Aglomeración
- Temperaturas elevadas requeridas
- Atmósferas inertes
- Suelen requerir aditivos para mejorar la sinterabilidad

**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



## TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

### VENTAJAS

- Permite la fabricación de piezas complejas (con cavidades y zonas huecas)
- Mayor versatilidad en tamaños de las piezas
- Producción en grandes cantidades permitida
- Coste variable pero relativamente más bajo que en otras técnicas
- Reducción del número de componentes

### DESVENTAJAS

- Generalmente se obtienen propiedades inferiores a las obtenidas por
- Cierta anisotropía

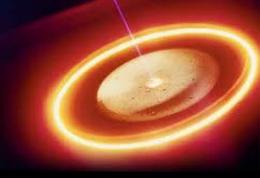
Menor precisión dimensional

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

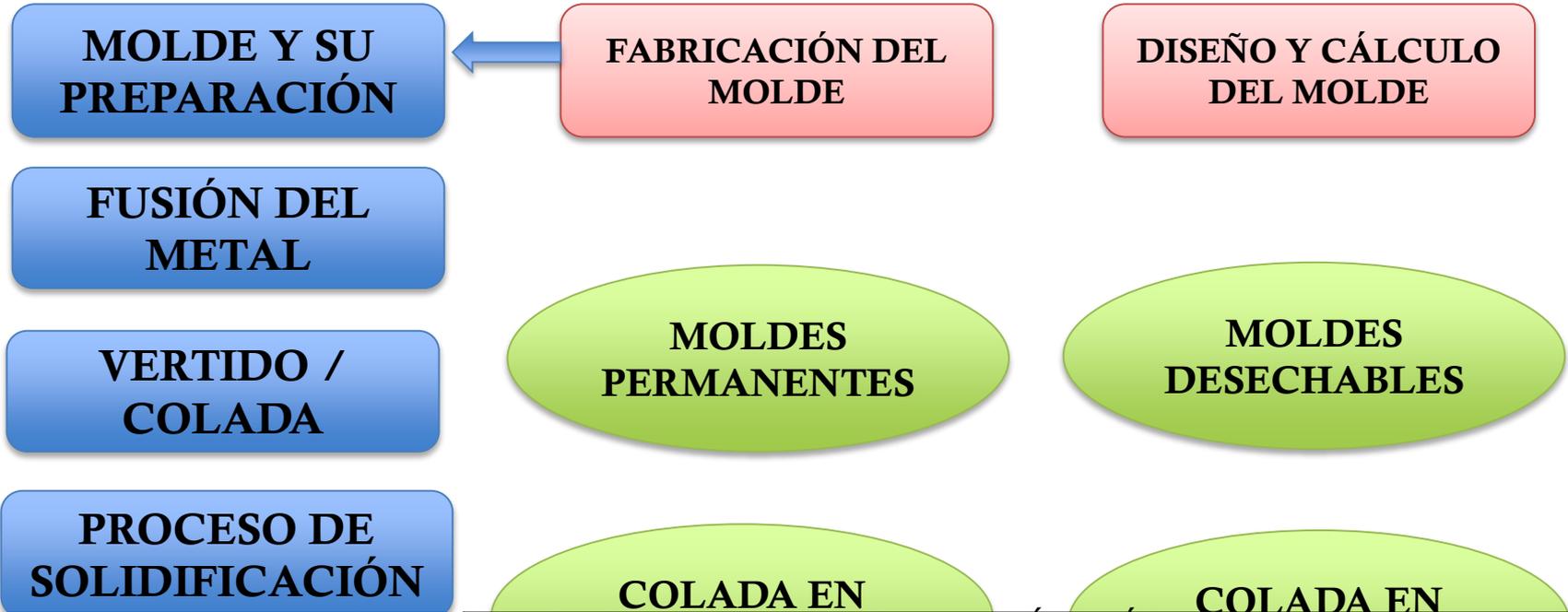
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



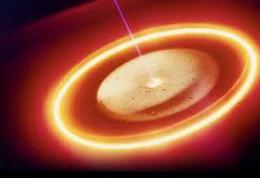
# TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

Conformado de metales y aleaciones mediante el vertido (colada) de material fundido en un molde con la forma de la pieza o componente que solidificará en el mismo



# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

Conformado de metales y aleaciones mediante el vertido (colada) de material fundido en un molde con la forma de la pieza o componente que solidificará en el mismo

**FUSIÓN DEL METAL**

**VERTIDO / COLADA**

**PROCESO DE SOLIDIFICACIÓN**

**MOLDE Y SU PREPARACIÓN**

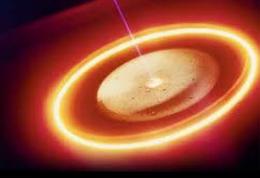
**EXTRACCIÓN DE LA PIEZA**



**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

**Cartagena99**



# TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

## MOLDES PERMANENTES

- Generalmente son moldes metálicos (acero, fundiciones) aunque también pueden ser de grafito formados por una o varias piezas
- Puede incluir una parte no permanente en núcleos o corazones realizados en arena o aglomerados
- Dan lugar a piezas con mejores tolerancias dimensionales, mejores acabados superficiales y propiedades mecánicas mejoradas.

**Elevado  
coste inicial  
del molde**

**Protección del**

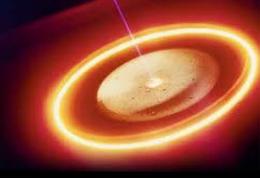


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

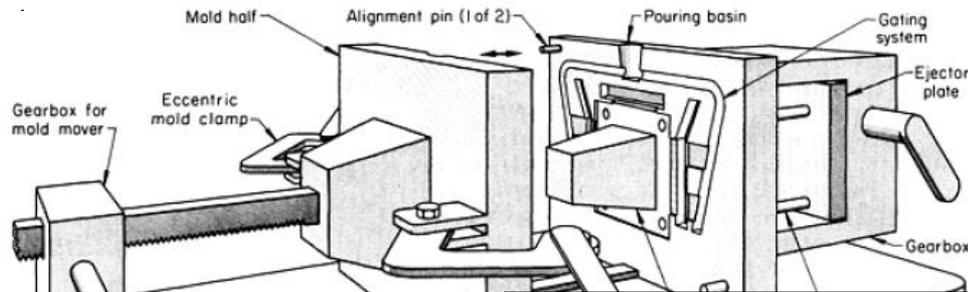
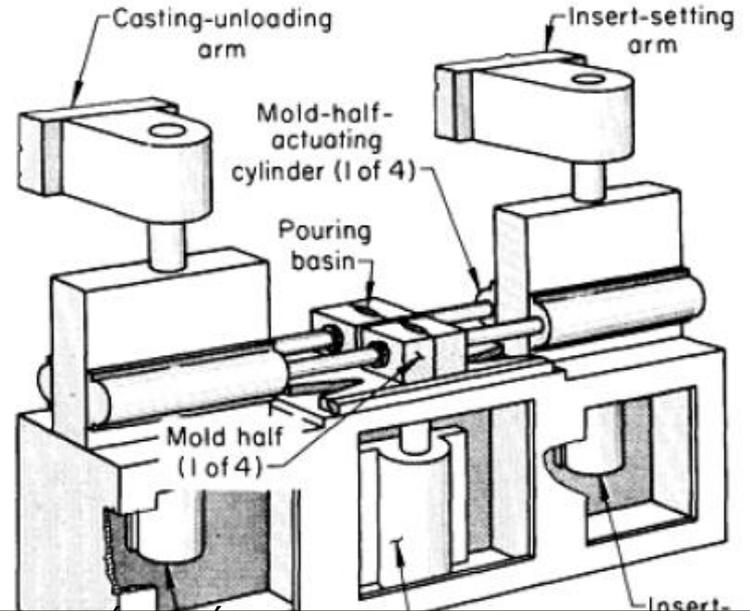
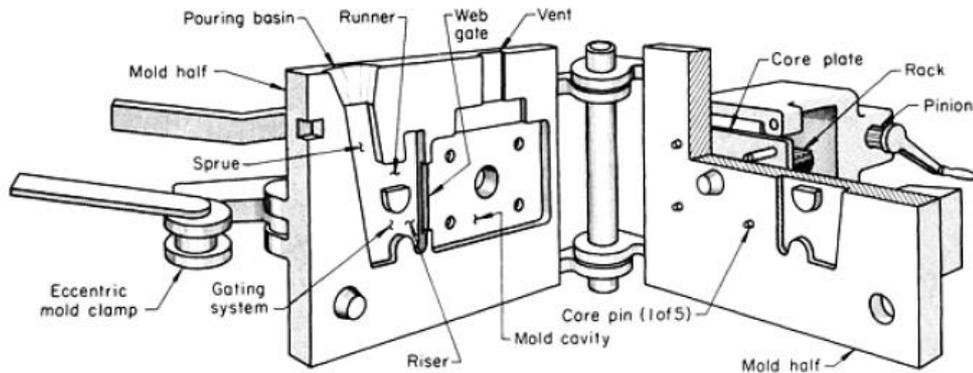
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

**Cartagena99**



# TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

## MOLDES PERMANENTES - PROCESO MANUAL Y SEMIAUTOMÁTICO

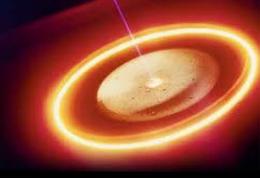


CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

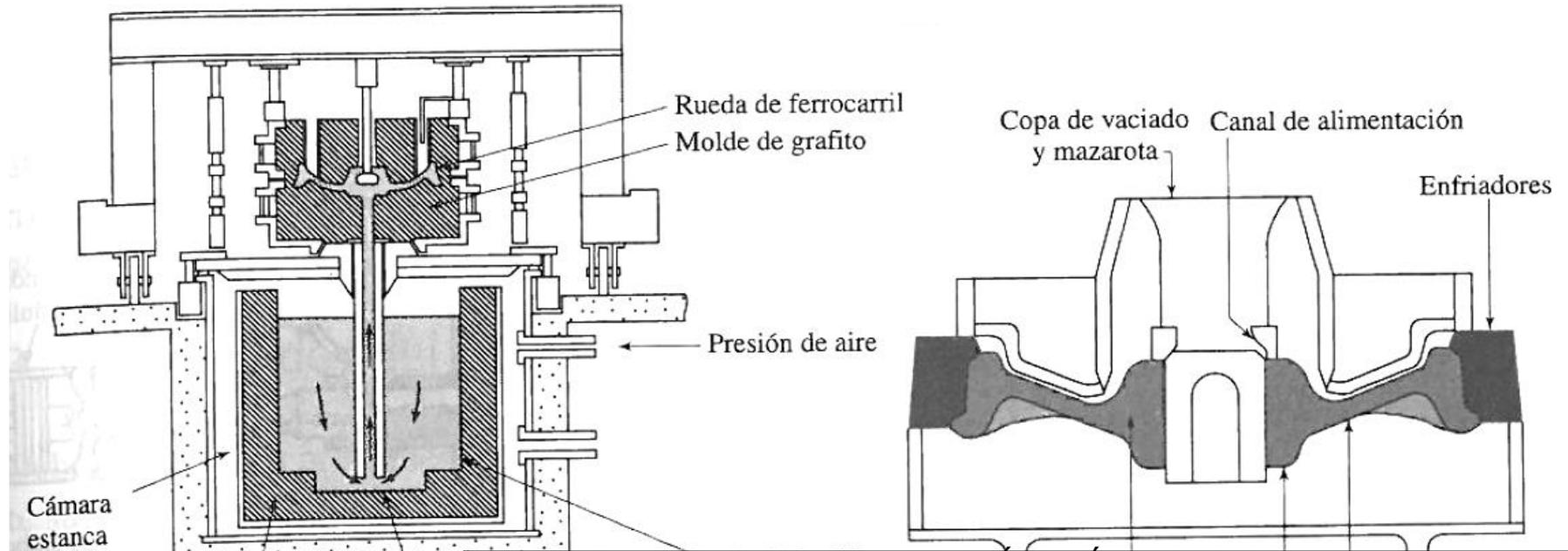
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99



# TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

## MOLDES PERMANENTES - PROCESO AUTOMATIZADO

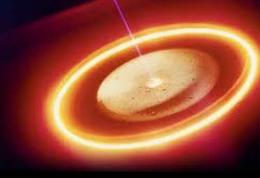


# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

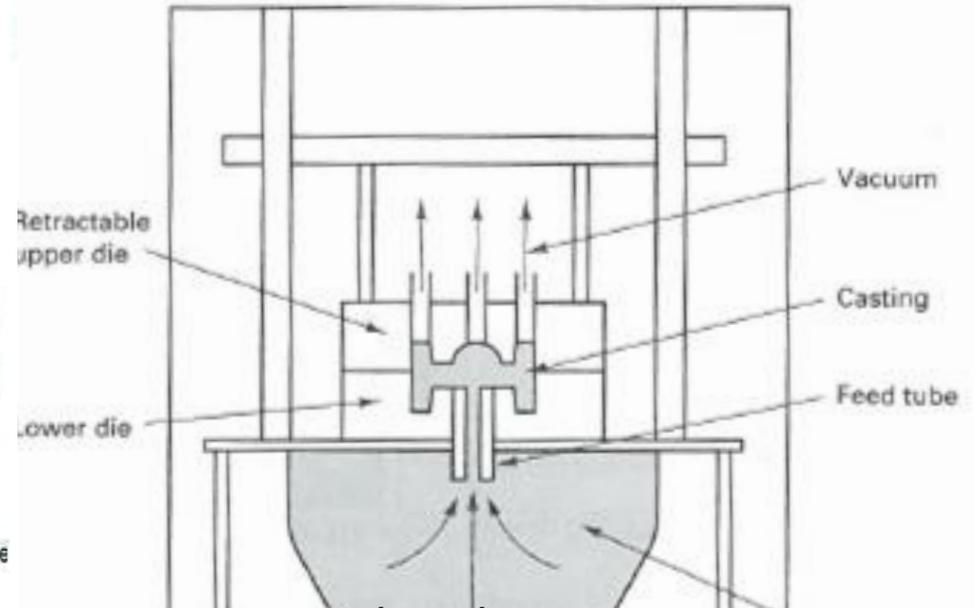
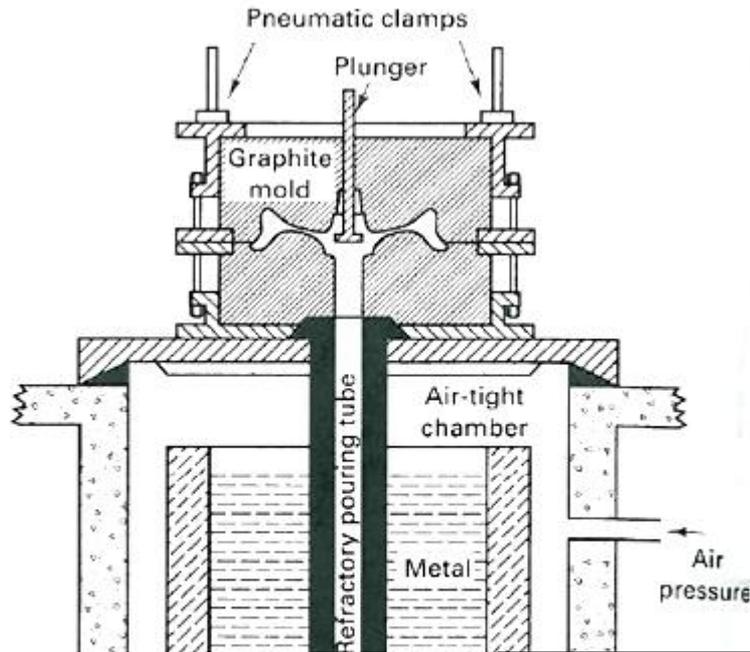
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

## MOLDES PERMANENTES - PROCESO AUTOMATIZADO

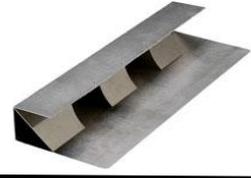
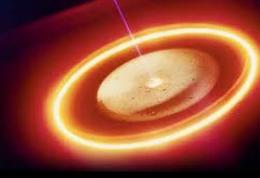


# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



## TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

### MOLDES PERMANENTES – FUNDICIÓN A PRESIÓN (Die Casting)

Inyección del metal fundido bajo la acción de presión para un llenado a mayor velocidad

**MATERIALES:** Muy empleado en aleaciones de aluminio, zinc, magnesio y cobre

**MOLDE:** Presión, transmisión de calor, facilidad para la extracción de la pieza

**SISTEMA DE PRESIÓN:** Controlar velocidad y aceleración para controlar el flujo durante el llenado

**CONSIDERACIONES:** Reactividad con el sistema hidráulico de presión, pérdidas de temperatura durante la inyección, eliminación del gas de los conductos. Vida limitada del molde debido al desgaste (erosión), agrietamiento

DOS SISTEMAS BÁSICOS:

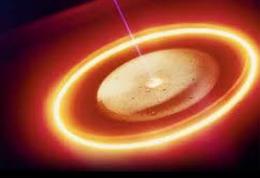
**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

CAMARA CALIENTE

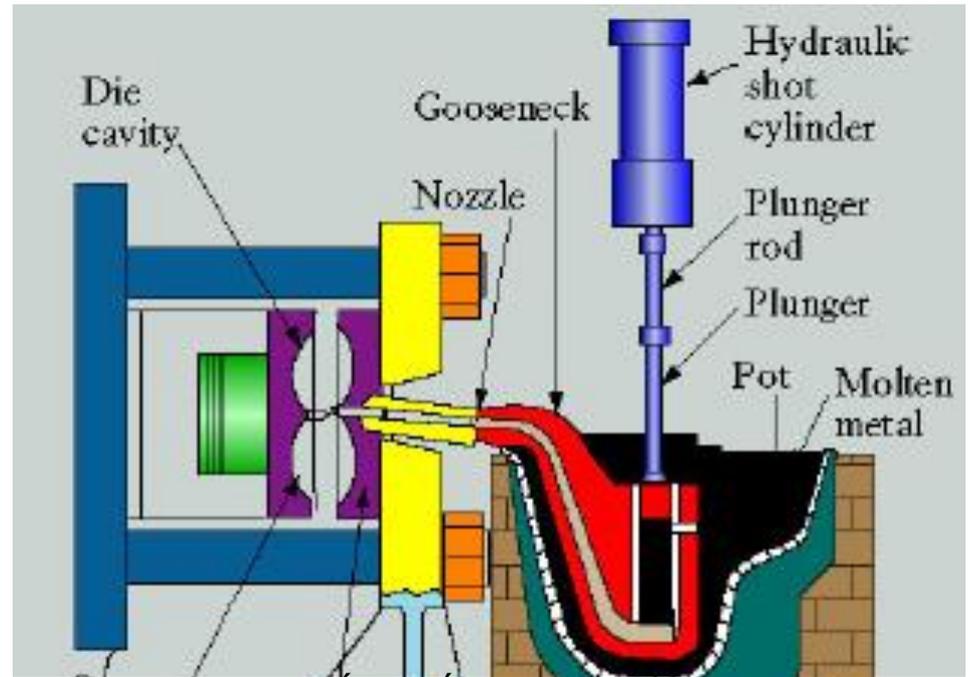


# TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

## MOLDES PERMANENTES – FUNDICIÓN A PRESIÓN (Die Casting)

### PROCESO EN CÁMARA CALIENTE

- Presiones más bajas que las de cámara fría → (15 – 35 MPa)
- Generalmente usado en metales con menor punto de fusión (zinc, magnesio, estaño o plomo)

