



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

fad
FACULTAD DE
ARTES Y DISEÑO

Materiales y Procesos II

Carrera de Diseño Industrial | 3to Año
Ciclo lectivo 2020

Profesor Titular:
Mgter. Roberto Tomassiello

JTP
Ing. Osvaldo Ortíz



TEMARIO

UNIDAD 5

1. Conformación de metales en caliente y en frío. Concepto, características de los procesos.
2. Conformación en caliente. Concepto, características de los procesos, descripción de los equipos y herramientas utilizados.
3. Conformación en frío. Concepto, características de los procesos, descripción de los equipos utilizados..



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

fad
FACULTAD DE
ARTES Y DISEÑO

<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Conformación metálica

En caliente

(Por encima de la
temp. recristalización)

Deformación plástica
del metal que ocurre
por encima de la
temperatura de su
recristalización.

Incremento general
de la resistencia y
disminución de
la ductilidad.

En caliente

(Por debajo de la
temp. recristalización)

Deformación plástica
del metal a
temperaturas
intermedias.

Propiedades
intermedias

En frío

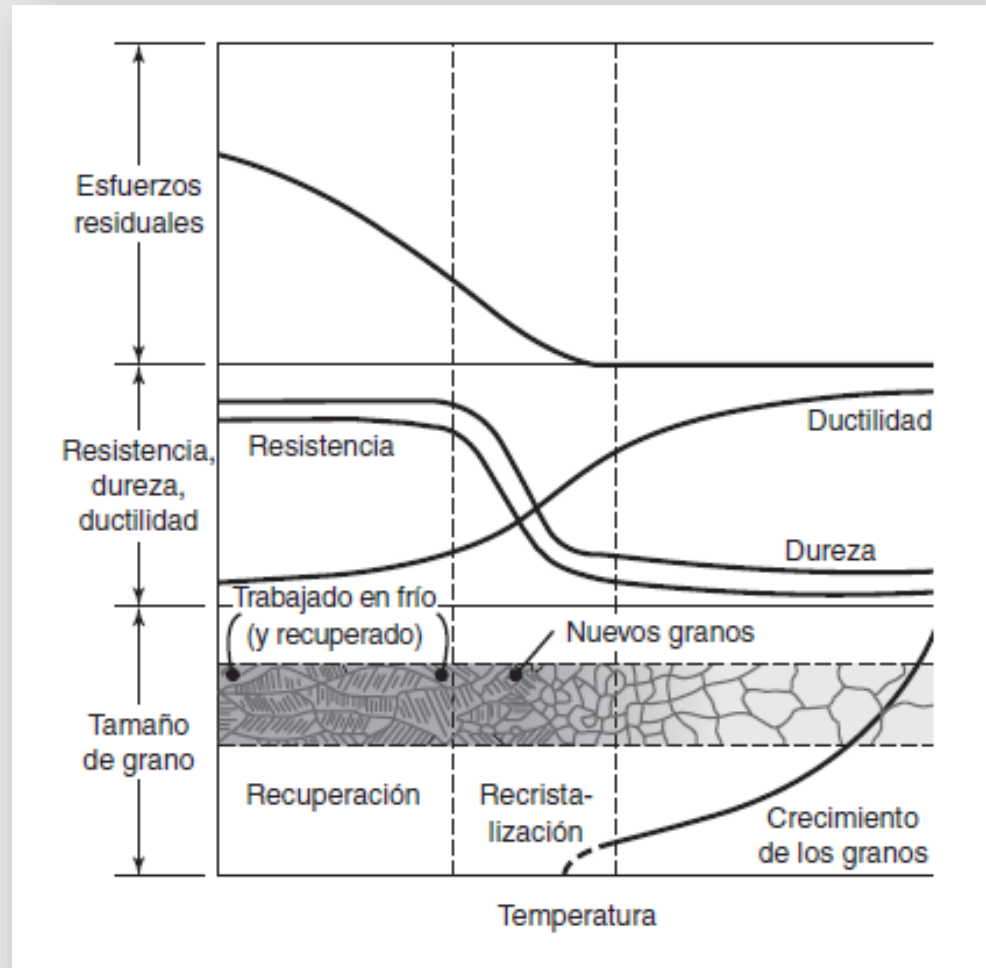
Deformación plástica
del metal que ocurre
por encima de la
temperatura de su
recristalización.

Incremento de la
dureza, acritud y
fragilidad.



<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Recristalización y crecimiento de granos



<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Conformación
metálica

Procesos de
deformación
volumétrica



Deformaciones significativas y grandes cambios de forma. La relación entre el área superficial y el volumen de trabajo es relativamente pequeña.

Trabajo de láminas
metálicas



La razón entre el área superficial y el volumen del material inicial es alta.



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

fad
FACULTAD DE
ARTES Y DISEÑO

Conformación
metálica



Trabajo en caliente



Capacidad de producir mayores deformaciones plásticas del metal, de las que son posibles con el trabajo en frío o el trabajo a temperaturas intermedias.

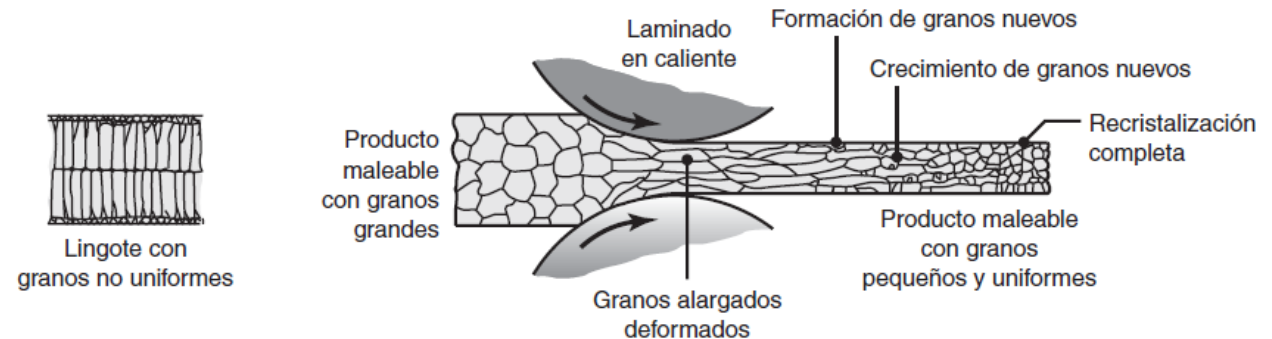
0,3 Temperatura fusión del metal

<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Conformación metálica

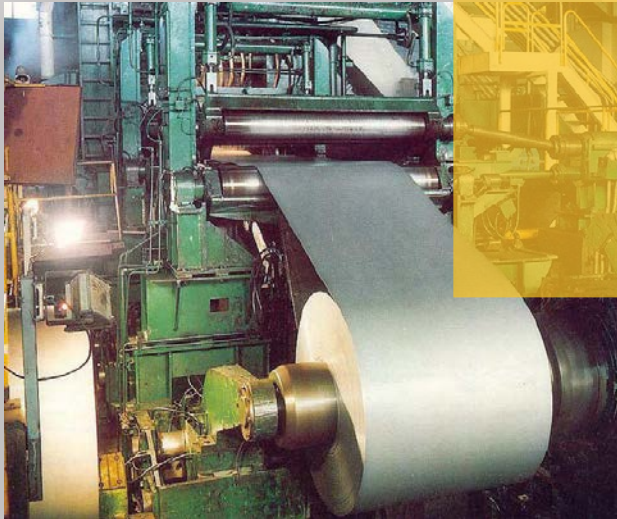


Trabajo en caliente



<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Conformación metálica



Estructura fundida

Dendrítica
De granos gruesos y no uniformes
Porosa
Frágil



Laminación en caliente

Aluminio: 450°C
Aceros aleados: 1250 °C



Estructura maleable

De granos más finos y uniformes
Mayor ductilidad



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

fad
FACULTAD DE
ARTES Y DISEÑO

Conformación metálica



Trabajo en caliente. Ventajas



- 1) La forma de la pieza de trabajo se puede alterar de manera significativa
- 2) Se requiere menor fuerza y potencia para deformar el metal.
- 3) Los metales que usualmente se fracturan en el trabajo en frío pueden formarse en caliente.

Conformación metálica



Trabajo en caliente. Ventajas



- 4) Las propiedades de resistencia son generalmente isotrópicas debido a la ausencia de una estructura orientada de granos que se crea en el trabajo en frío.
- 5) El trabajo en caliente no produce fortalecimiento de la pieza.

Conformación metálica



Trabajo en caliente. Desventajas



1. Escasa precisión dimensional.
2. Elevado requerimiento de energía (energía térmica para calentar la pieza de trabajo).
3. Oxidación de la superficie de trabajo (incrustaciones).
4. Acabado superficial más deficiente.
5. Menor duración en la vida de las herramientas.

Conformación
metálica



Trabajo en frío. Ventajas



- 1) Proporcionar mejor precisión, con tolerancias más estrechas.
- 2) Mejorar el acabado de la superficie.
- 3) Incrementar la resistencia y la dureza de la pieza

Conformación
metálica

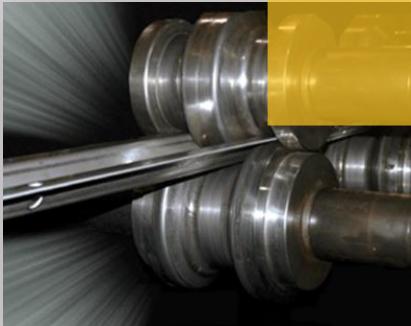


Trabajo en frío. Ventajas



- 4) Lograr propiedades direccionales convenientes en el producto a través del flujo de granos durante la deformación.
- 5) Ahorrar costos de horno y combustible y mayores velocidades de producción, al no requerir calentamiento del trabajo.

Conformación
metálica



Trabajo en frío. Desventajas



- 1) Requiere mayores potencia y fuerzas para desempeñar las operaciones.
- 2) Se debe tener cuidado para asegurar que las superficies de la pieza de trabajo inicial están libres de incrustaciones y suciedad

Conformación
metálica



Trabajo en frío. Desventajas



- 3) La ductilidad y el endurecimiento por deformación del metal de trabajo limitan la cantidad de formado que se puede hacer sobre la pieza.
- 4) A veces se requiere recocido para conformaciones posteriores.

<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

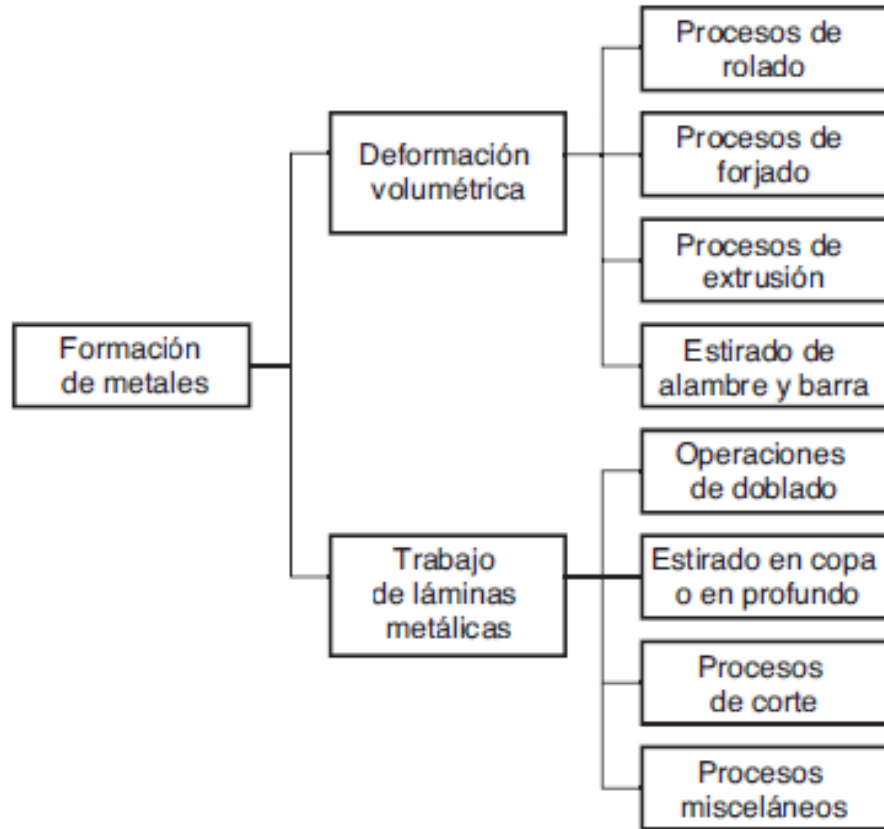
Propiedades mecánicas de los materiales

Propiedades mecánicas relativas de diversos metales a temperatura ambiente, en orden decreciente. Los metales se encuentran en forma de aleación

Resistencia	Dureza	Tenacidad	Rigidez	Resistencia/densidad
Fibras de vidrio	Diamante	Metales dúctiles	Diamante	Plásticos reforzados
Fibras de grafito	Nitruro cúbico de boro	Plásticos reforzados	Carburos	Titanio
Fibras de kevlar	Carburos	Termoplásticos	Tungsteno	Acero
Carburos	Aceros endurecidos	Madera	Acero	Aluminio
Molibdeno	Titanio	Termofijos	Cobre	Magnesio
Aceros	Hierros fundidos	Cerámicas	Titanio	Berilio
Tantalio	Cobre	Vidrio	Aluminio	Cobre
Titanio	Termofijos		Cerámicas	Tantalio
Cobre	Magnesio		Plásticos reforzados	
Termofijos reforzados	Termoplásticos		Madera	
Termoplásticos reforzados	Estaño		Termofijos	
Termoplásticos	Plomo		Termoplásticos	
Plomo			Hules	

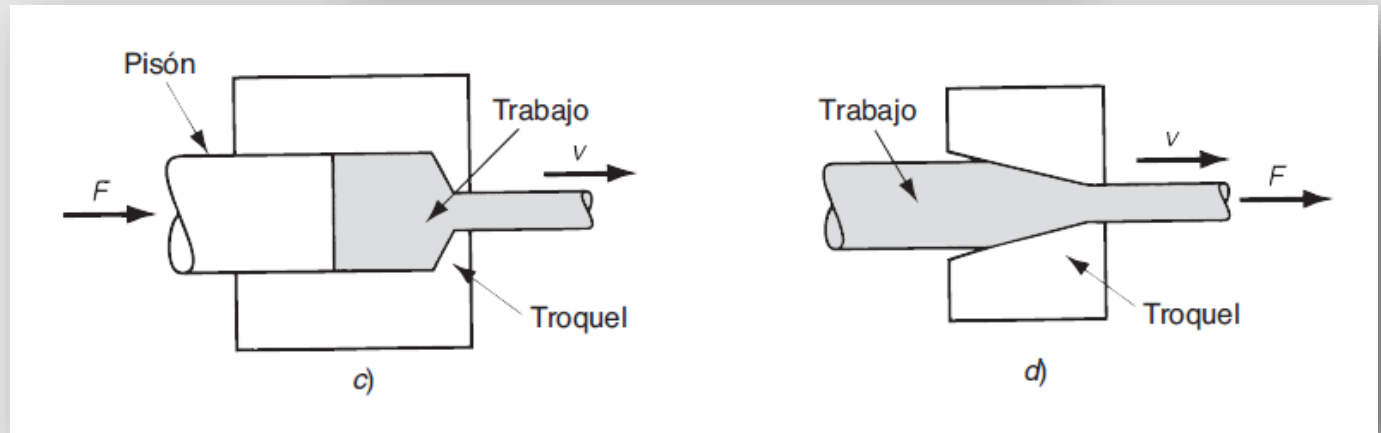
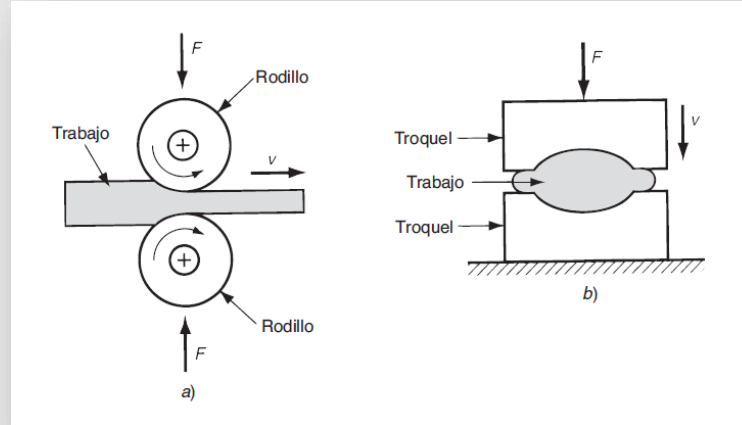
<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Procesos de conformación metálica