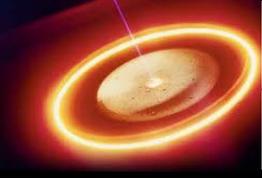


Ciclo de proceso de *rodajes* (200)

# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

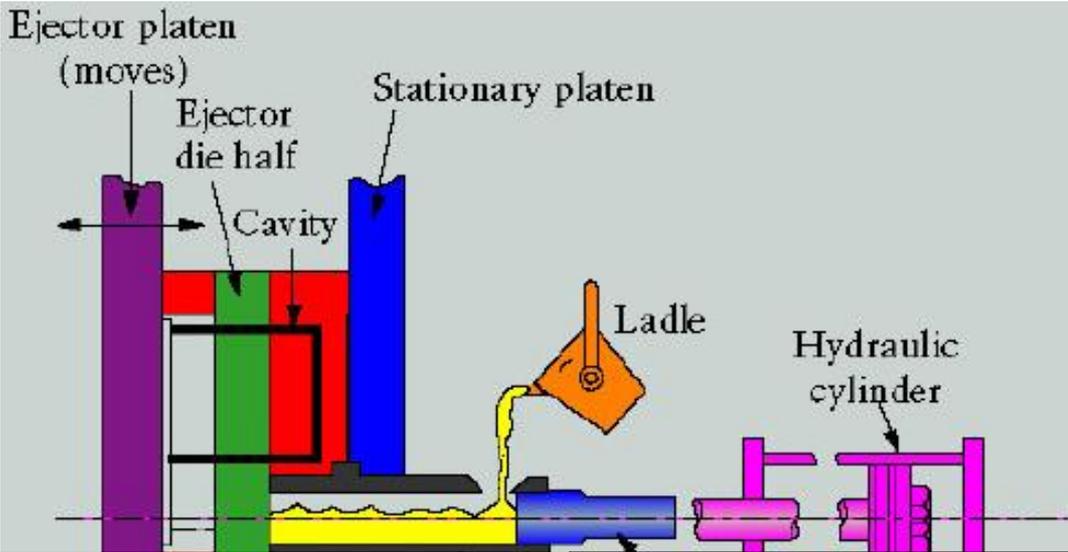
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

## MOLDES PERMANENTES – FUNDICIÓN A PRESIÓN (Die Casting)

### PROCESO EN CÁMARA FRÍA



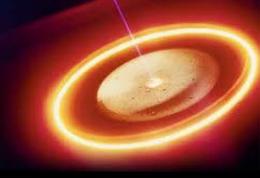
- Presiones más elevadas durante la fabricación (hasta 150 Mpa)
- Cámara de inyección no precalentada

# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

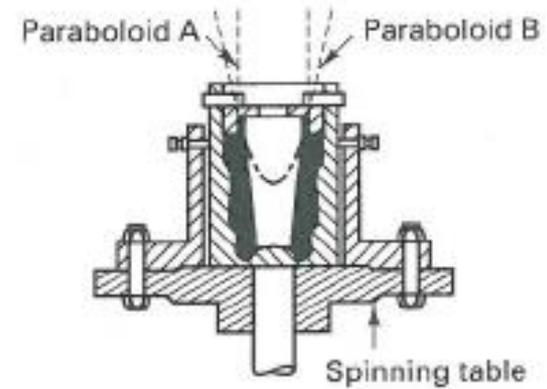
aleaciones de magnesio)



# TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

## MOLDES PERMANENTES – COLADA CENTRÍFUGA

- Piezas con simetría cilíndrica → Anillos, tubos, camisas de cilindro motor
- La forma externa se puede variar mediante variaciones en el molde
- Problemas asociados a impurezas de diferente densidad
- La velocidad de giro puede variar la forma de la pieza obtenida final

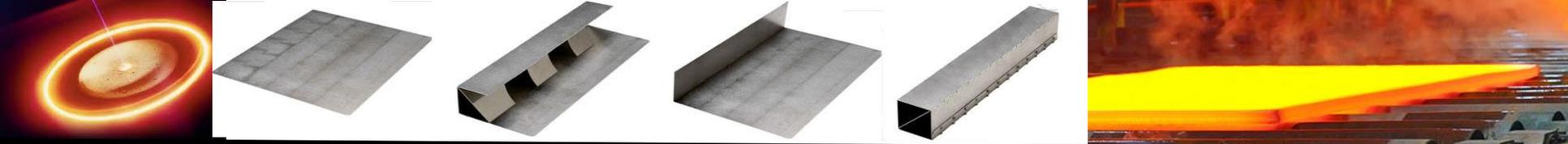


# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



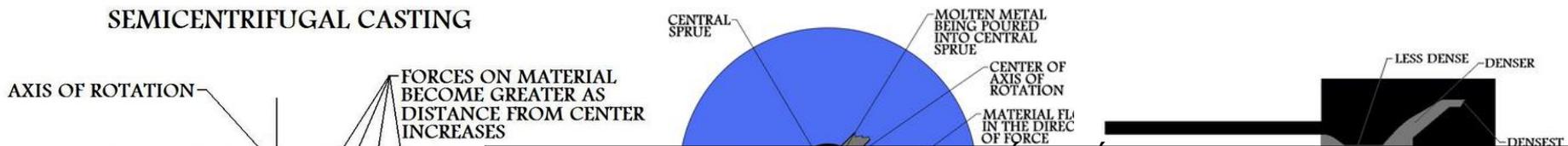
## TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

### MOLDES PERMANENTES – COLADA SEMICENTRÍFUGA / CENTRIFUGADA

- SEMICENTRIFUGA: Piezas de fundición sólidas → Mediante rotación se rellena la cavidad

Parte central con menor calidad → Mecanizado de esa zona

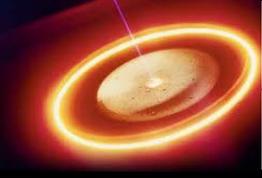
- CENTRIFUGADA: La fuerza centrífuga obliga al material fundido a rellenar cavidades situadas en los extremos → no son piezas de revolución
- Se requiere menos velocidad que para la centrífuga pura



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99



## TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

### SQUEEZE CASTING

- Solidificación de piezas a muy alta presión (55 – 100 MPa) → Los gases se mantienen en solución, elevado contacto matriz / metal, facilidad de la alimentación
- El sistema incluye una matriz, punzón y eyector
- Mayor facilidad para tener un buen detalle acabado superficial y rellenar formas complejas
- Fácilmente automatizable

Volumen de

Temperatura

Presión

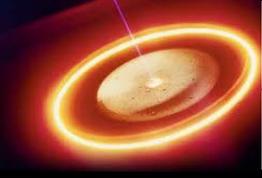
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

de Colada



# TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

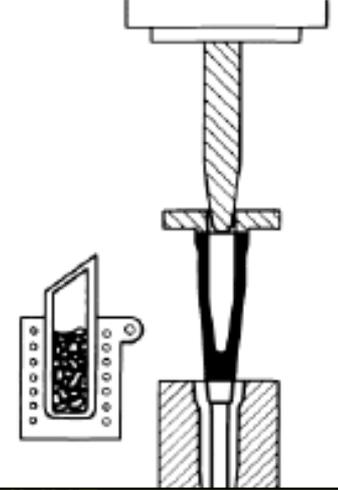
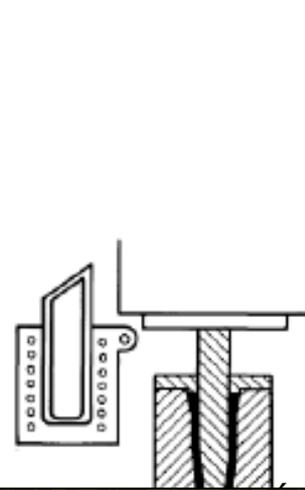
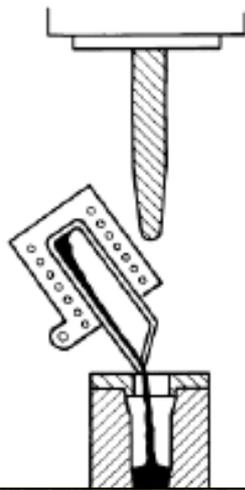
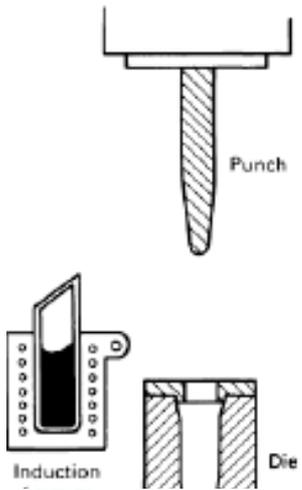
## SQUEEZE CASTING

**Fusión,  
lubricación y  
precalentamiento**

**Vertido del  
fundido en la  
matriz**

**Cierre del utillaje,  
presión y  
solidificación**

**Extracción y  
limpieza**

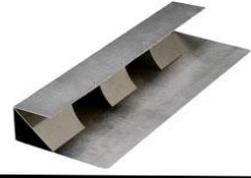
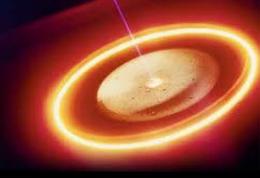


# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

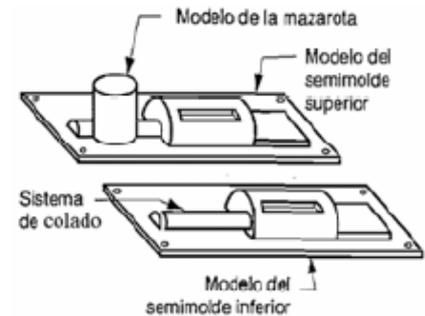
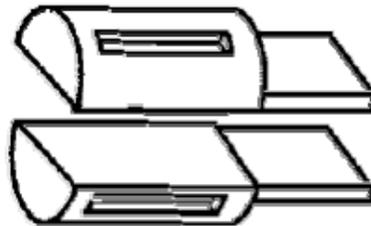
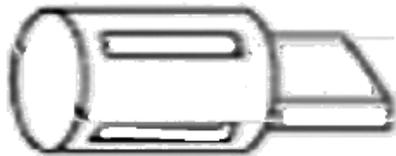
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



## TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

### MOLDE DE ARENA

- Uno de los procesos más utilizados
- Gran versatilidad → Tamaño, número de piezas, tipos de aleaciones permitidas
- Requiere de un patrón o modelo previo (plástico, metal u otro material) →  
→ Patrones sólidos o divididos

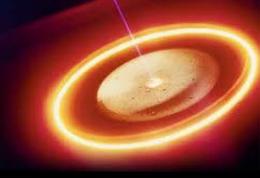


Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

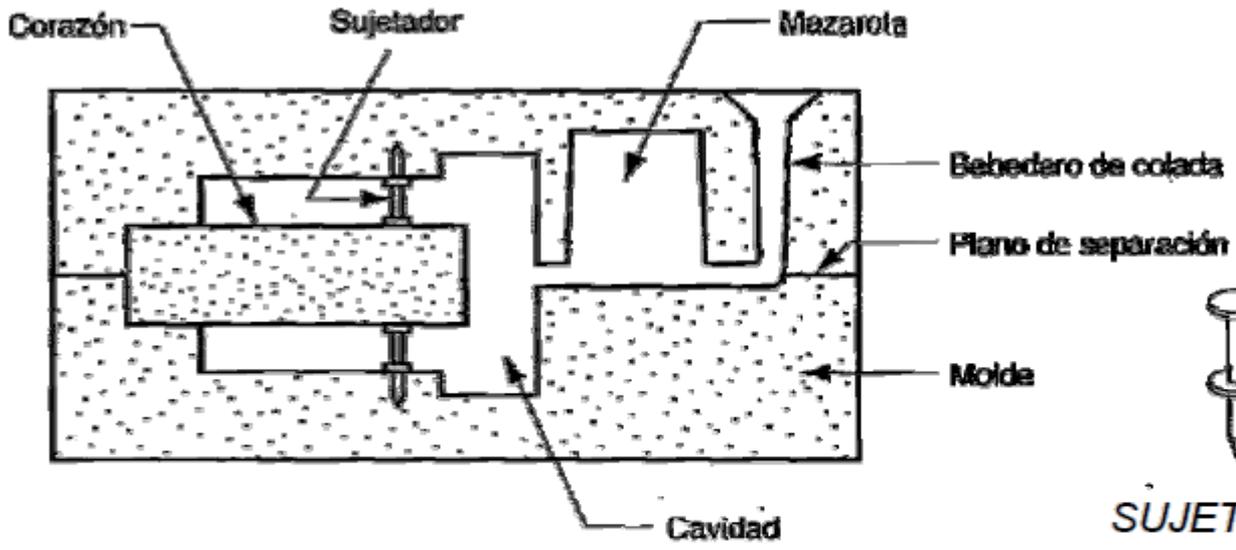
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

## MOLDE DE ARENA



# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



## TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

### MOLDE DE ARENA - CARACTERÍSTICAS

Basados en sílice o sílice mezclada con otros minerales

**REFRACTARIA**

**TAMAÑO DE  
PARTÍCULA**

**FORMA DE  
PARTÍCULA**

**AGLUTINANTES**

**ADITIVOS**

**OTROS TIPOS DE  
COMPACTACIÓN: PRESIÓN  
NEUMÁTICA, PROYECCIÓN**

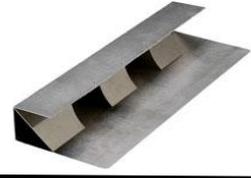
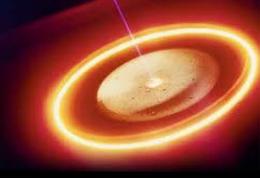
**COMPACTACIÓN  
MANUAL**

**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

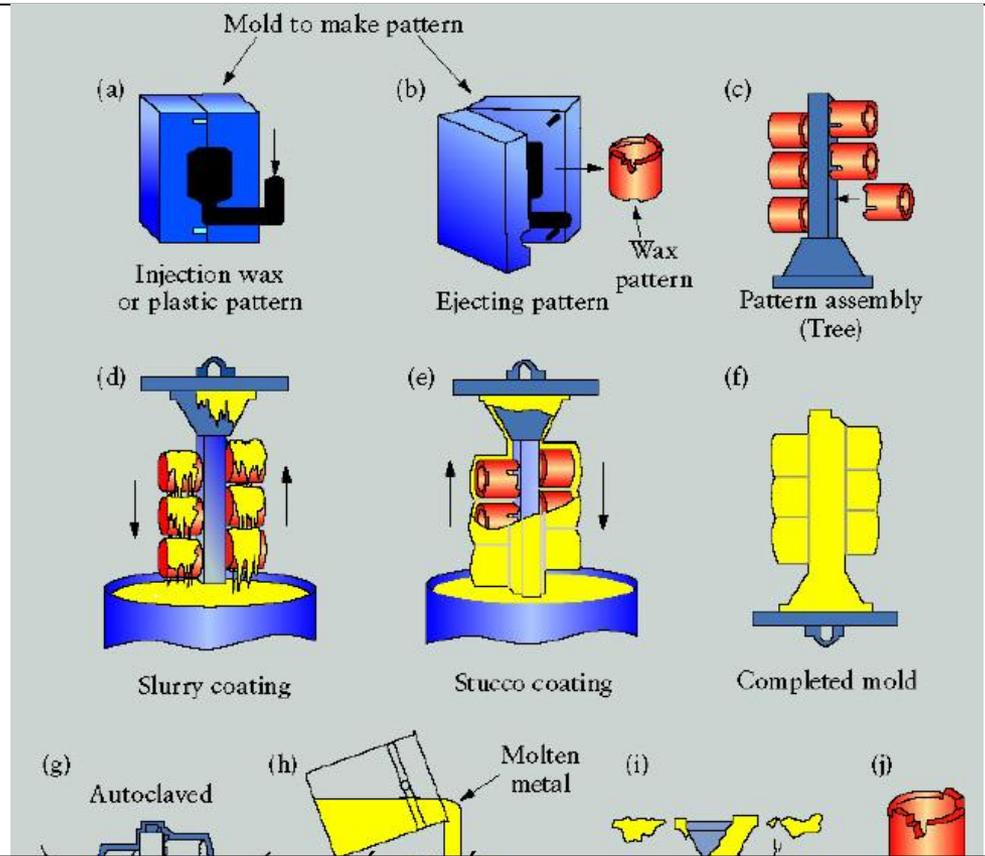
## OTROS MOLDES DESECHABLES

### INVESTMENT CASTING (FUNDICIÓN POR REVESTIMIENTO)

### MOLDEO A LA CERA PERDIDA

-Buenos resultados en cuanto a:  
calidad superficial, tolerancia  
dimensional y variabilidad de  
aleaciones y formas posibles

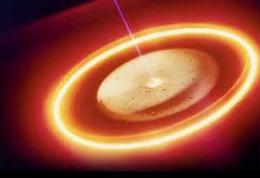
- Número elevado de pasos que  
complican el proceso →  
Limitaciones en coste, tiempo y