<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

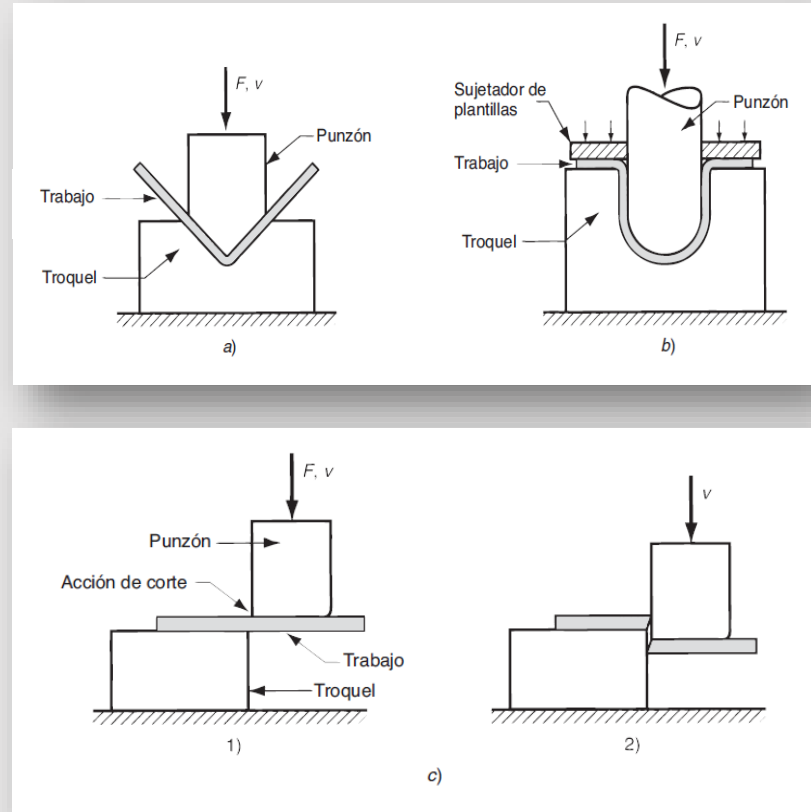
Deformación volumétrica



a) Rolado, b) Forja, c) Extrusión, d) Trefilado.

<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

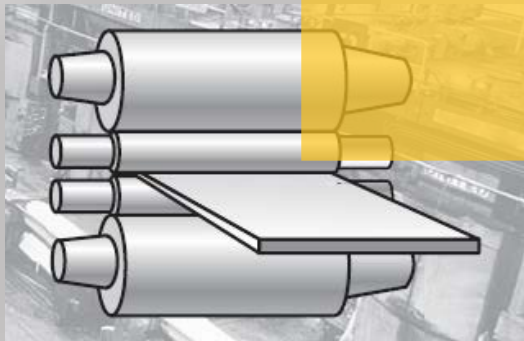
Trabajo de chapas metálicas



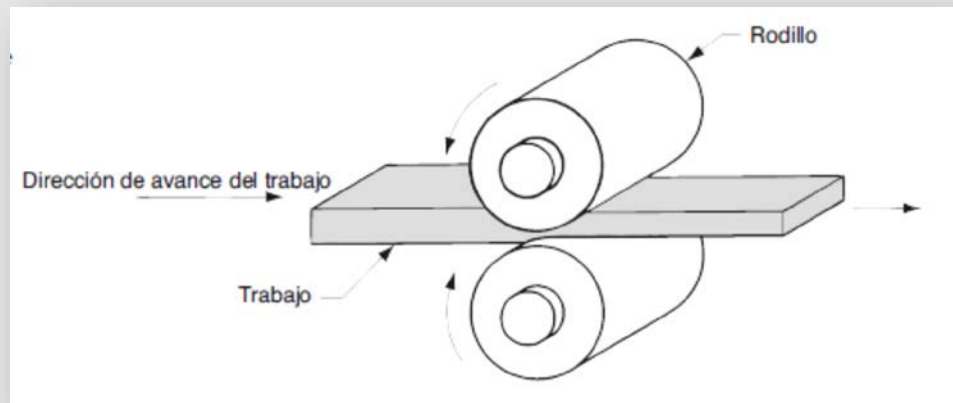
- a) doblado, b) estirado y c) corte
1) al primer contacto del punzón con la lámina
2) después del corte.

<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Laminación



Proceso de deformación en el cual el espesor del material de trabajo se reduce mediante fuerzas de compresión ejercidas por dos rodillos opuestos.



<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Procesos
de
laminación

Productos
obtenidos

Tocho

Perfiles “I”

Rieles ferroviarios

Planchón

Placas

Chapas

Palanquilla

Barras



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

fad
FACULTAD DE
ARTES Y DISEÑO

Laminación

Laminación de anillos. Ventajas



Ahorro de materias primas.



Orientación ideal de los granos para la aplicación



Endurecimiento a través del trabajo en frío.



<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Defectos en el laminado

Cascarilla

Óxido

Raspaduras

Grietas

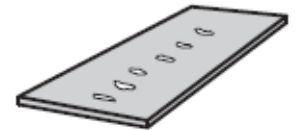
Picaduras

Estrías

Dirección del laminado



(a)



(b)



(c)

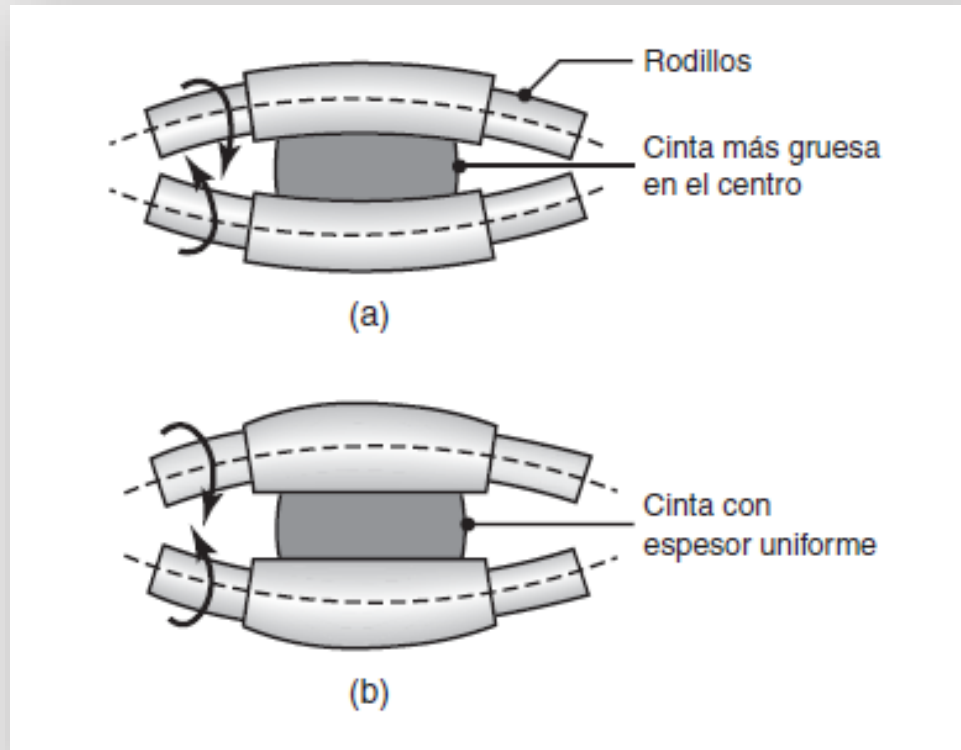


(d)

- (a) Bordes ondulados
- (b) Grietas en forma de cremallera en el centro de la cinta
- (c) Grietas de los bordes
- (d) Acocodrilado