# Cartagena99

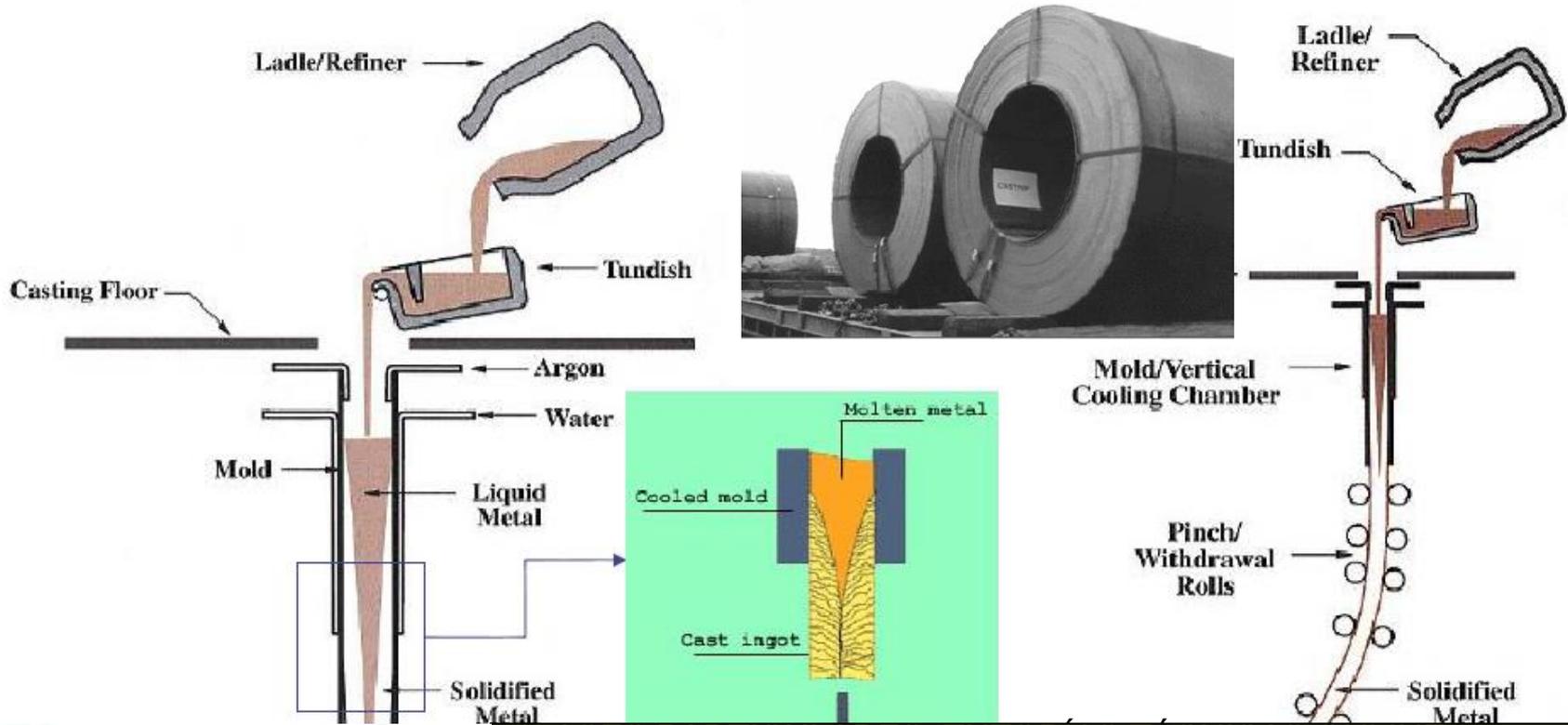
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

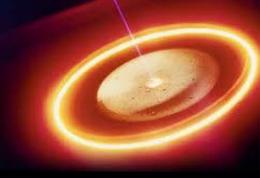
## PROCESO DE COLADA CONTINUA



# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



## TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

### EL PROCESO DE FUNDIDO

Elevar a una temperatura ( $T$ ) por encima de la temperatura de fusión ( $T_m$ ). La diferencias de temperaturas se denomina “sobrecalentamiento”

CONSUMO ENERGÉTICO:  $Q_1 + Q_2 + Q_3$

$Q_1$ : Calor específico sólido

$Q_2$ : Calor latente

$Q_3$ : Calor específico líquido

Durante el tiempo que el metal está fundido pueden producirse reacciones que den lugar a defectos en el material final:

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

## FLUIDEZ DEL METAL FUNDIDO

VERTIDO DEL MOLDE → FLUJO → SOLIDIFICACIÓN

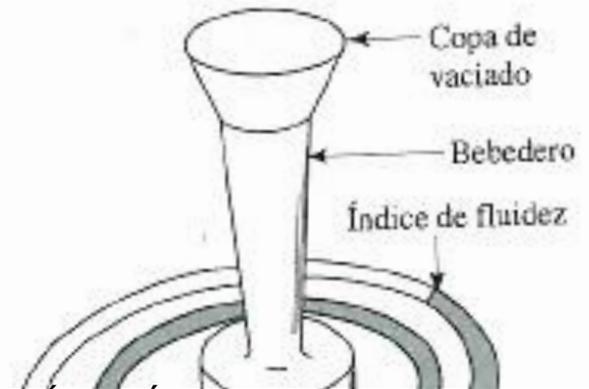
## COLABILIDAD O CAPACIDAD DE FUNDICIÓN

VISCOSIDAD

TENSIÓN SUPERFICIAL

INCLUSIONES

PATRÓN DE SOLIDIFICACIÓN



Cartagena99

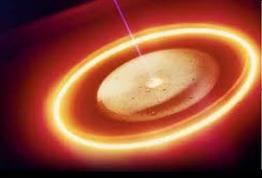
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

DE CALOR

DE VERTIDO



## TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

### EL PROCESO DE SOLIDIFICACIÓN

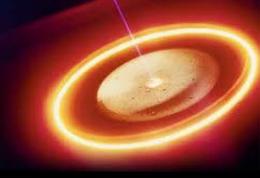


Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

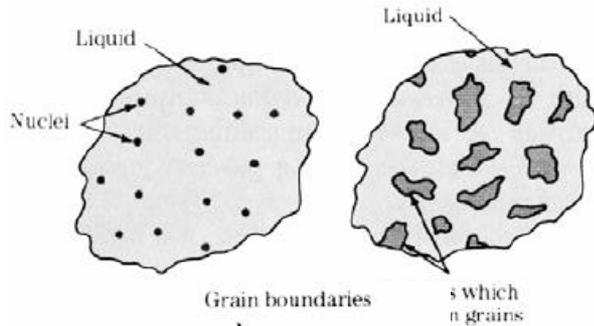
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

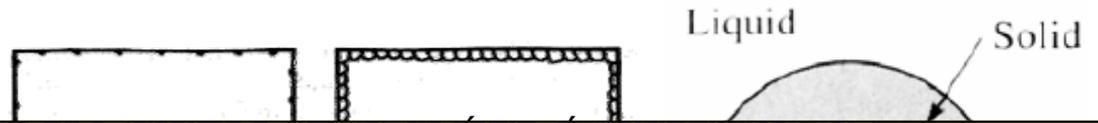
## NUCLEACIÓN HOMOGÉNEA

- No existen lugares preferenciales para la nucleación
- Requiere un subenfriamiento
- Subenfriamiento → Velocidad de nucleación



## NUCLEACIÓN HETEROGÉNEA

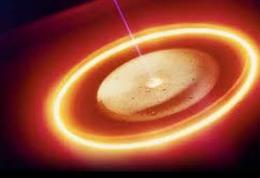
- Impurezas, paredes del molde → Proporcionan lugares con una menor energía para nuclear
- Son los lugares más comunes para la nucleación
- Se requiere un menor subenfriamiento para la nucleación



# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

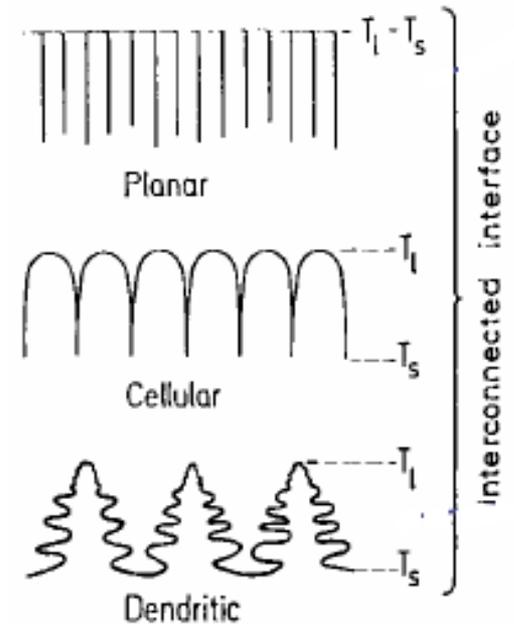
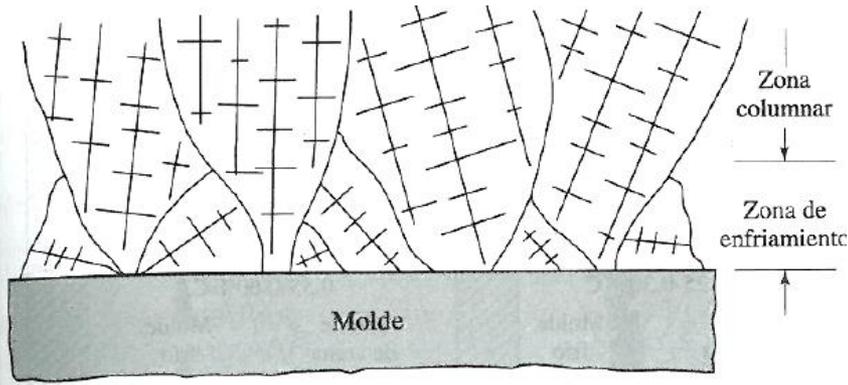


# TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

## CRECIMIENTO

Se produce en la dirección del flujo de calor

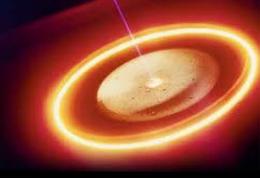
El frente de solidificación puede tener varias formas dependiendo del número de nucleaciones, velocidad de crecimiento, composición, etc.



# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

## PARÁMETROS DE LA SOLIDIFICACIÓN

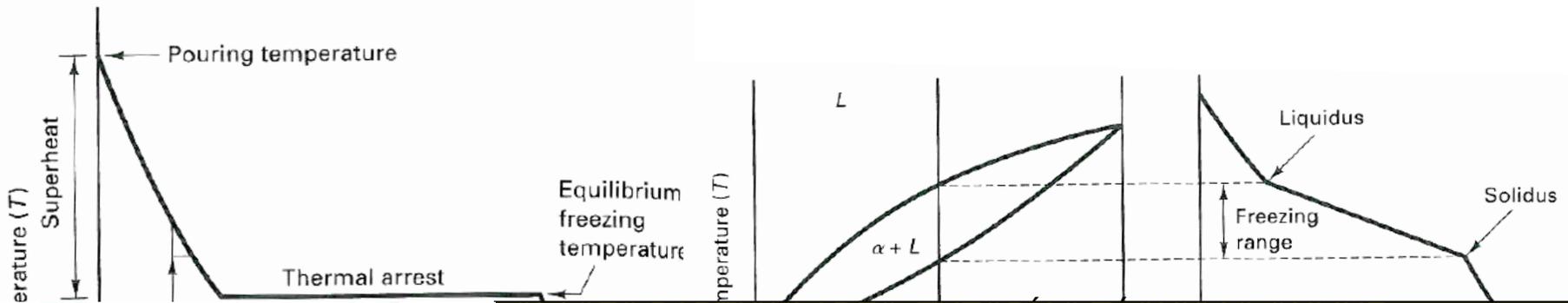
TEMPERATURA DE COLADA

TIEMPO DE SOLIDIFICACIÓN

VELOCIDAD DE ENFRIAMIENTO

SOBRECALENTAMIENTO

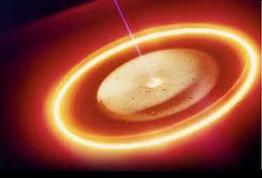
RANGO DE SOLIDIFICACIÓN



# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

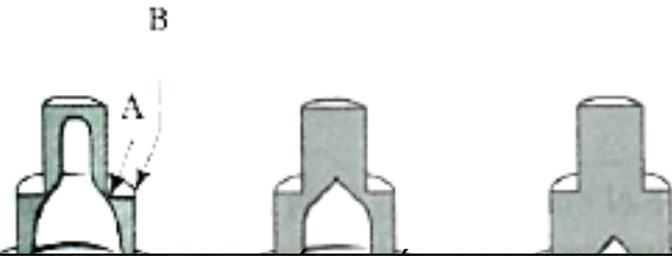


## TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

### TIEMPO DE SOLIDIFICACIÓN

$$t_s = B \left( \frac{V}{A} \right)^n$$

B: Función del material vertido (densidad, capacidad calorífica, calor latente), molde (densidad, conductividad térmica, capacidad calorífica y espesor).



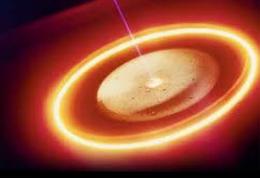
- Influencia de la geometría

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



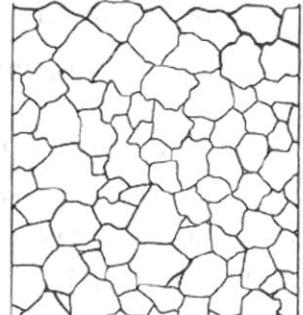
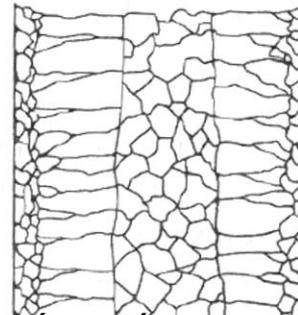
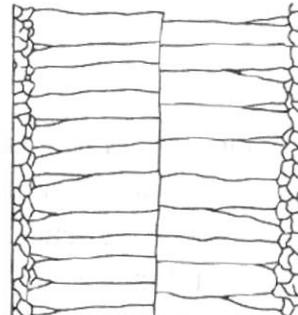
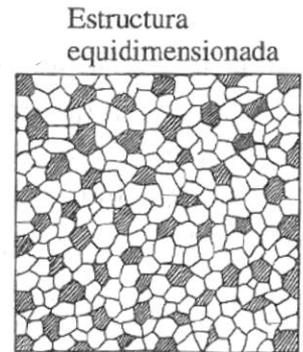
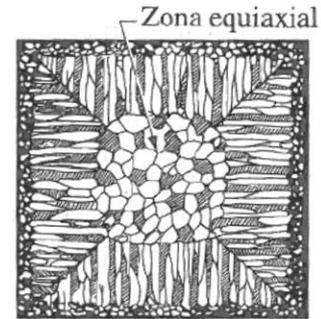
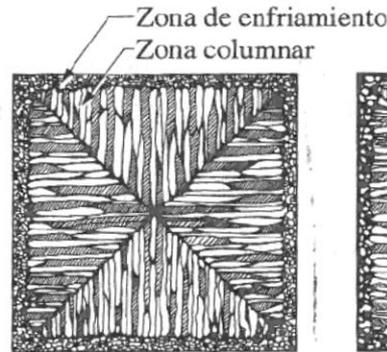
# TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

## MICROESTRUCTURA DE LAS PIEZAS DE COLADA

**ZONA EQUIAXIAL EXTERIOR**  
*(chill zone)*

**ZONA COLUMNAR**

**ZONA EQUIAXIAL INTERIOR**

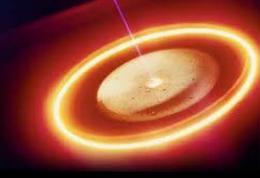


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

**Cartagena99**



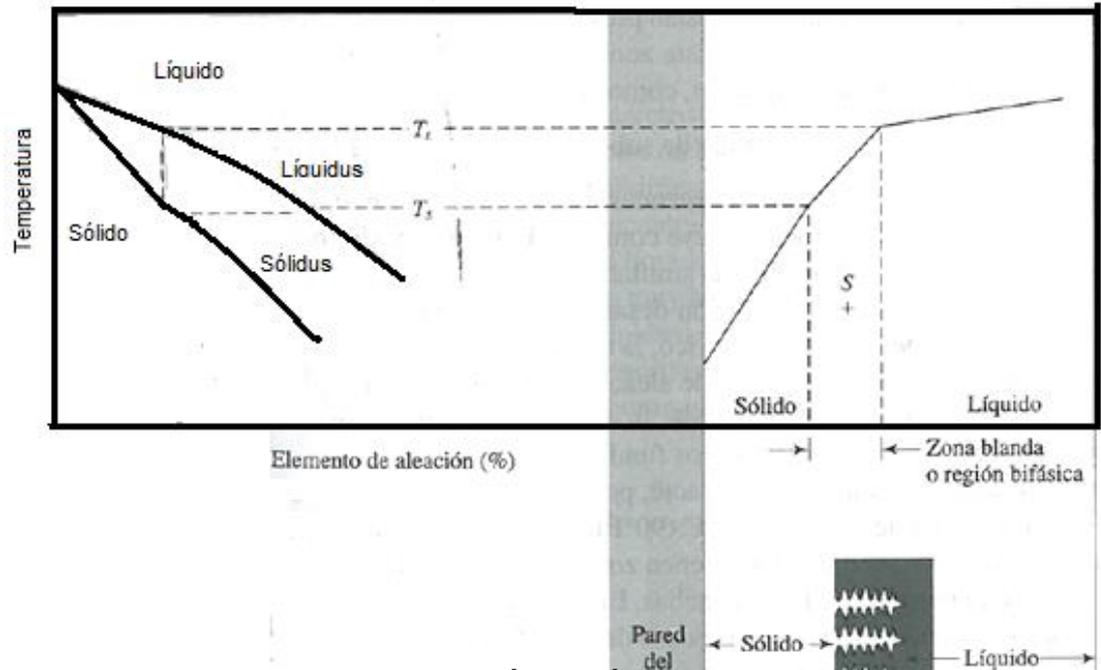
# TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

## Estructura en aleaciones → Dendritas

Rango de temperaturas de solidificación  $T_1 - T_s$

Cinética de la interfaz líquido-sólido → Relación  $G/R$  (gradiente térmico y rapidez de movimiento de la interfaz líquido-sólido) →  $G$

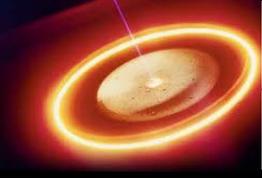
$\sim 10^2$  a  $10^3$  k/m :  $R \sim 10^{-3}$  -



# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



## TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

### DEFECTOS EN COLADA

Tienen dos consecuencias principales:

CONSIDERACIONES ESTÉTICAS y REDUCCIÓN DE PROPIEDADES

Existen multitud de ejemplos de defectos generalmente agrupados en categorías:

CAVIDADES

DISCONTINUIDADES

SUPERFICIE  
DEFECTUOSA

FALLOS  
DIMENSIONALES

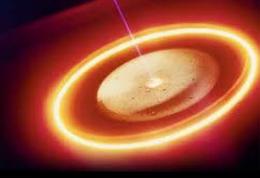
INCLUSIONES

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



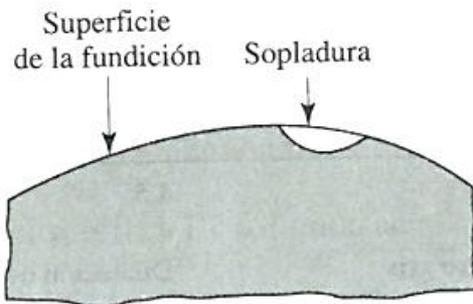
# TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

## DEFECTOS EN COLADA

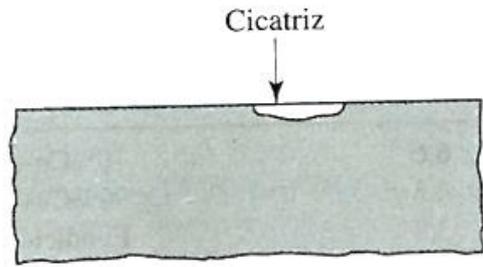
Tienen dos consecuencias principales:

### CONSIDERACIONES ESTÉTICAS y REDUCCIÓN DE PROPIEDADES

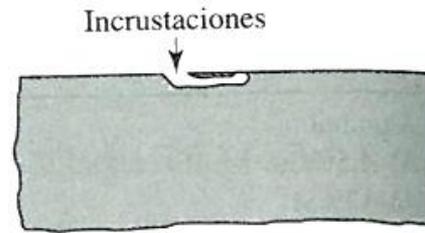
Existen multitud de ejemplos de defectos generalmente agrupados en categorías:



(d)



(e)



(f)

Costra

Bebedero

# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

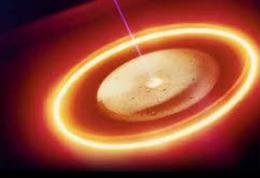
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Molde de arena

Arrastre

Ataque

Falta de llenado



# TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

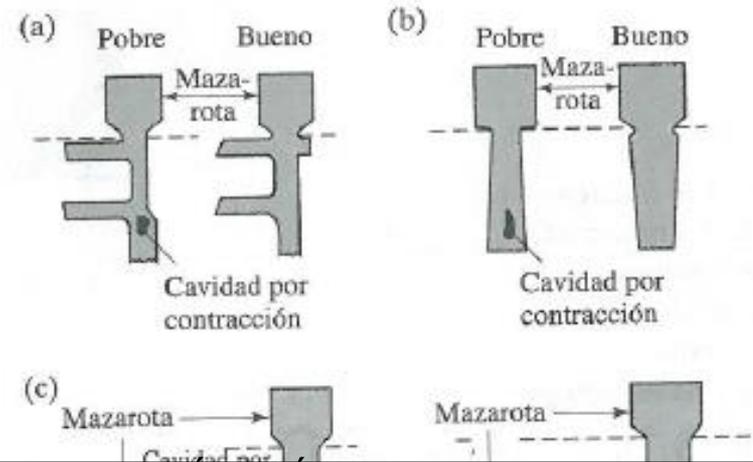
## CONTRACCIÓN

Contracción previa a la solidificación

Contracción durante el cambio de fase

Contracción durante la etapa de enfriamiento

Metal or alloy	Volumetric solidification contraction (%)
Aluminum	6.6
Al-4.5%Cu	6.3
Al-12%Si	3.8
Carbon steel	2.5-3
1% carbon steel	4
Copper	4.9



Metal or alloy	Volumetric solidification contraction (%)
White iron	4-5.5

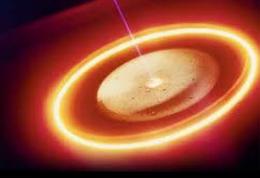
CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# Cartagena99

White iron

4-5.5

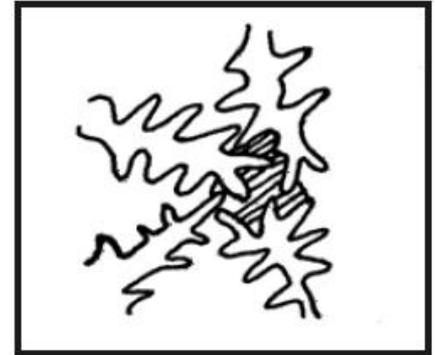
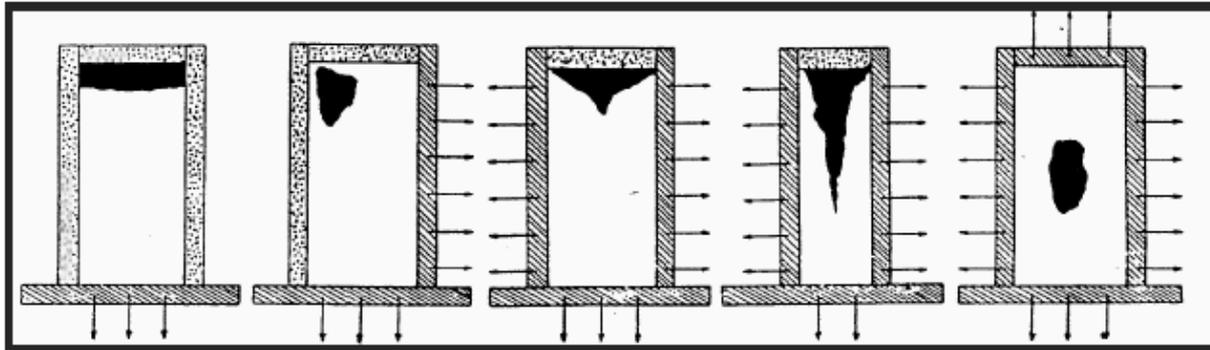


# TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

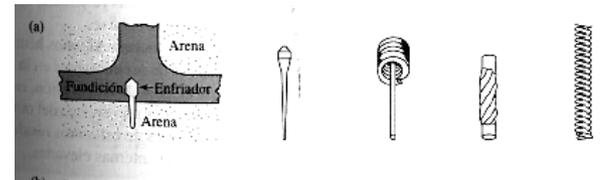
## Defectos en colada

Por efectos de la contracción → RECHUPES

- MACRORRECHUPE
- MICRORRECHUPE



Utilización de enfriadores externos e internos en moldes de arena

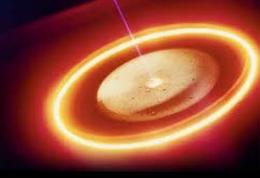


# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

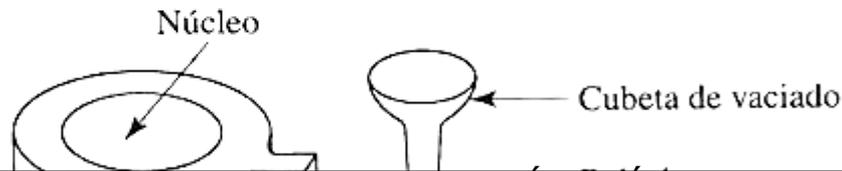
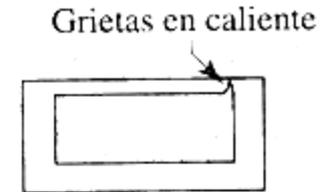
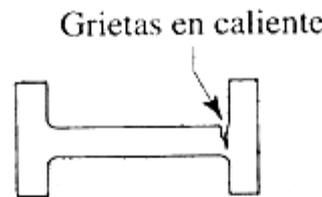
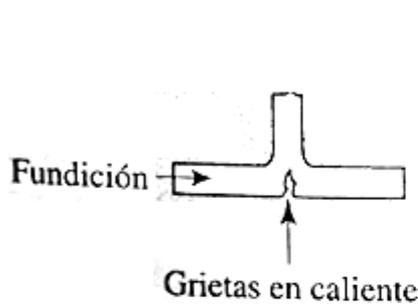
Presión isostática en caliente



# TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

## Defectos en colada – Agrietamiento en caliente

La pieza no puede contraer libremente durante el enfriamiento → Tensiones → Agrietamiento → Posible solución: Control del enfriamiento en secciones críticas

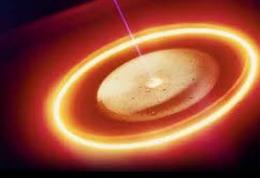


# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

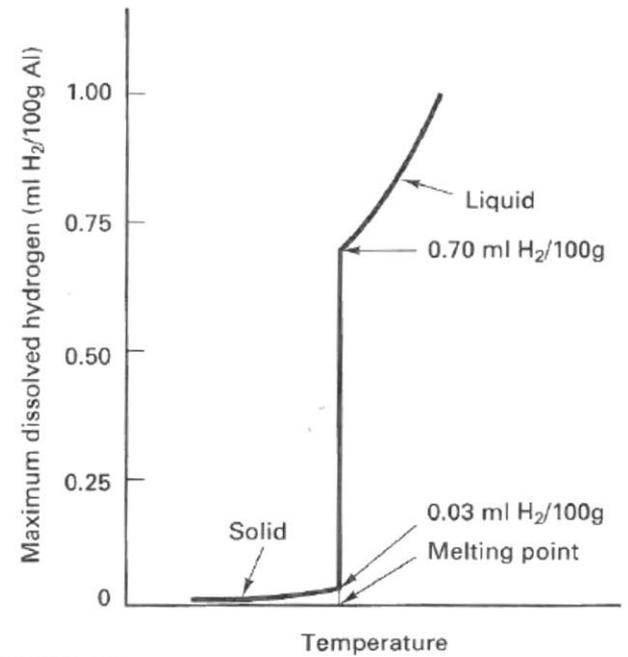
## Defectos en colada

**POROSIDAD**

Se debe principalmente a la presencia de gases (incluido aire) o a contracciones

**GASES DISUELTOS EN EL METAL**

**GASES PRODUCTO REACCIÓN**



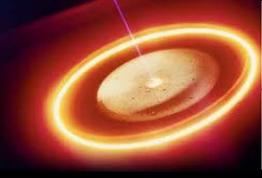
# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Reacción del gas para crear impurezas a eliminar



## TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

### Defectos en colada - Segregación

**MICROSEGREGACIÓN**

**SEGREGACIÓN  
COMÚN**

**SEGREGACIÓN  
INVERSA**

**Diferencias en la composición entre  
diferentes zonas de la aleación metálica**

- Diferencias entre la superficie y núcleo de las propias dendritas
- Elementos de aleación menor punto de fusión en la zona central
- Menor concentración de elementos de aleación en la zona central

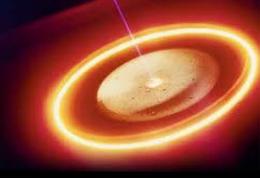
**M  
A  
C  
R**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

**Cartagena99**



# TÉCNICAS DE MOLDEO POR COLADA

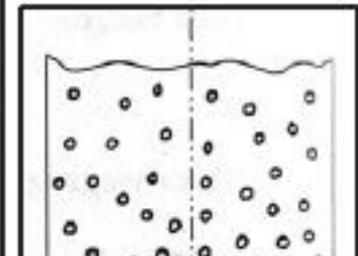
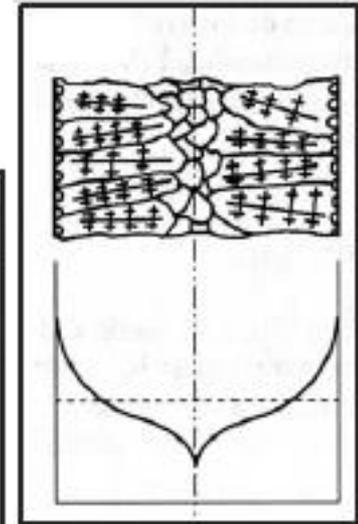
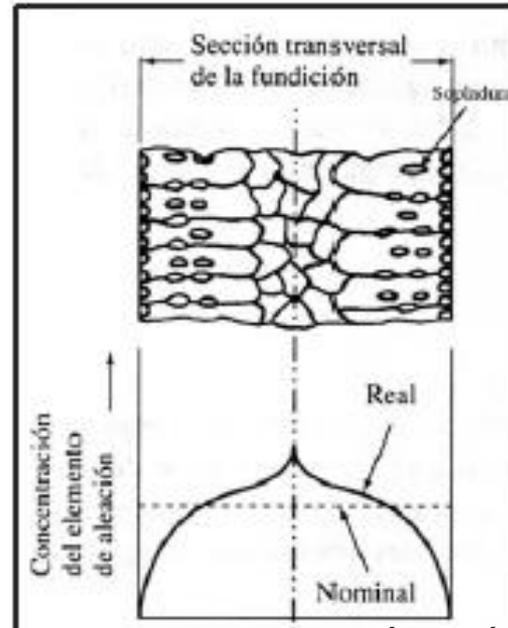
## Defectos en colada - Segregación

MICROSEGREGACIÓN

SEGREGACIÓN COMÚN

SEGREGACIÓN INVERSA

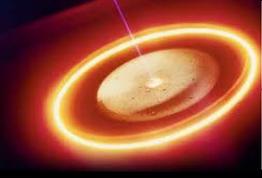
M  
A  
C  
R



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Cartagena99



## CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

### VENTAJAS

- La velocidad del proceso suele ser elevada
- Las operaciones pueden automatizarse de manera secuencial
- Las pérdidas de material son bajas
- Propiedades físicas del material generalmente mejoradas

### DESVENTAJAS

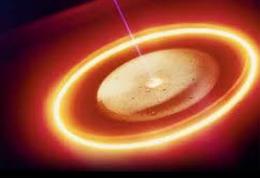
- Existen limitaciones en cuanto a las formas que se pueden obtener
- El acabado superficial puede no ser siempre el idóneo

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

Empleo de fuerzas mediante el empleo de diferentes tipos de herramientas y utillajes para deformar plásticamente metales partiendo de una geometría sencilla inicial.

## Atendiendo a diferentes criterios:

**Láminas delgadas**

**Deformación masiva o en volumen**

**Operaciones primarias**

**Operaciones secundarias**

Conformado en

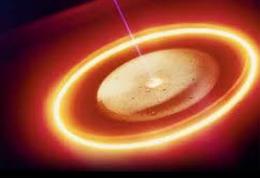
Conformado en

**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

## VARIABLES DEL PROCESO

**Geometría de partida**

**Material de partida**

**Diseño del útil o herramienta**

**Lubricación**

**Temperatura**

**Velocidad del proceso**

**Grado de deformación**

EXPERIMENTACIÓN / APROXIMACIÓN

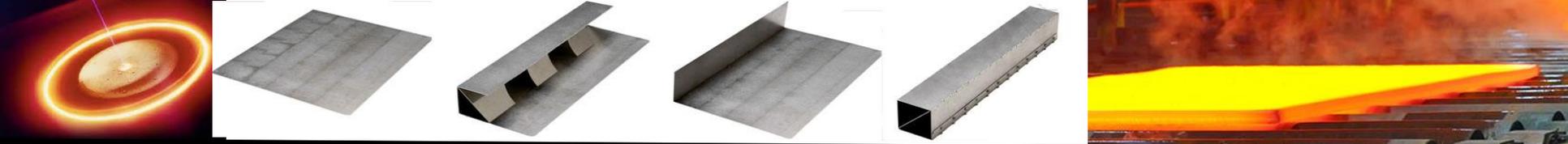


MODELIZACIÓN

EXPERIENCIA

**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
---  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

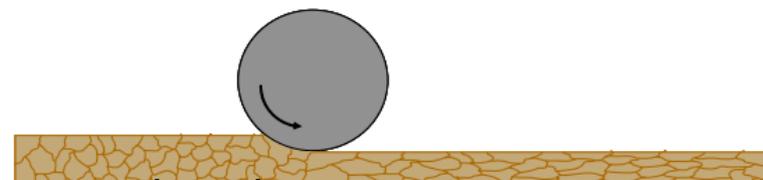
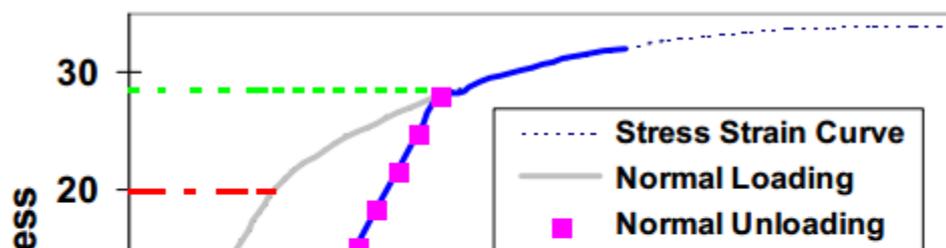
## ENDURECIMIENTO POR DEFORMACIÓN

La deformación plástica en frío ocasiona un incremento en la dureza y la resistencia:

- Incremento de la densidad de dislocaciones
- Coalescencia e interferencia de dislocaciones
- Bloqueo del movimiento de las dislocaciones en las fronteras de grano



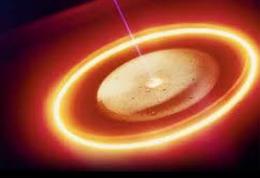
Incremento de las tensiones necesarias para generar más deformación plástica