<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Flexión en los rodillos

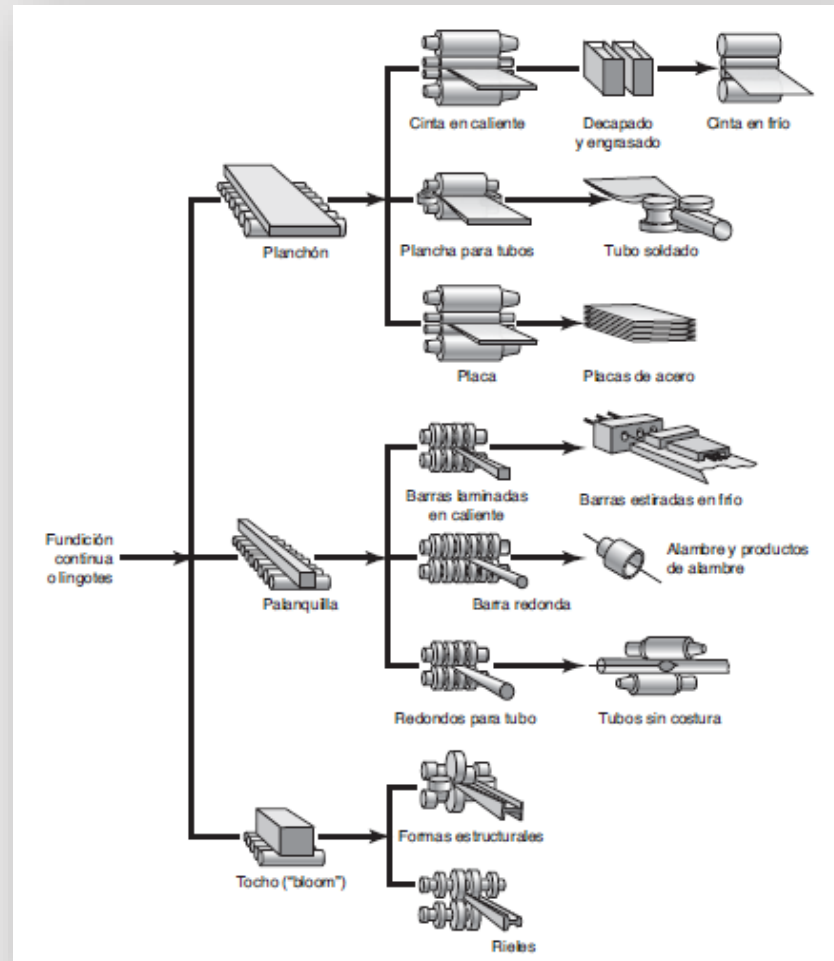


- (a) Doblado de los rodillos cilíndricos rectos a causa de las fuerzas de laminado.
- (b) Doblado de los rodillos rectificados con la comba, que producen una cinta con espesor uniforme a todo el ancho de la cinta.



<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Laminación

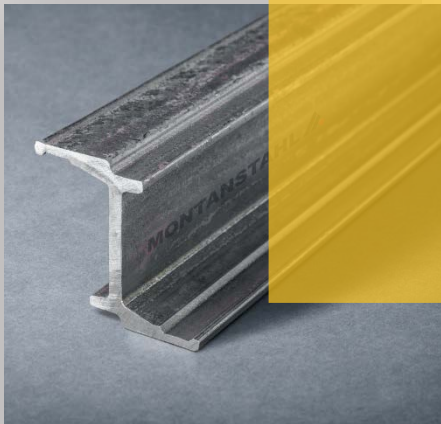
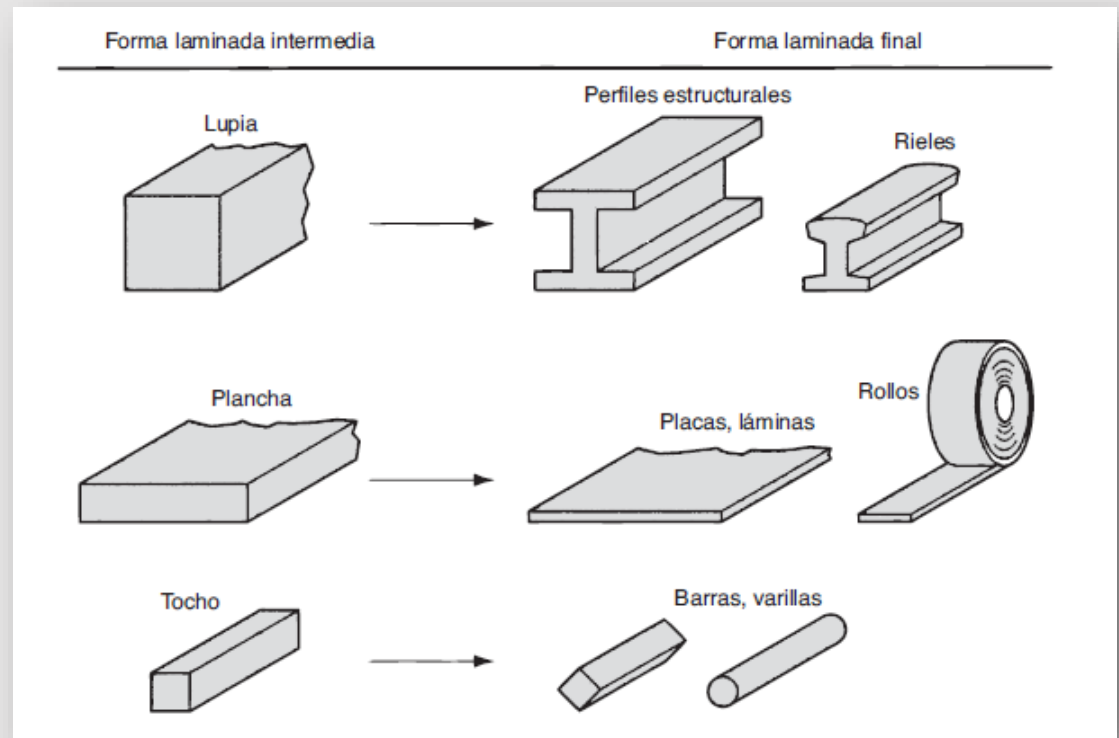


UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

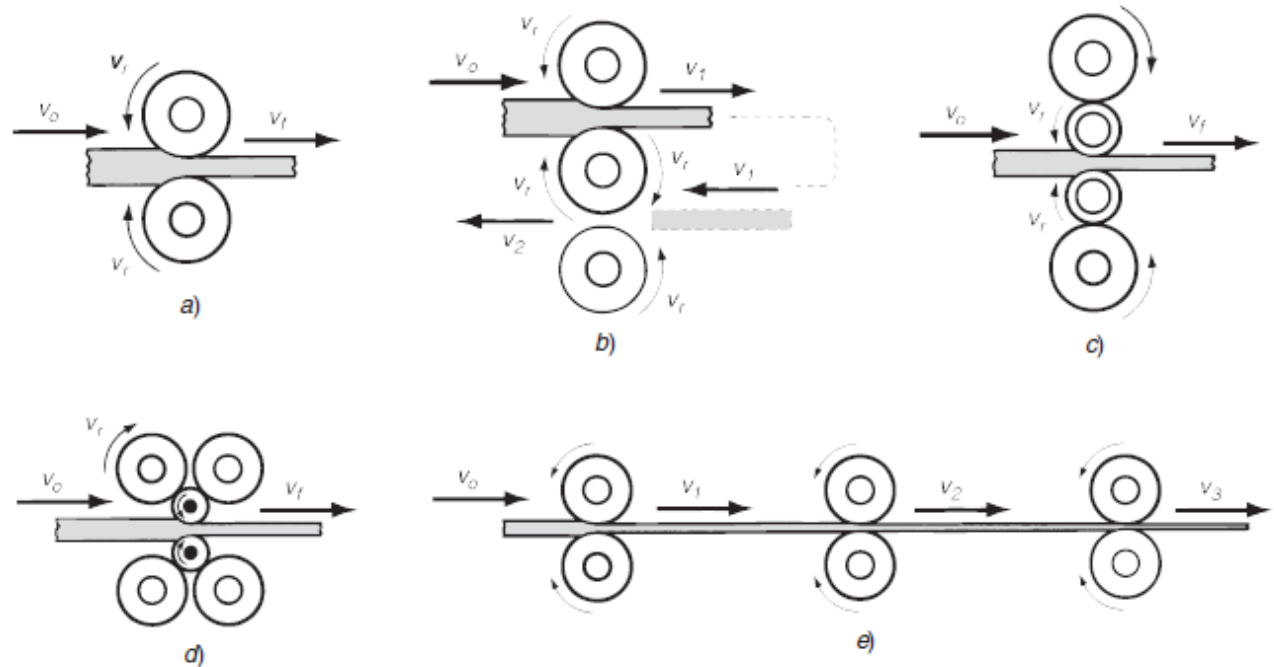
fad
FACULTAD DE
ARTES Y DISEÑO

Laminación

Productos



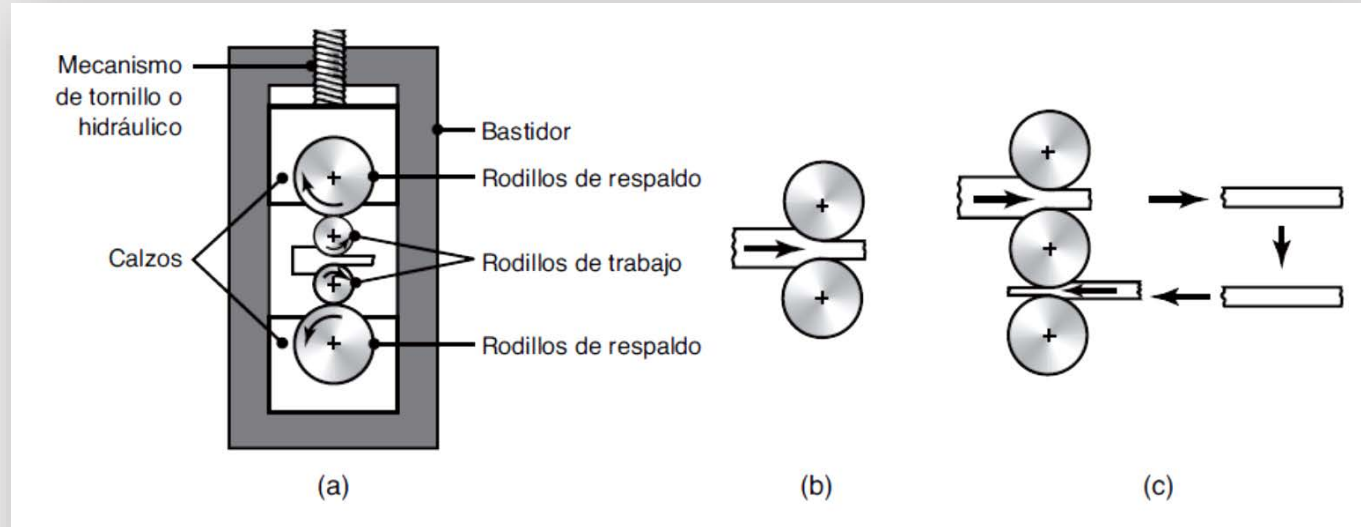
Laminación



Configuraciones de molinos de laminación

a) dos rodillos, b) tres rodillos, c) cuatro rodillos, d) molino en conjunto, e) molino de rodillos en tándem

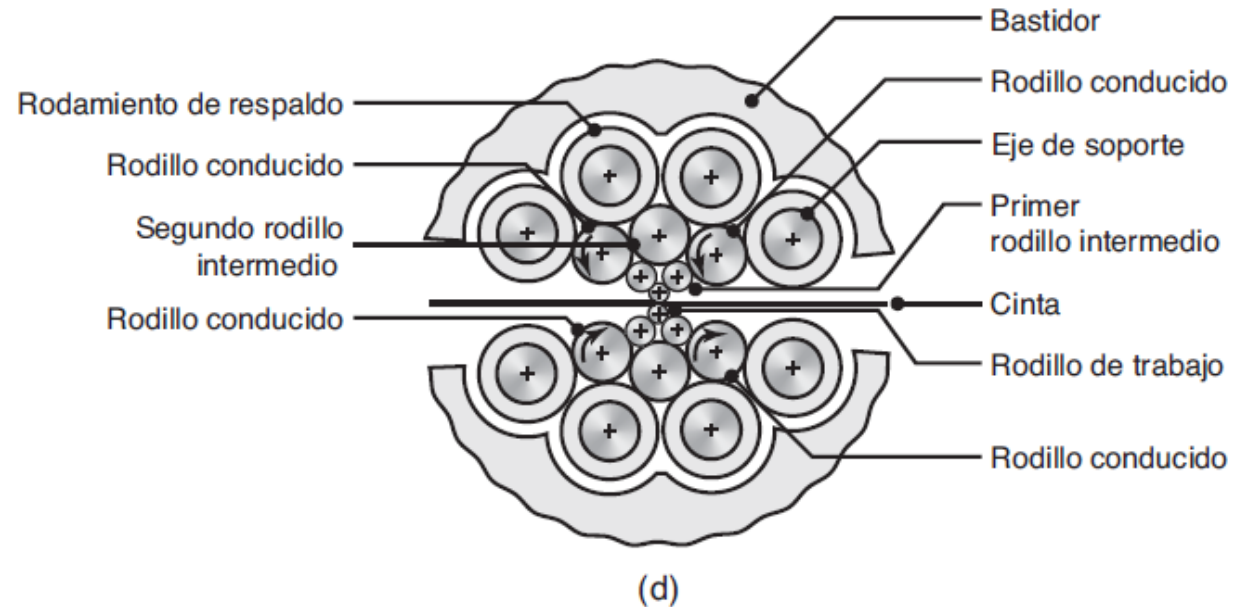
Laminación



Configuraciones de diversos arreglos de rodillos

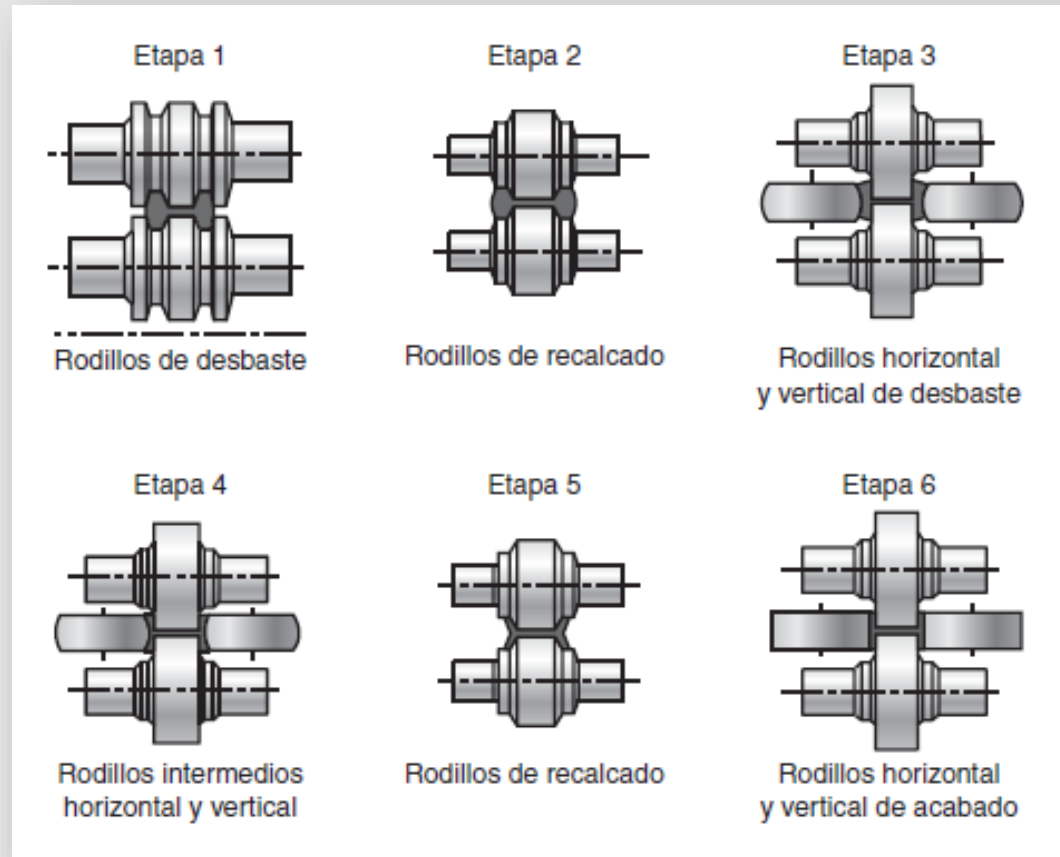
- (a) Molino de laminación de cuatro rodillos. La rigidez del bastidor, los rodillos y los rodamientos son importantes para controlar y mantener el espesor de la cinta laminada.
- (b) Molino de dos rodillos.
- (c) Molino de tres rodillos.