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99



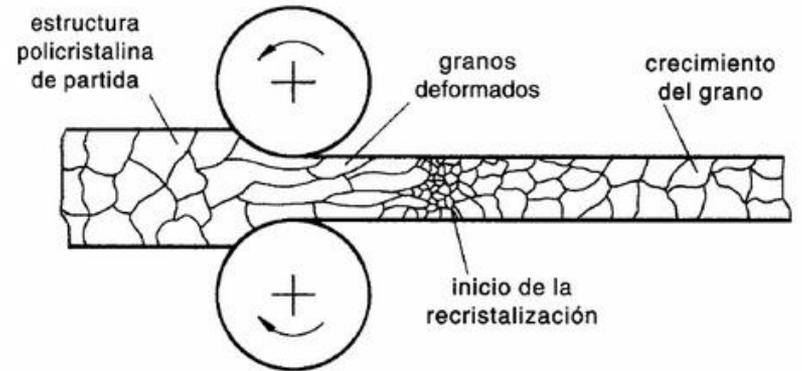
# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

## RECRISTALIZACIÓN

Se reduce la energía interna mediante la creación de nuevos cristales → Requiere incrementar la temperatura

**TEMPERATURA**

La temperatura necesaria varía con el tipo de aleación  
El efecto de diferentes temperaturas depende del grado de deformación previo  
Existe una temperatura mínima a partir de la cual no ocurre la recrystalización



**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
---  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

## TEMPERATURA EN EL PROCESO

**Conformado en Frío**

**Conformado  
intermedio/templado  
(Warm Working)**

**Conformado en Caliente**

## PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL CONFORMADO EN FRÍO

- Energéticamente más económico
- Mejor calidad superficial
- Resistencia, fatiga y resistencia al desgaste mejorados
- Menores problemas de contaminación
- Direccionalidad en las propiedades
- Requieren de mayores
- Mayores fuerzas requeridas para el procesado

**PROCESO**

**T/T<sub>m</sub>**

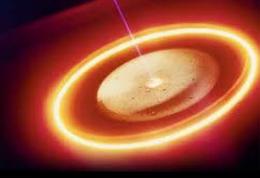
**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- Importancia de la calidad superficial inicial



# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

## TEMPERATURA EN EL PROCESO

**Conformado en Frío**

**Conformado intermedio/templado (Warm Working)**

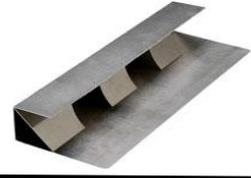
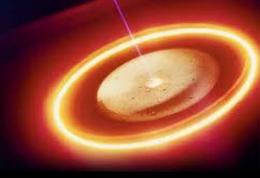
**Conformado en Caliente**

Propiedades y requerimientos	Conformado en frío	Conformado en caliente
<b>Material de partida</b>		
Limpieza del material de partida	+	-
Ductilidad del material de trabajo	-	+
Dificultad del proceso	-	+
<b>Equipo</b>		
Posibilidad de conformado en un paso	-	+
Requerimientos de fuerza y energía	+	-
Facilidad de reproducción	+	-
<b>Pieza obtenida</b>		
Calidad superficial	+	-
Tolerancias	+	-

PROCESO	T/T <sub>m</sub>
---------	------------------

**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 - - -  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

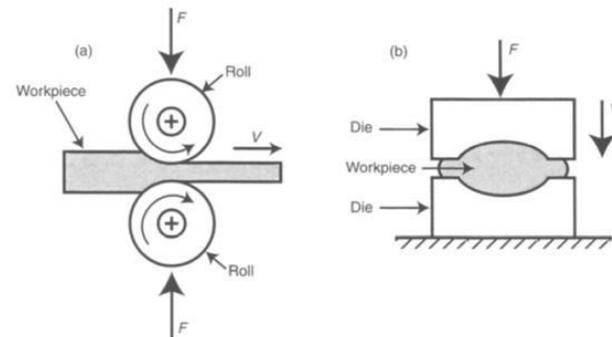
## CONFORMADOS MASIVOS O EN VOLUMEN

El material de partida puede ser un tocho, lingote, placa en la que la relación superficie-volumen cambia considerablemente

La deformación plástica suele ser mucho menor que la deformación elástica por lo que la recuperación es muy baja

Laminado

Extrusión

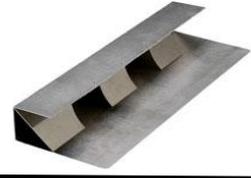
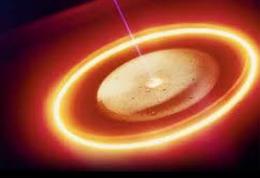


# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



## CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

### LAMINACIÓN

- Fuerzas de compresión entre dos rodillos que reducen el espesor del material
- Deformación plástica muy elevada → Laminación en caliente

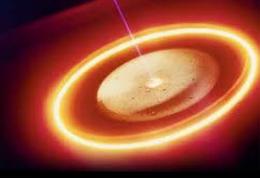


Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

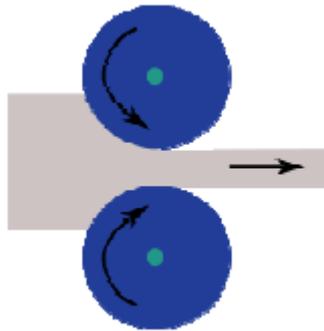


# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

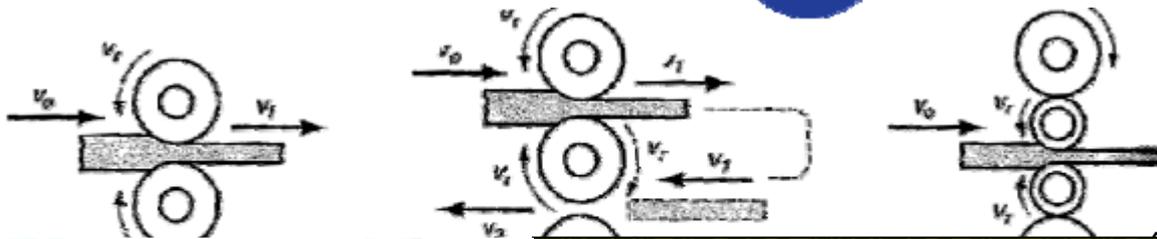
## LAMINADOS PLANOS

- Fuerzas de compresión entre dos rodillos que reducen el espesor del material
- Deformación plástica muy elevada → Laminación en caliente

REDUCCIÓN DE ESPESOR



ENSANCHAMIENTO



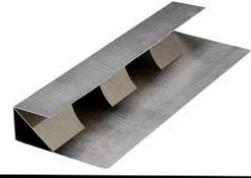
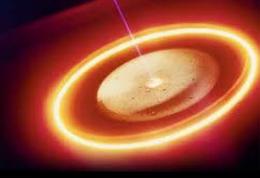
# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70





# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

## LAMINADOS PLANOS

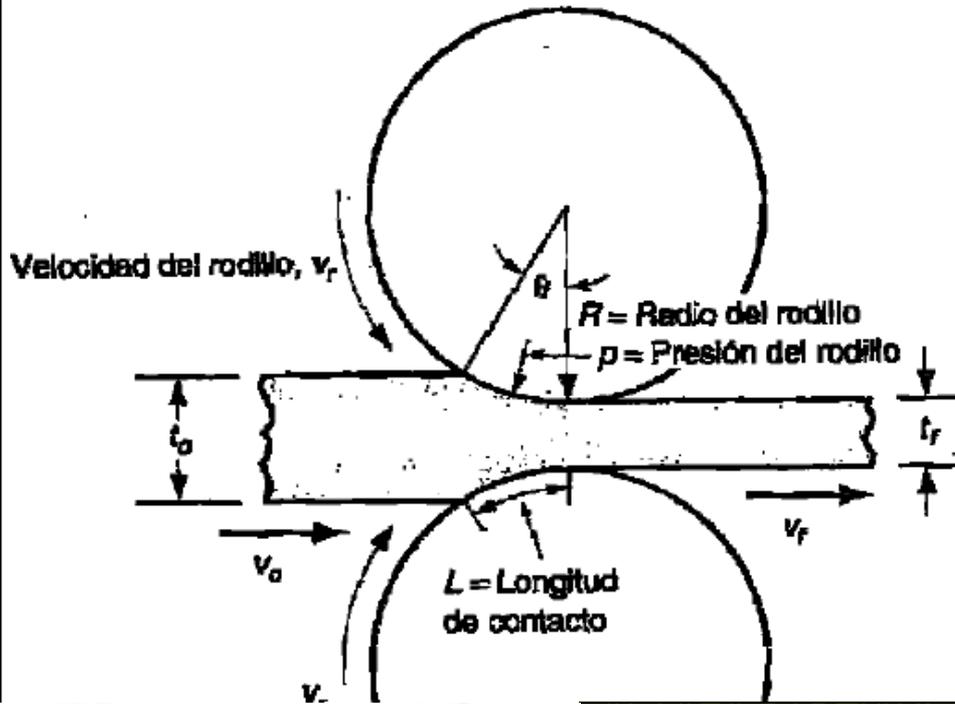
### Relación entre las velocidades

$$t_0 w_0 v_0 = t_f w_f v_f$$

### Fuerzas de fricción

- Fuerza sobre los rodillos multiplicada por el coeficiente de fricción
- Mayor en la zona de entrada → Avance del material en el proceso

### Máxima reducción (d)



# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

## LAMINADOS PLANOS

Sección de contacto entre rodillo y material

$$S = L \cdot w$$

Fuerza de laminación

$$F = Y_f w L$$

$Y_f$  : Tensión de fluencia obtenida a partir de la deformación real – El coeficiente de fricción puede tenerse en cuenta

Longitud de contacto proyectada

$$L = \sqrt{R(t_0 - t_f)}$$

Par torsor

$$F = Y_f w L$$

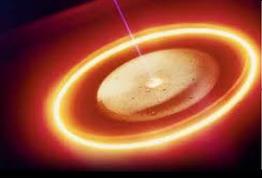
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

$$P = (2\pi N)FL$$



## CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

### LAMINADOS PLANOS

**En algunos casos pueden ser excesivas las fuerzas de laminación causando distorsiones en rodillos**

- Reducción de la fricción
- Reducción del área de contacto
- Incremento de la temperatura
- Aplicación de tracción simultánea sobre el material
- Reducción del espesor rebajado por etapa

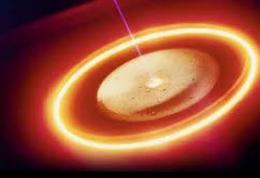
**Empleo de trenes de laminación en continuo para reducción progresiva del espesor y aumento de la productividad de la línea**

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

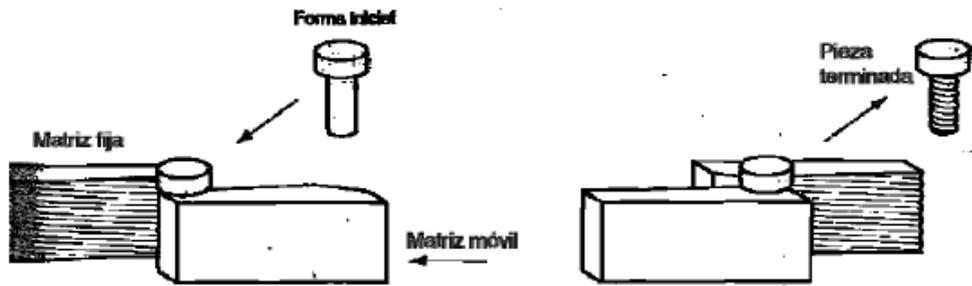
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



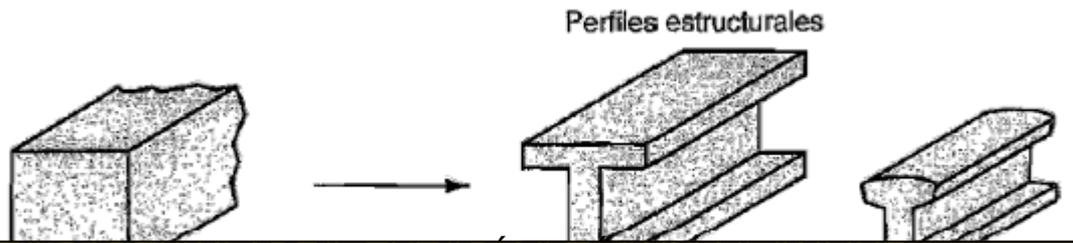
# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

## OTROS PROCESOS DE LAMINADOS

### DE ROSCAS



### DE PERFILES

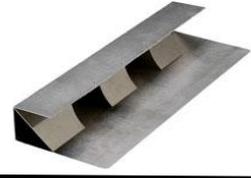
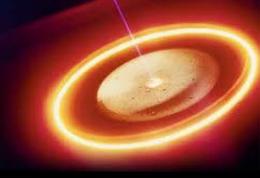


# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70





# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

## FORJA

Aplicación de una fuerza de compresión entre dos matrices → Diferentes tipos de mecanismos para ejercer la presión (impacto, gradual)

**EN FRÍO**

**TIBIO  
(INTERMEDIO)**

**EN CALIENTE**

**MATRIZ ABIERTA**

**MATRIZ DE  
ESTAMPACIÓN**

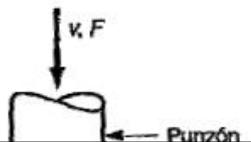
**MATRIZ CERRADA  
SIN REBABA**

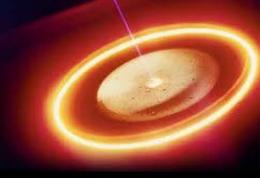


**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

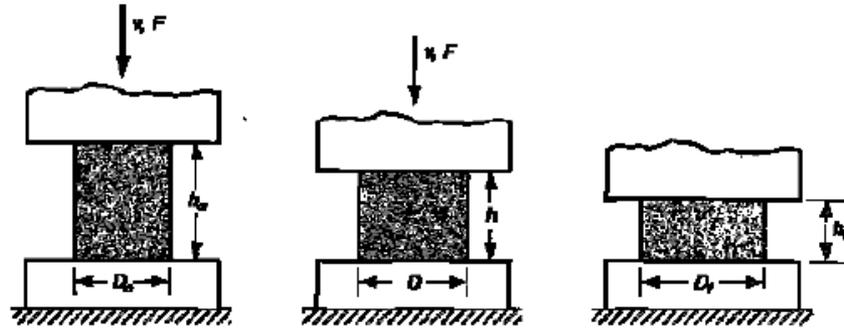




# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

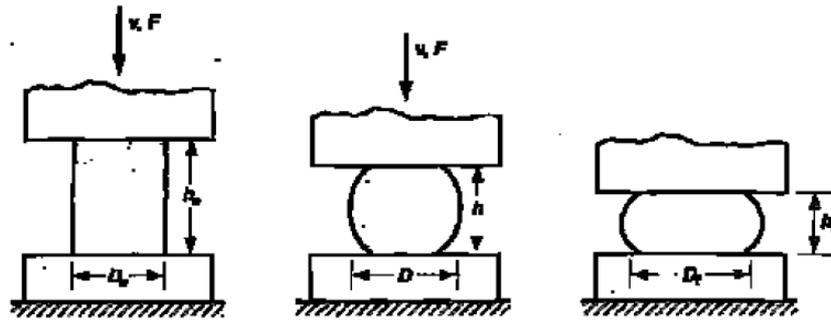
## FORJA – EN MATRIZ ABIERTA

CASO IDEAL



$$F = Y_f \cdot A$$

ABARRILAMIENTO

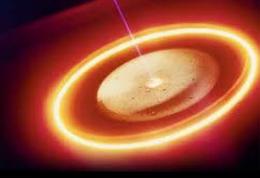


CASO REAL

# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

## FORJA – ESTAMPACIÓN

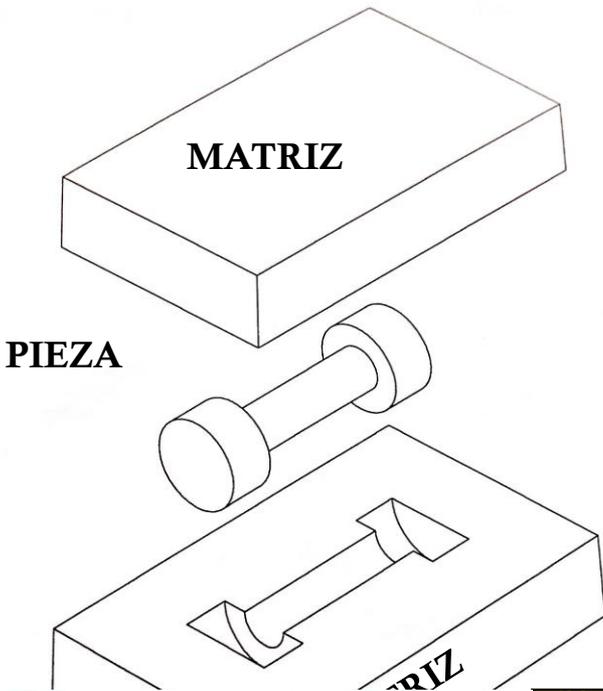
Se elimina la generación de porosidad y defectos de rehepe

Si la laminación es en caliente → Diseño teniendo en cuenta la contracción durante el enfriamiento  
Ocasiona menores pérdidas de material que el mecanizado

Mayor resistencia mecánica y una orientación de los granos más favorable

La velocidad de producción es más alta que en otros procesos

MAYOR DIFICULTAD PARA CALCULAR LA FUERZA NECESARIA → Formación de rebabas



Forma de la **pieza**

$K_f$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

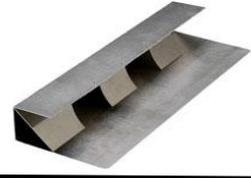
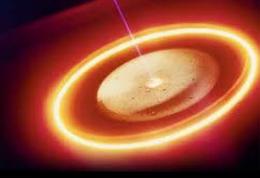
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

$$F = K_f \cdot Y_f \cdot A$$

Formas complejas

8.0



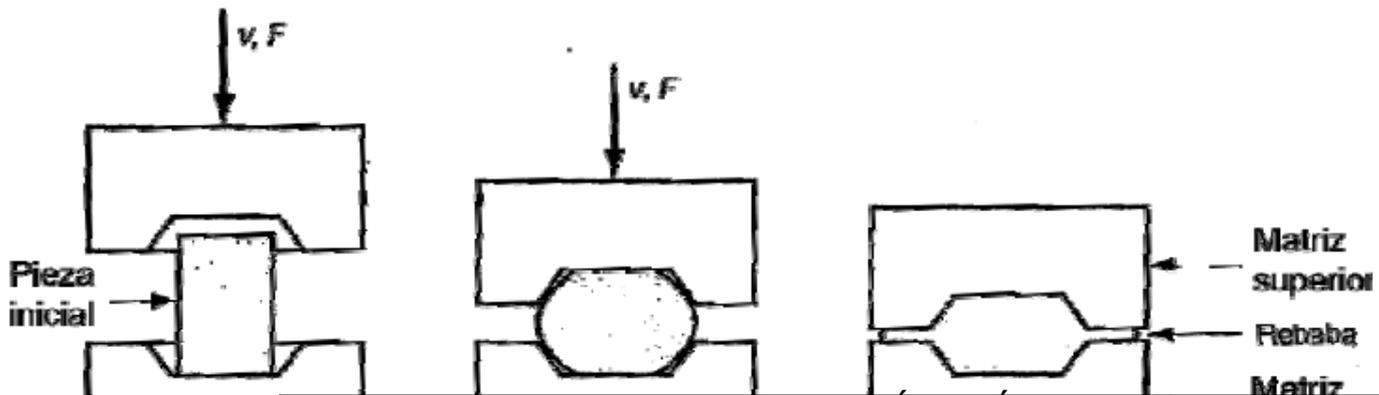
# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

## FORJA – ESTAMPACIÓN

### REBABAS:

La presencia de rebabas requiere una operación posterior para eliminarlas  
Su reducción puede realizarse mediante:

- Reducción del material de partida → **PRECAUCIÓN**
- Diseñar el molde para que las rebabas estén en zonas controladas y facilitar la operación posterior

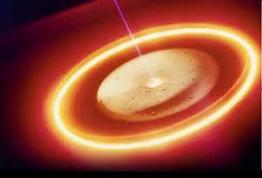


# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

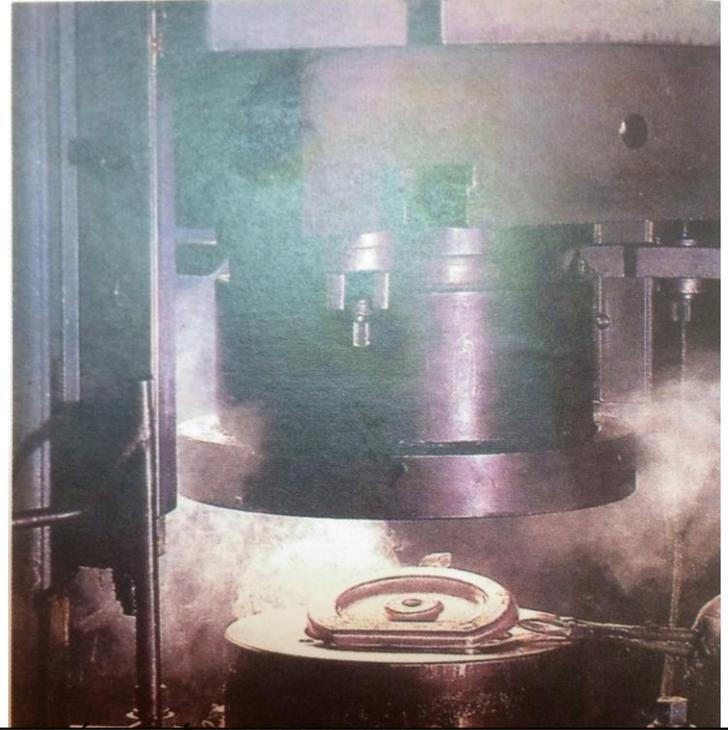
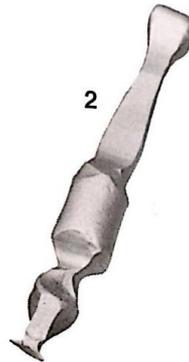
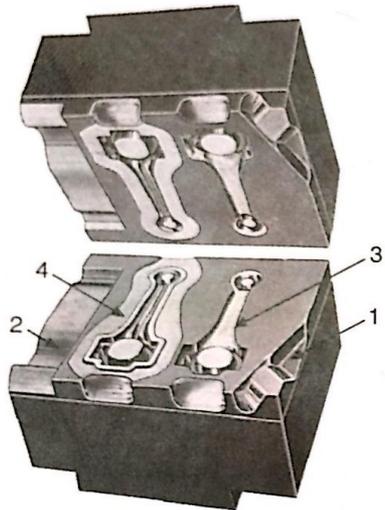
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Características del molde / Rellenar los detalles de la geometría



# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

## FORJA – ESTAMPACIÓN

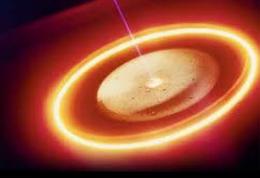


# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

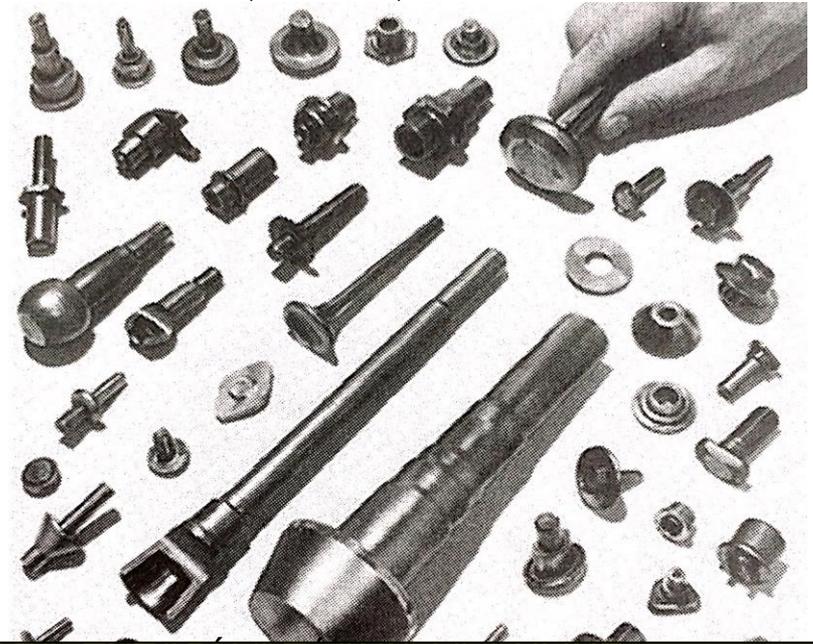
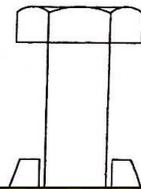
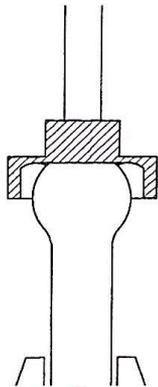
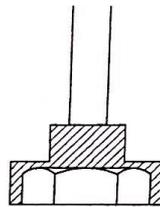
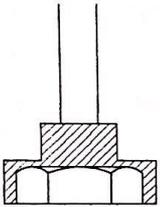
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

## RECALCADO

Se utiliza este término para las operaciones de forja dónde sólo se deforma un parte del material o elemento → Cabezas de tornillos, clavos, remaches



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

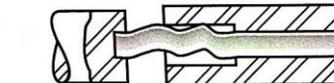
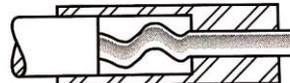
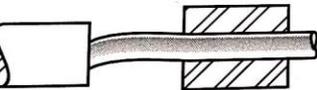
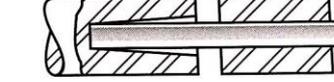
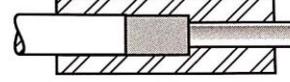
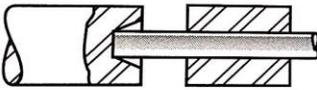
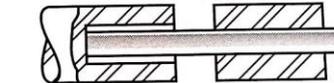
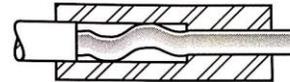
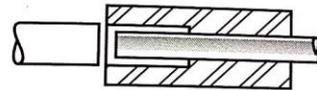
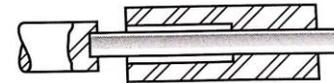
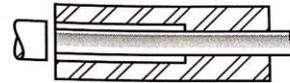
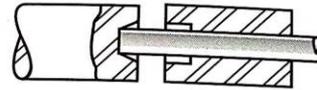
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70





# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

## RECALCADO



Applications of rule 1

Applications of rule 2

Applications of rule 3

Violation of rule 1

Violation of rule 2

Violation of rule 3

## ASPECTOS IMPORTANTES DE DISEÑO:

- Limitación de la longitud de material sin soporte (generalmente 3 veces el diámetro de la

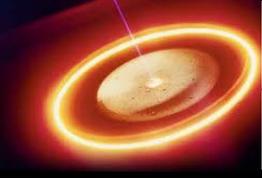
# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

inferior al diámetro



## CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

### PRENSAS

#### MECÁNICAS

- Basadas en mecanismos biela-manivela
- Mayor velocidad
- Aptas para elevadas fuerzas pero no elevadas capacidades de trabajo

#### HIDRÁULICAS

- Empleo de sistemas hidráulicos para ejercer la fuerza
- Más lentas
- Grandes esfuerzos durante todo el recorrido
- Alta capacidad de trabajo

#### NEUMÁTICAS

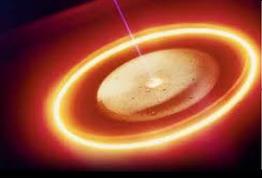
- Energía suministrada por aire comprimido
- Capacidad para aplicar menores esfuerzos
- Menor coste

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



## CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

### EXTRUSIÓN

El metal fluye por compresión a través de un orificio con una sección de geometría variable con una consiguiente reducción en la sección → Flujo plástico a través de la sección

#### SECCIÓN CONSTANTE

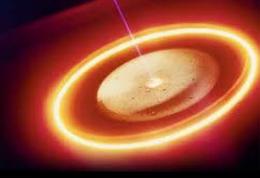
- Los metales (y sus aleaciones) más comunes en extrusión son: plomo, cobre, aluminio, magnesio
- La adición de lubricantes apropiados para altas temperaturas permite la extrusión de metales con mejores propiedades mecánicas y mayores temperaturas de trabajo

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

## EXTRUSIÓN

EN FRÍO

EN CALIENTE

CONTINUO

DISCONTINUO

INVERSA

DIRECTA

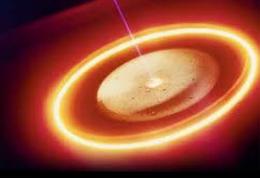


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Cartagena99



# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

## EXTRUSIÓN

**ALTAS  
PRESIONES  
SOTENIDAS**

**TEMPERATURAS  
PARA REDUCIR  
TENSIÓN DE  
FLUENCIA**



**ELEVADO DESGASTE  
(TEMPERATURA Y  
MATERIAL DE  
PARTIDA)**

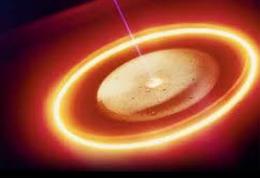
**MATERIALES QUE  
SOPORTEN LAS  
TEMPERATURAS**

**Cartagena99**

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**



# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

## EXTRUSIÓN – MATRIZ DE EXTRUSIÓN

### MATRIZ

Es la propia boquilla con la sección de la pieza que se quiere extruir. Sufre un elevado desgaste → Es necesario cambiarla periódicamente. Aceros aleados (C, Cr, W)

### CONTRA-MATRIZ

Ayuda a soportar las presiones que sufre la matriz propiamente dicha. Menor desgaste, menor necesidad de reemplazo. Aceros de menor calidad

### PORTA-MATRIZ

Su función es simplemente fijar el resto de componentes



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



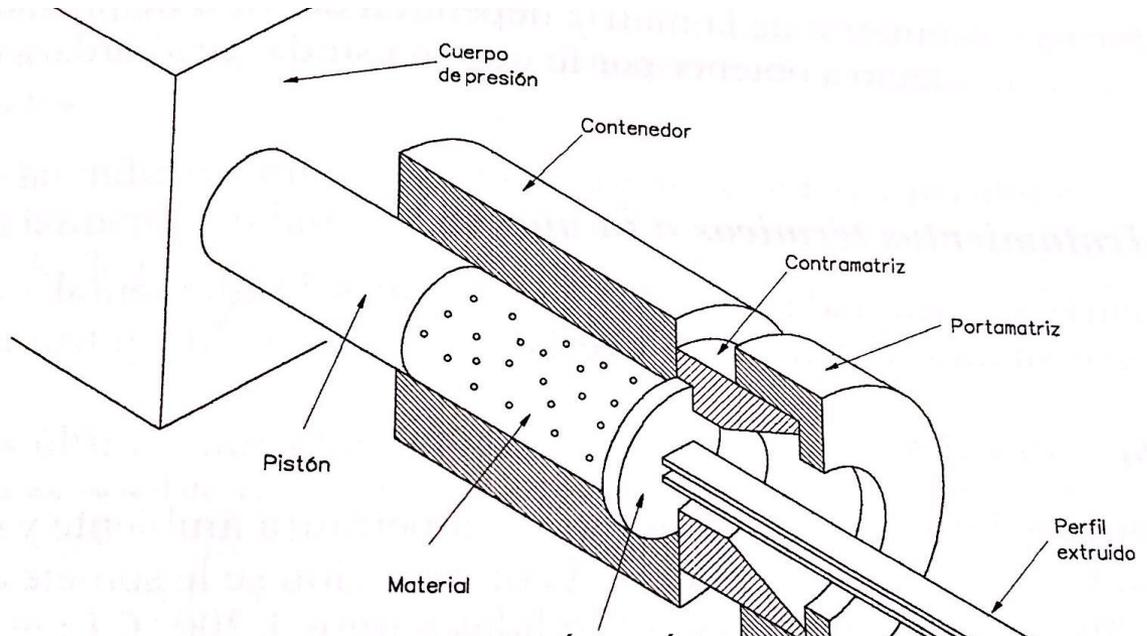
# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

## EXTRUSIÓN – MATRIZ DE EXTRUSIÓN

**MATRIZ**

**CONTRA-MATRIZ**

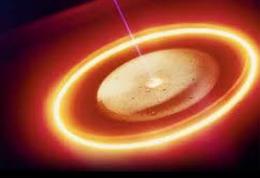
**PORTA-MATRIZ**



**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

## EXTRUSIÓN

$$r = \frac{A_0}{A_f}$$

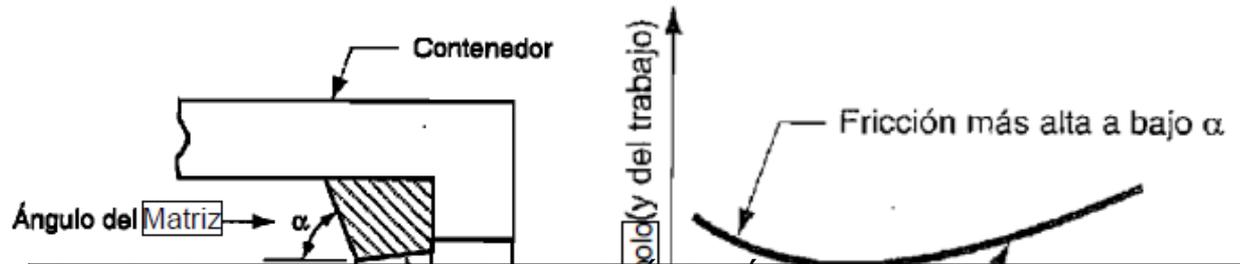
Relación de Extrusión

Matriz

Ángulo de entrada

Radio de Entrada

Material	Relación de extrusión
Aleaciones duras y aceros	20:1
Aleaciones ligeras y aluminio	60:1
Aleaciones muy ligeras	100:1
Aluminio en prensa de tamaño considerable	100:1



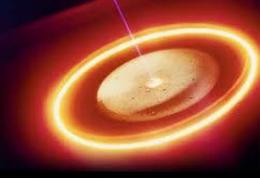
CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Cartagena99

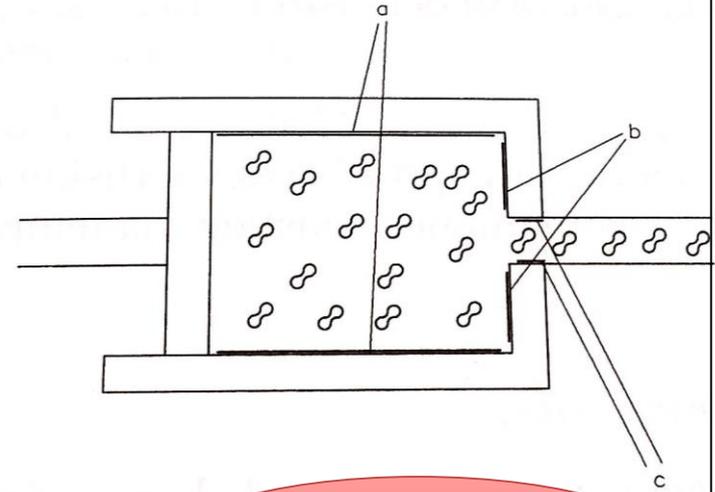
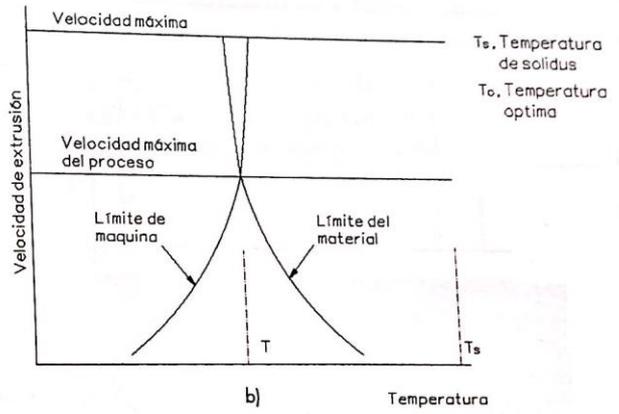
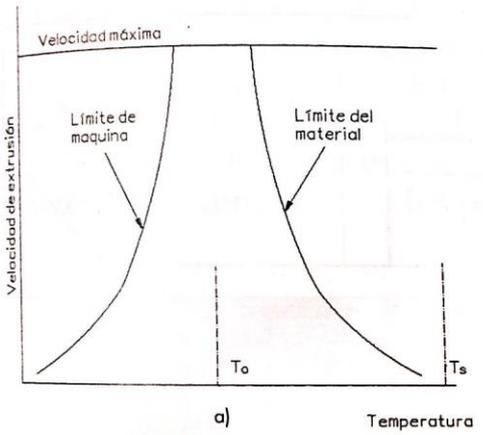
Ángulo del **matriz** ( $\alpha$ )



# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

## EXTRUSIÓN

### Velocidad de Extrusión



### Temperatura

### Deformación en el frente de

### Rozamiento

# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

matriz

contenedor

muerta

utillaje

extruido



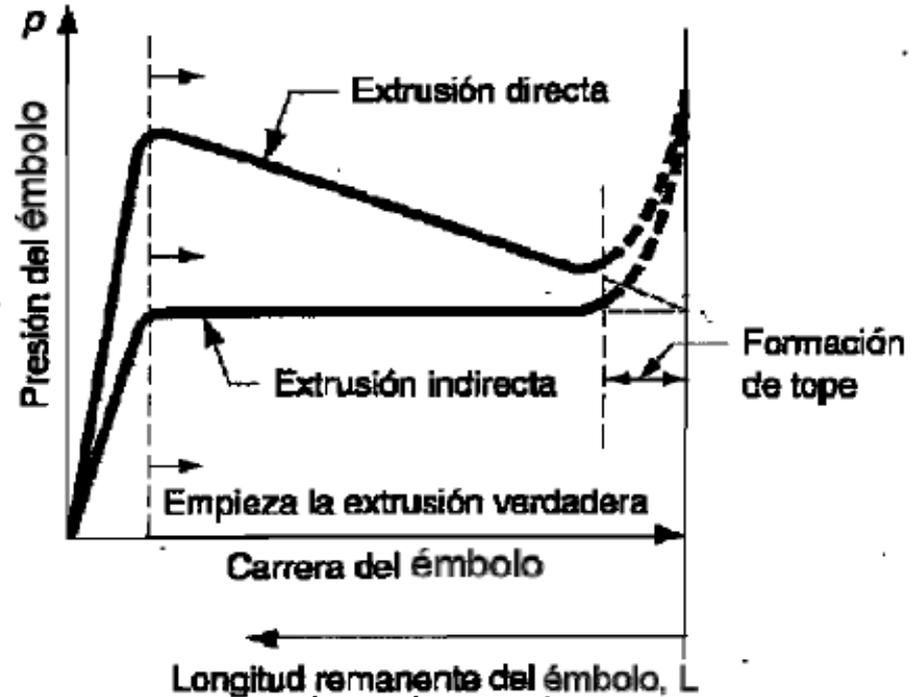
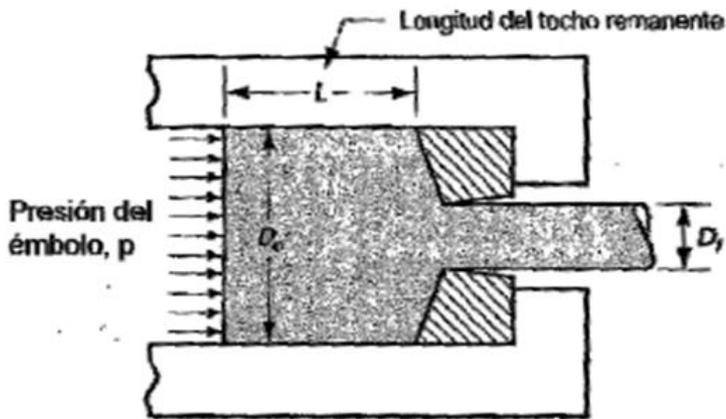
# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

## EXTRUSIÓN

Caso ideal:

$$\epsilon = \ln r_x$$

$$p = \bar{Y}_f \ln r_x$$



Corrección al caso

ideal

# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

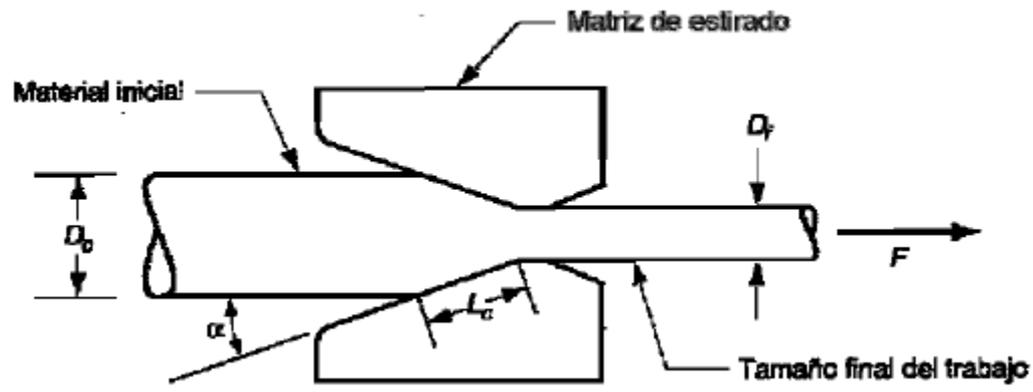
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

## ESTIRADO - TREFILADO

Operación para reducir la sección transversal de un material metálico al tirar del mismo a través de una abertura en una matriz



Generalmente se utiliza el término ESTIRADO para barras de mayor diámetro, mientras que se emplea TREFILADO para alambres de menor diámetro

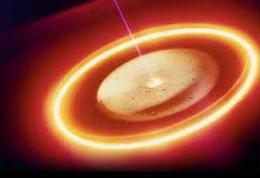
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

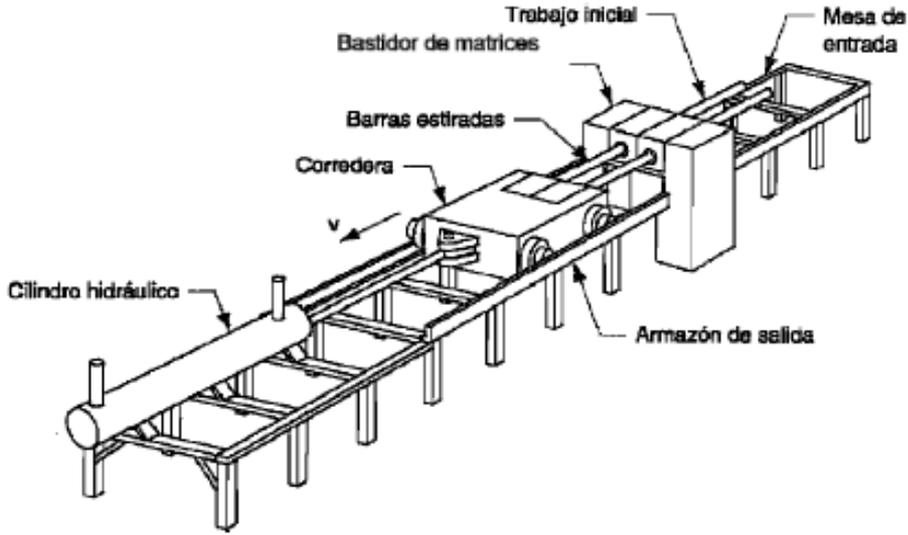
discontinuo



# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

## ESTIRADO - TREFILADO

### BANCO DE ESTIRADO



Sus principales ventajas están relacionadas con: Buena tolerancia dimensional, buen acabado superficial, propiedades mecánicas mejoradas, capacidad de adaptación a líneas de fabricación en masa o lotes, buena velocidad de estirado, (p. ej: 50 m/s para

### TREFILADO CONTINUO



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70





# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

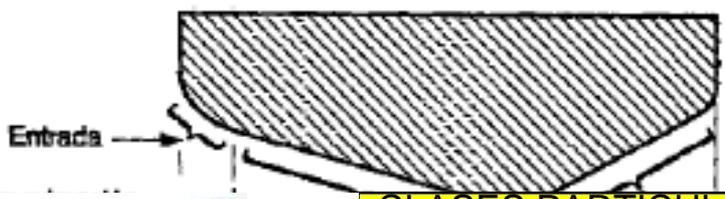
## ESTIRADO - TREFILADO

### EL MATERIAL DE PARTIDA

Generalmente lleva previamente tratamientos de:

- Recocido
- Limpieza (Baños químicos, limpieza abrasiva), puede incluir prelubricación
- Afilado

### LA MATRIZ



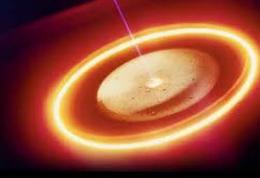
Suele estar fabricada en aceros de herramientas o metal duro (carburos cementados)

# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

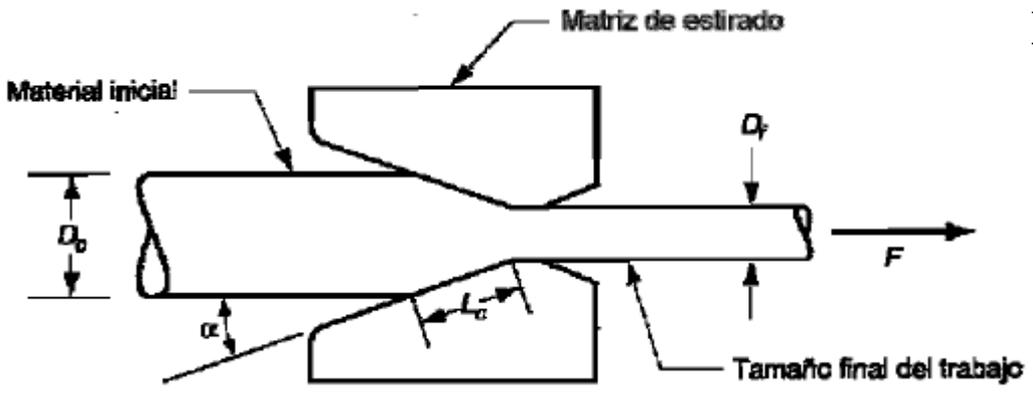
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

insertos de diamante



# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

## ESTIRADO - TREFILADO



Reducción de área

$$r = (A_0 - A_f) / A_0$$

Reducción de diámetro

$$d = D_0 - D_f$$

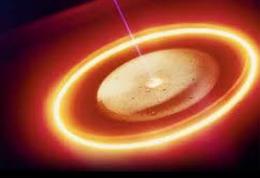
## CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS (en ausencia de fricción)

Deformación:  $\epsilon = \ln(A_0 / A_f) = \ln(1 / (1 - r))$

# Cartagena99

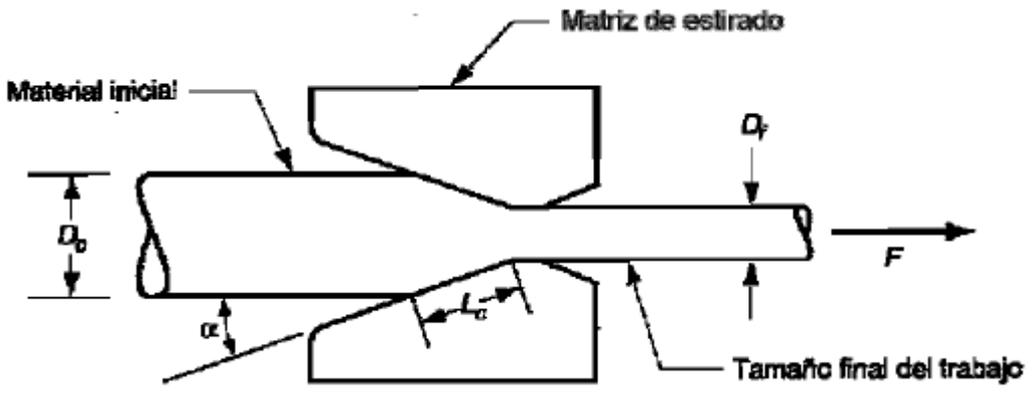
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

## ESTIRADO - TREFILADO



### FRICCIÓN

- Reducción de área
- Ángulo de la matriz
- Coefficiente de fricción

## CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS (teniendo en cuenta la fricción)

Fricción → La tensión real es mayor que la calculada sin el efecto de la fricción

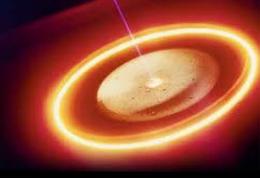
# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

$$L_c = \frac{D_0 - D_f}{2 \sin \alpha}$$



# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

## ESTIRADO - TREFILADO

### Número de etapas

La tensión de trefilado no debe exceder la de fluencia  $\rightarrow$  limitación en la reducción de área realizada en una sola pasada

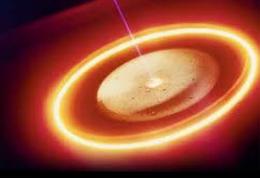
$\rightarrow$  Deducir para un material perfectamente plástico ( $Y_f = Y$ ). Resultado: 0.632

Generalmente, en la práctica, las reducciones posibles son ligeramente inferiores:

- Barras (ESTIRADO): 0.5
- Alambres (TREFILADO): 0.3



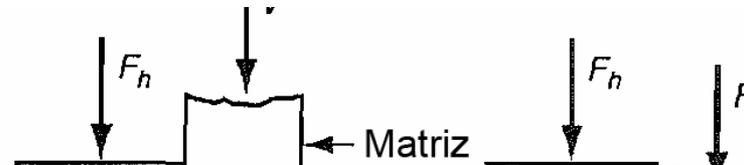
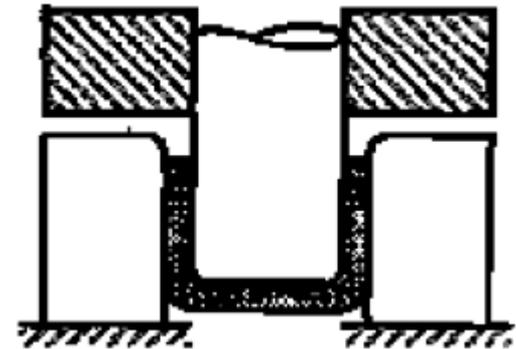
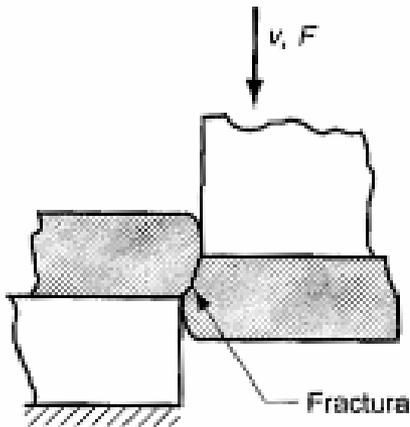
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
- - -  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

## CONFORMADOS EN LÁMINA

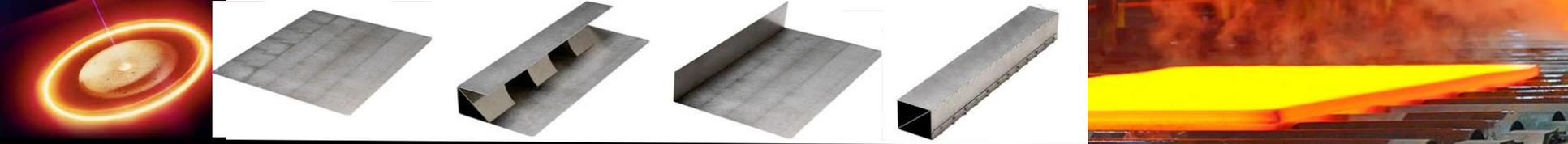
Generalmente se realizan tres operaciones básicas: Corte, plegado y embutición



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

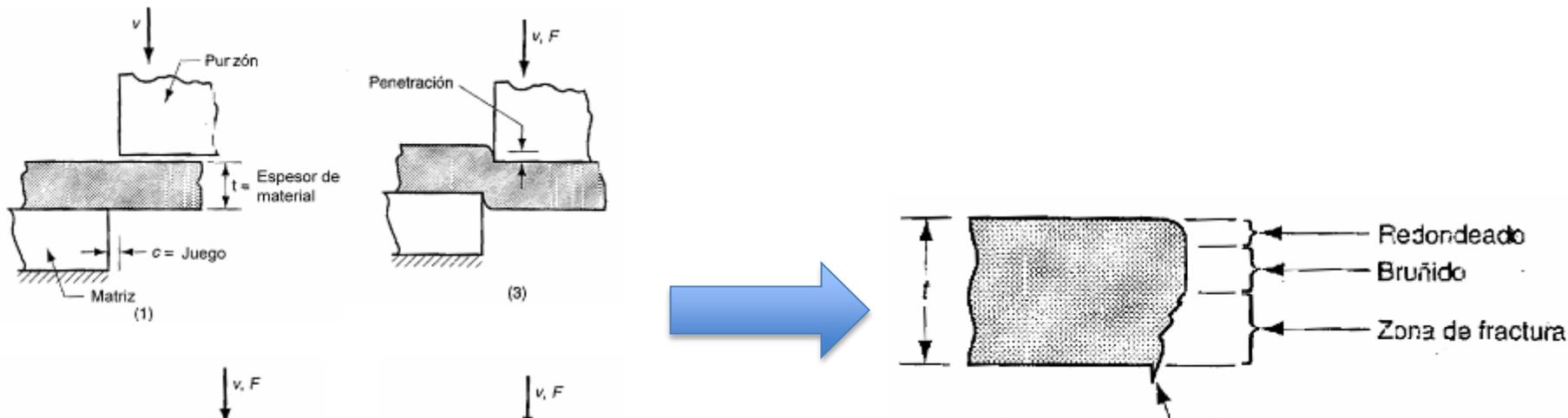
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

## CORTE

El corte de la lámina se produce por cizalladura entre dos bordes afilados de corte → El borde tiene una serie de peculiaridades (zonas con diferente geometría y calidad del corte)