Laminación



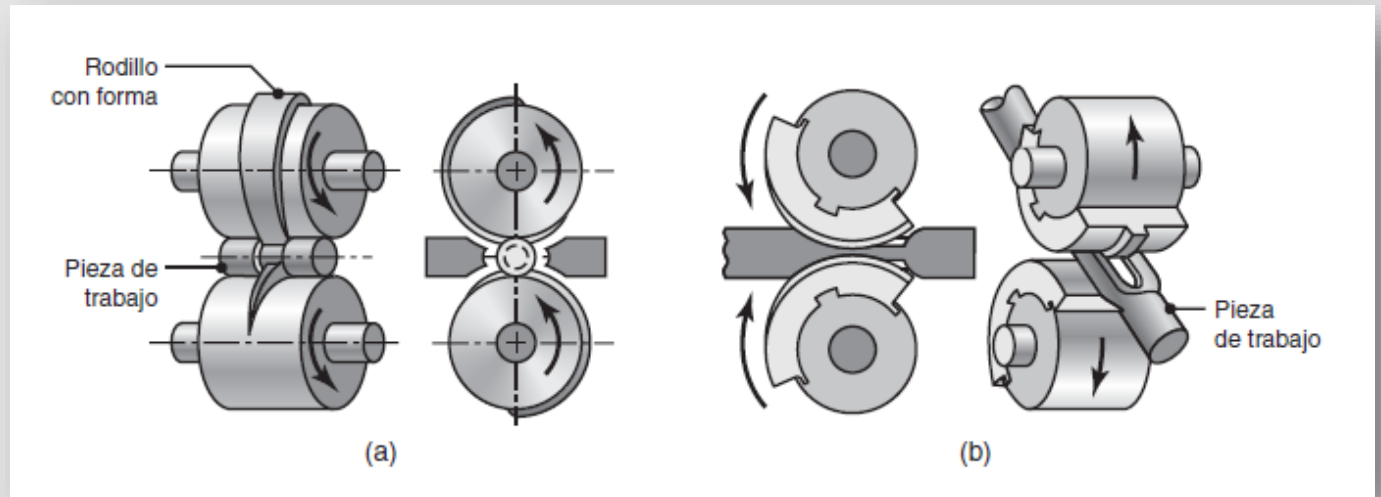
Configuraciones de diversos arreglos de rodillos
(d) Molino de laminación de conjunto (o Sendzimir).

Laminación



Laminación de vigas "I"

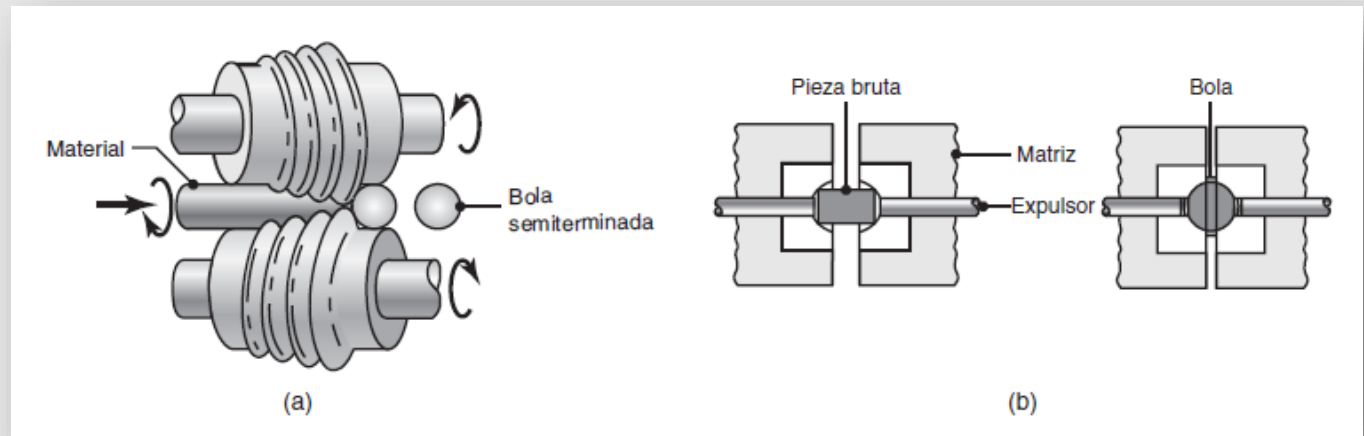
Laminación



Forjado laminar o laminado cruzado

Laminación

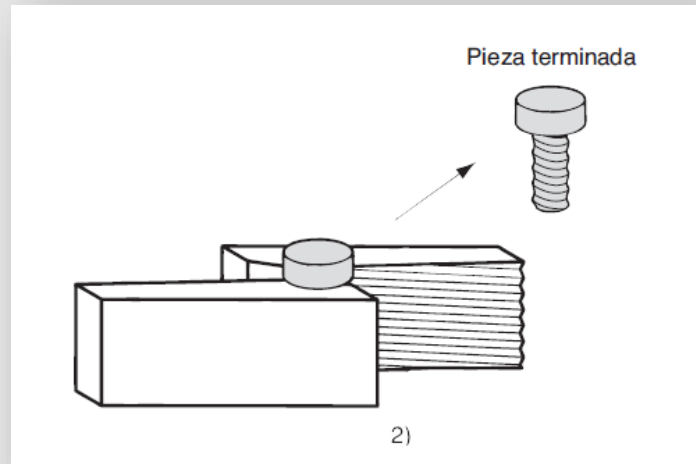
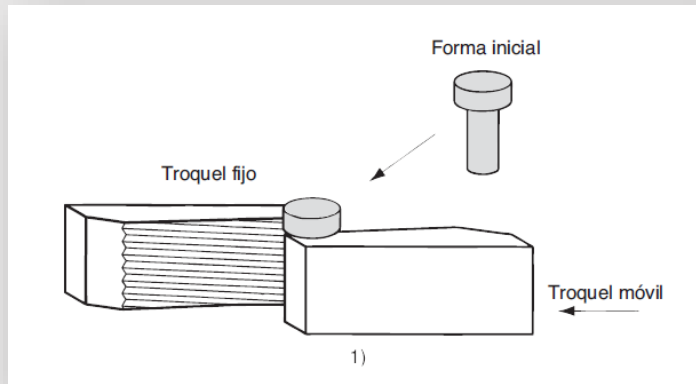
Laminación de bolillas de acero



- (a) Producción de bolas de acero por medio del proceso de laminado oblicuo.
(b) Producción de bolas de acero recalcando una pieza bruta cilíndrica.

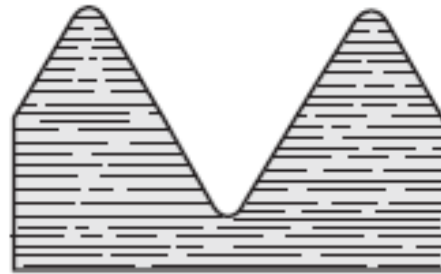
<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Laminación

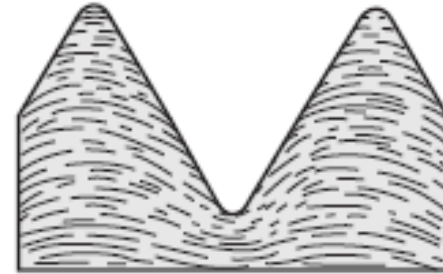


1) Inicio del ciclo y 2) Fin del ciclo.

Laminación



Rosca maquinada



Rosca laminada

Características de una rosca maquinada o laminada.

En el mecanizado los granos del metal se cortan, en tanto que no ocurre si la rosca se procesa por laminado. Así se logra un flujo favorable de los granos y mayor resistencia por el trabajo en frío.

Laminación

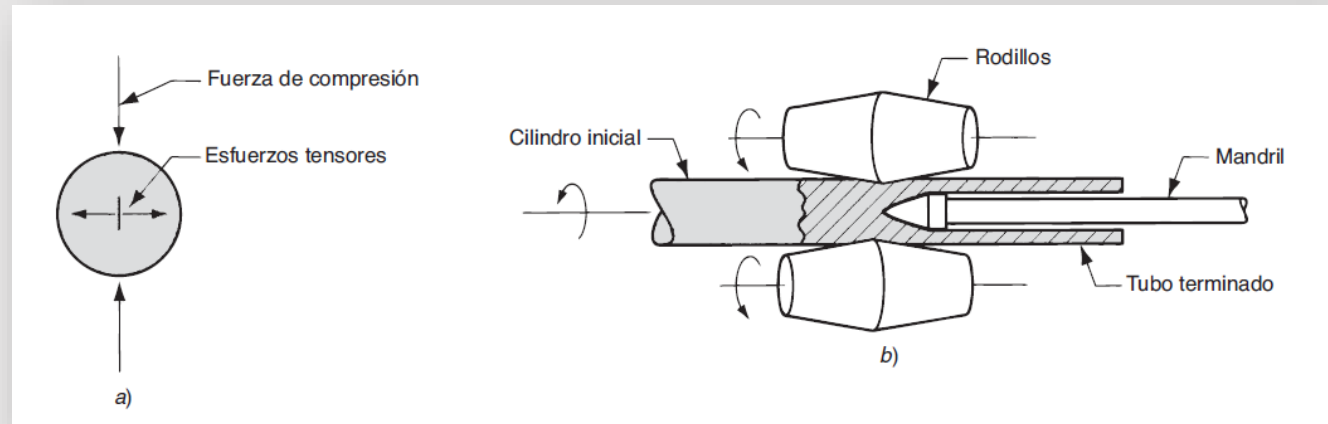
Laminación de roscas. Ventajas

- Elevada velocidad de producción: hasta 8 piezas/s
- Óptima utilización del material
- Roscas más fuertes por endurecimiento del material
- Mayor resistencia a la fatiga por los esfuerzos de compresión durante el laminado.



Laminación

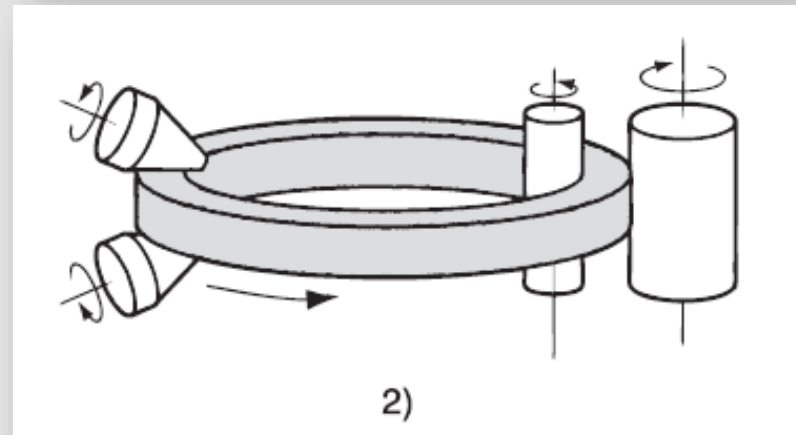
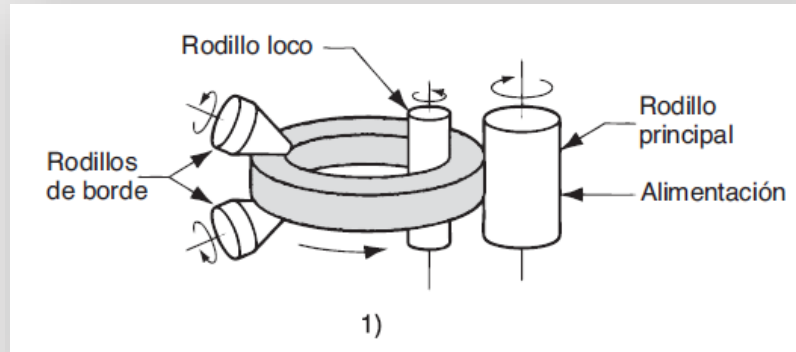
Perforación de barras circulares



- a) Formación de esfuerzos internos y de la cavidad por compresión de la pieza cilíndrica
- b) Disposición del molino de laminación Mannesmann para producir tubo sin costura.

<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Laminación



1) Inicio del proceso y 2) Fin del proceso.

Forja

Características de los procesos de forja

Proceso	Ventajas	Limitaciones
Matriz abierta	Matrices simples y poco costosas; amplia gama de tamaños de partes; buenas características de resistencia; por lo general para cantidades pequeñas.	Limitado a formas simples; es difícil mantener tolerancias cerradas; es necesario maquinado para dar forma final; velocidad de producción baja; utilización relativamente deficiente del material; requiere alto grado de habilidad.
Matriz cerrada	Uso de material relativamente adecuado; por lo general con mejores propiedades que los forjados de matriz abierta; buena precisión dimensional; altas velocidades de producción; buena reproducibilidad.	Alto costo de la matriz, no económico para cantidades pequeñas; con frecuencia es necesario el maquinado.
De precisión	Tolerancias dimensionales cerradas; es posible producir almas muy delgadas y rebordes; generalmente no es necesario el maquinado; muy buena utilización del material.	Fuerzas elevadas de forjado; matrices intrincadas y previsiones para extraer la forja de las matrices.

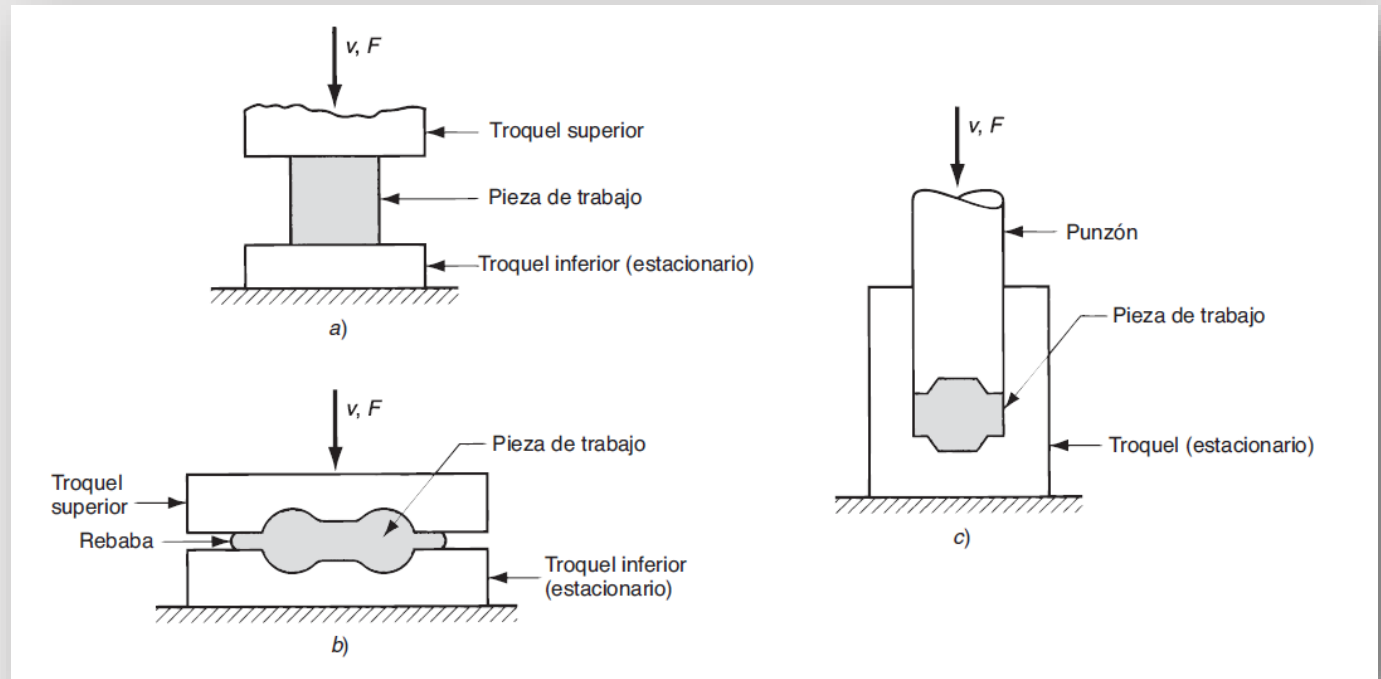
Forja

Ventajas de la forja sobre el mecanizado

- ① Velocidades de producción más altas
- ② Conservación del metal, no hay desbaste
- ③ Mayor resistencia y orientación más favorable de los granos de metal.