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99



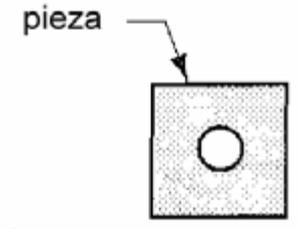
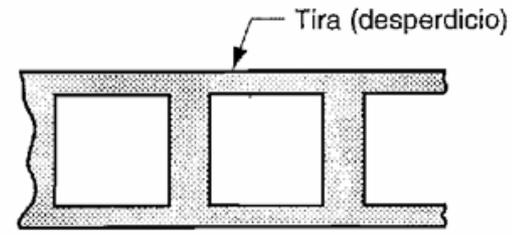
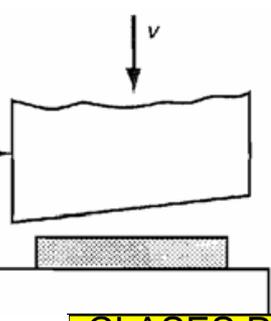
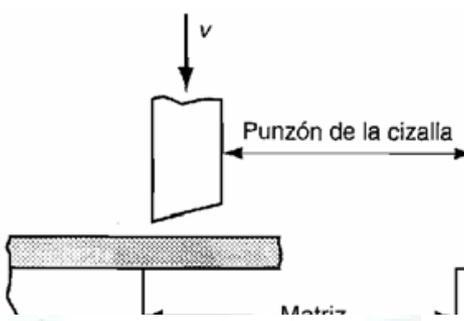
# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

## CORTE

**CIZALLADO**

**TROQUELADO  
Ó PUNZONADO**

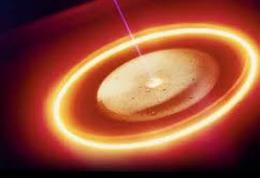
**PERFORADO**



**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

## CORTE

### PARÁMETROS DEL CORTE

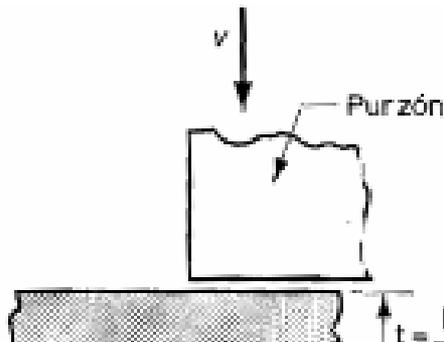
ESPESOR

TIPO DE MATERIAL

LONGITUD

ESPESOR

JUEGO



- El juego recomendado varía con el tipo de material

- Juegos típicos: 4 – 8 % del espesor de la lámina

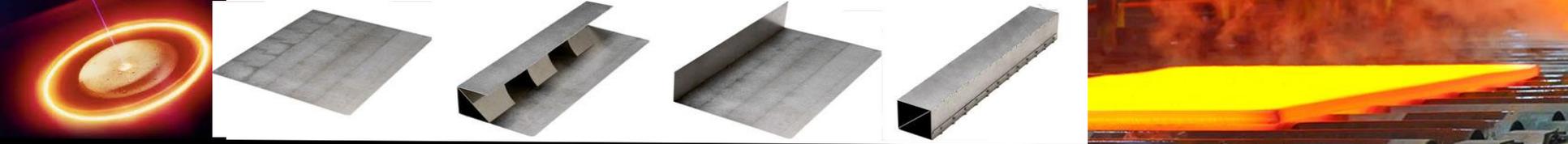
CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- Para bordes muy rectos se suele reducir el juego

Cartagena99



## CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

### CORTE

#### PARÁMETROS DEL CORTE

- En el punzonado/troquelado, el diámetro del punzón debe ser inferior al de la matriz

#### FUERZA DE CORTE

$F = \tau \cdot \text{superficie cizallada}$  (válido para cizallado, punzonado y perforado)  $\rightarrow \tau$  es la resistencia a cortadura de la lámina  $\rightarrow$  Si no se conoce se puede aproximar como  $0.5 \cdot \sigma_{ult}$

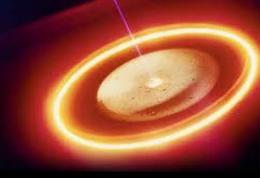
#### TRABAJO DE CORTE

Será el producto de la fuerza por la distancia recorrida  $\rightarrow A = F \cdot e$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



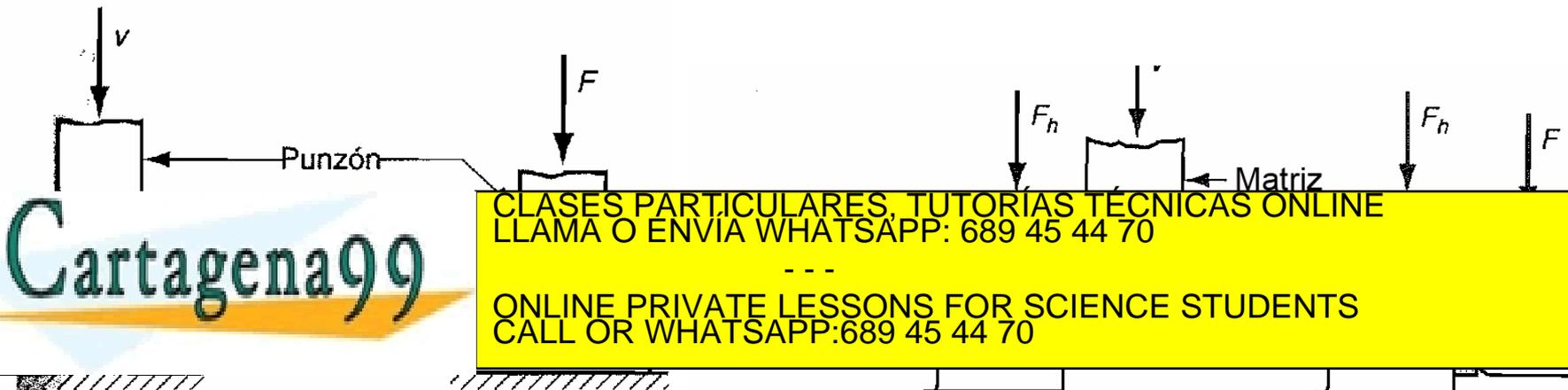
## CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

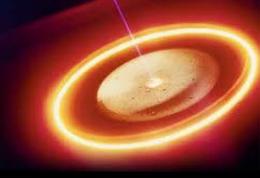
### PLEGADO

- Consiste en la deformación permanente de un metal alrededor de un eje recto
- El metal sufre compresión en un plano y tracción en otro, existiendo un plano neutral intermedio.
- Se considera que no se produce variación en el espesor de la lámina metálica

### PLEGADO EN V

### PLEGADO DE BORDES





# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

## PLEGADO

### PARÁMETROS DEL PLEGADO

**Ángulo de doblado:** Es el ángulo medido desde la línea del plano inicial hacia el plegado realizado

**Radio de plegado:** Se mide en la parte interna y es determinado por el radio de la herramienta para el plegado

Debe ser lo mayor posible, según sus condiciones de operación, para evitar concentración de tensiones

$$r_{\min} = s(mm) \left( 0.0085 \cdot \frac{\sigma_{ult} (kg/mm^2)}{\epsilon_{rotura} (-)} \right)$$

Debe ser suficientemente pequeño como para asegurar la deformación plástica e irreversible



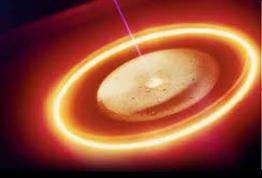
# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Ancho y espesor de la lamina plegada (L, s)



## CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

### PLEGADO

#### PARÁMETROS DEL PLEGADO

Fuerza de plegado  $F_{\max} = k \frac{\sigma_{ult} L S^2}{w}$

Donde k varía con el tipo de plegado y material  
Plegado en V: 1,2 – 1,35  
Plegado por doblado: 0,7 – 0,8

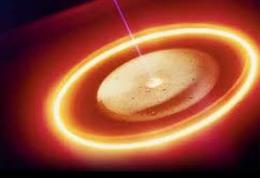
**Trabajo de plegado:** Simplemente se multiplica por el recorrido del macho que lleva a cabo el plegado. Se añade un factor correcto análogo al de corte.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



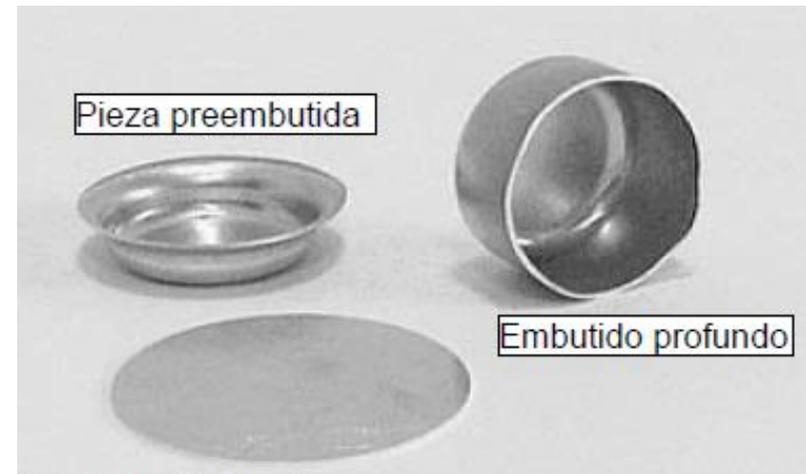
## CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

### EMBUTICIÓN

Se forma un cuerpo hueco mediante estirado de una chapa plana cortada a medida.  
Para ello se emplea una matriz o estampa

Estirado en  
paso único

Estirado en  
pasos sucesivos

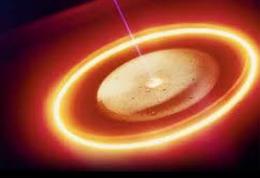


Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

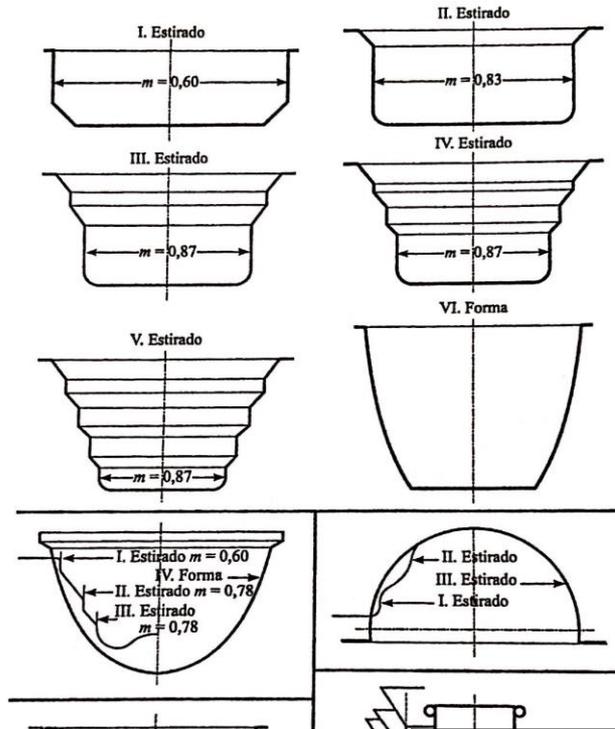
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

## EMBUTICIÓN



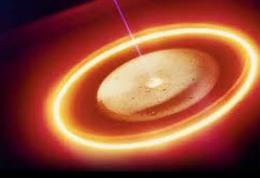
La embutición de geometrías más complejas es recomendada mediante pasos sucesivos

El cálculo de la geometría inicial de la chapa que se requiere en el proceso de embutición se puede realizar mediante herramientas gráficas o analíticas. En ambos casos se parte de la base de la

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Cartagena99



# CONFORMADO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE METALES

## EMBUTICIÓN

### MÁXIMA RELACIÓN DE EMBUTICIÓN

FRICCIÓN

RESISTENCIA DEL MATERIAL

DIMENSIONES Y ESPESOR DE LA CHAPA

PRESIÓN DEL PORTACHAPAS

Relación de embutición en estirado único:  $\beta_0 = D/d$

$$\beta_{0_{\max}} = 2,15 \text{ a } 2(\text{fácil a normal embutible}) - 0,001 \frac{d}{s}$$

### FUERZA DE EMBUTICIÓN

Donde:

$\beta^*$  es la relación de embutición en el máximo de fuerzas

$$D = \pi d \beta^* K_{fm} \ln \beta^*$$

Cartagena99

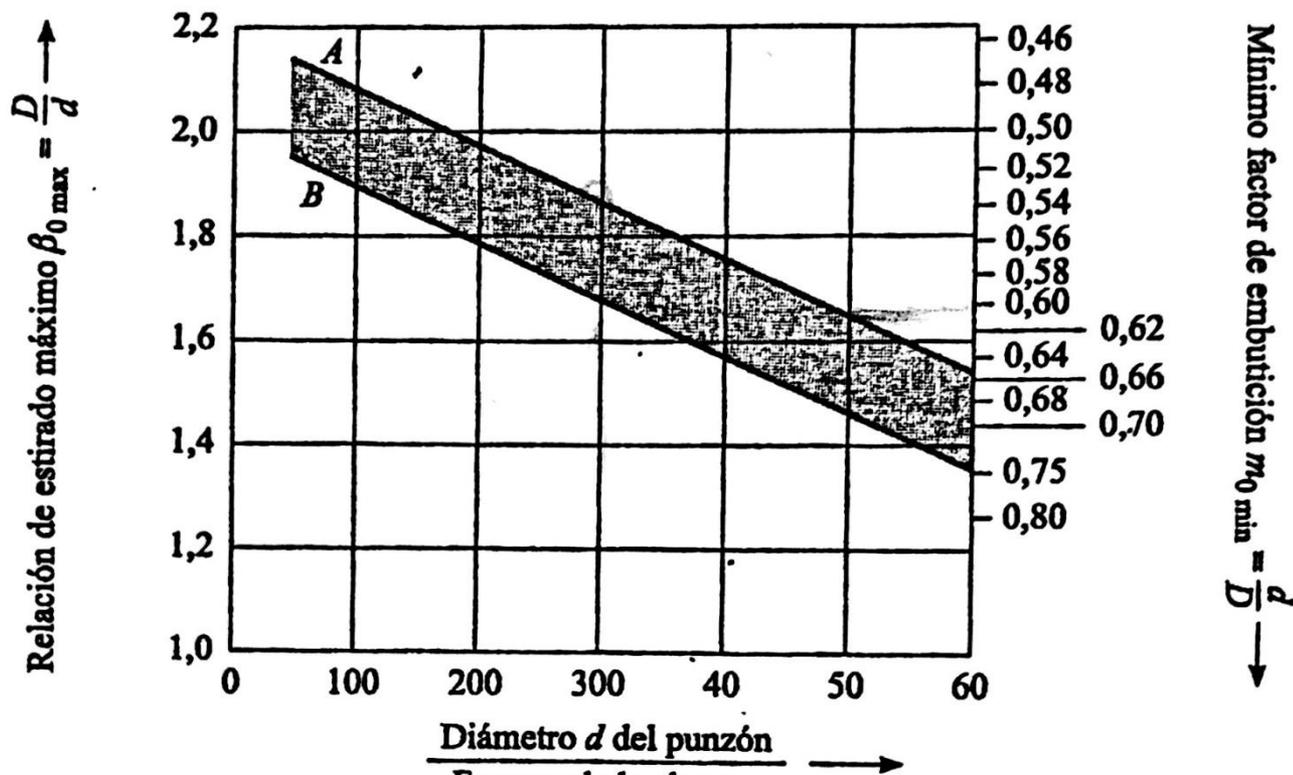
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

análíticas o gráficas según material y geometría



- A) Buena capacidad de embutición (chapa especial para embutición profunda).
- B) Normal capacidad de embutición (chapa normal de uso general).

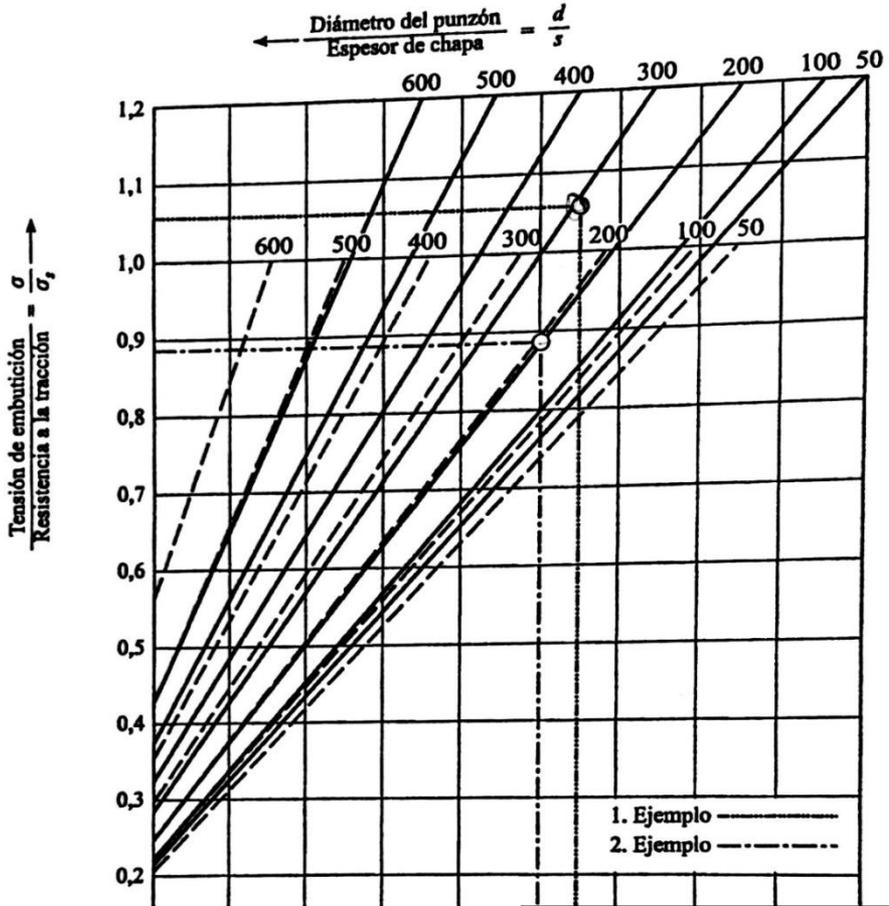
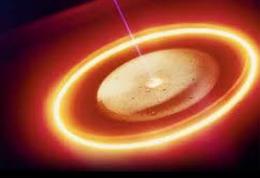


Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

A)  $\beta_{0\max} = 2.15 = 0.0011 \frac{d}{s}$  B)  $\beta_{0\max} = 2 = 0.0011 \frac{d}{s}$  135



**Buena capacidad de embutición**

$$n = \frac{1,2}{1,15 - 0,001 \frac{d}{s}} (\beta_0 - 1)$$

**Susceptible de embutición normal**

$$1,0 (\beta_0 - 1)$$

**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70