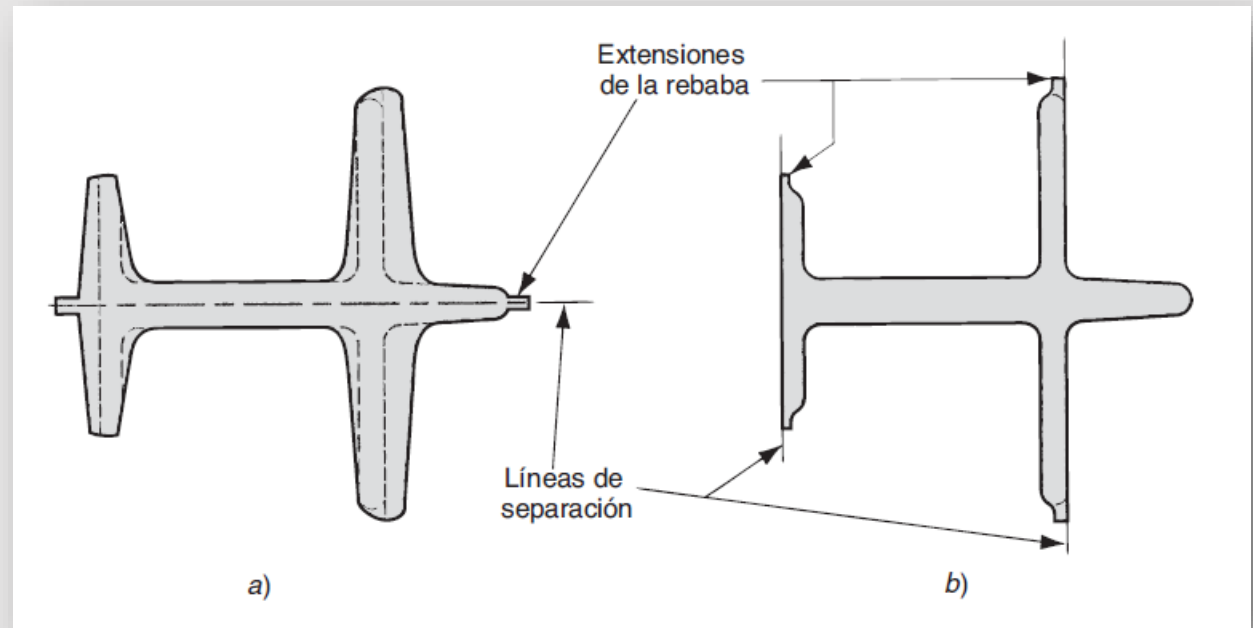
Forja



Tipos de operación de forja

- a) Forja en troquel abierto o "recalcado"
- b) Forja en troquel impresor
- c) Forja sin rebaba.

Forja

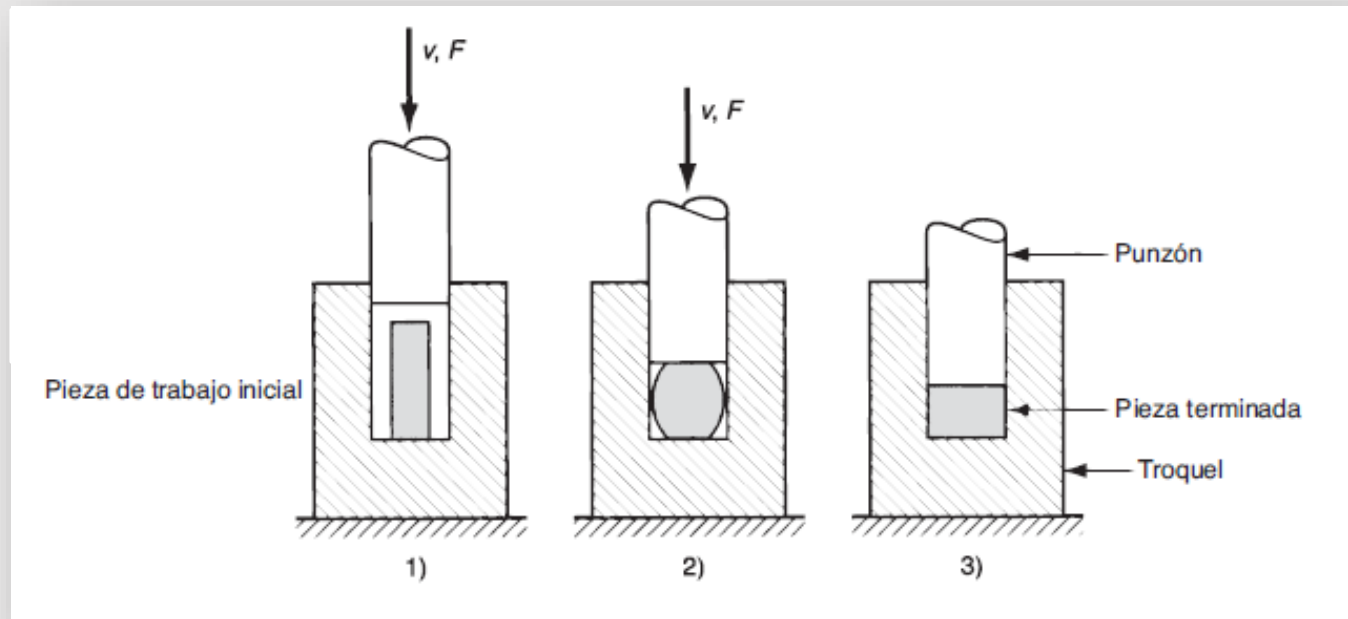


Secciones transversales de forjado convencional y de precisión.

Las líneas punteadas en a indican los requerimientos de maquinado posterior para convertir una pieza de forjado convencional en otra equivalente al forjado de precisión.

Forja

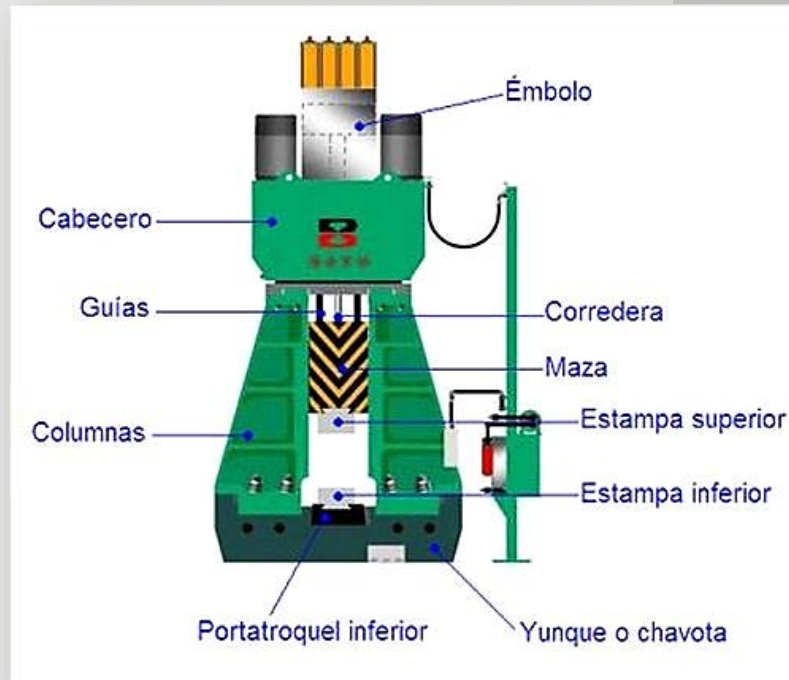
Forja sin rebaba o “de precisión”



- 1) Inmediatamente antes del contacto inicial con la pieza de trabajo,
- 2) Compresión parcial
- 3) Final de la carrera del punzón y cierre del troquel.

Forja

Martinete



Forja

Productos forjados



Forja

Productos forjados

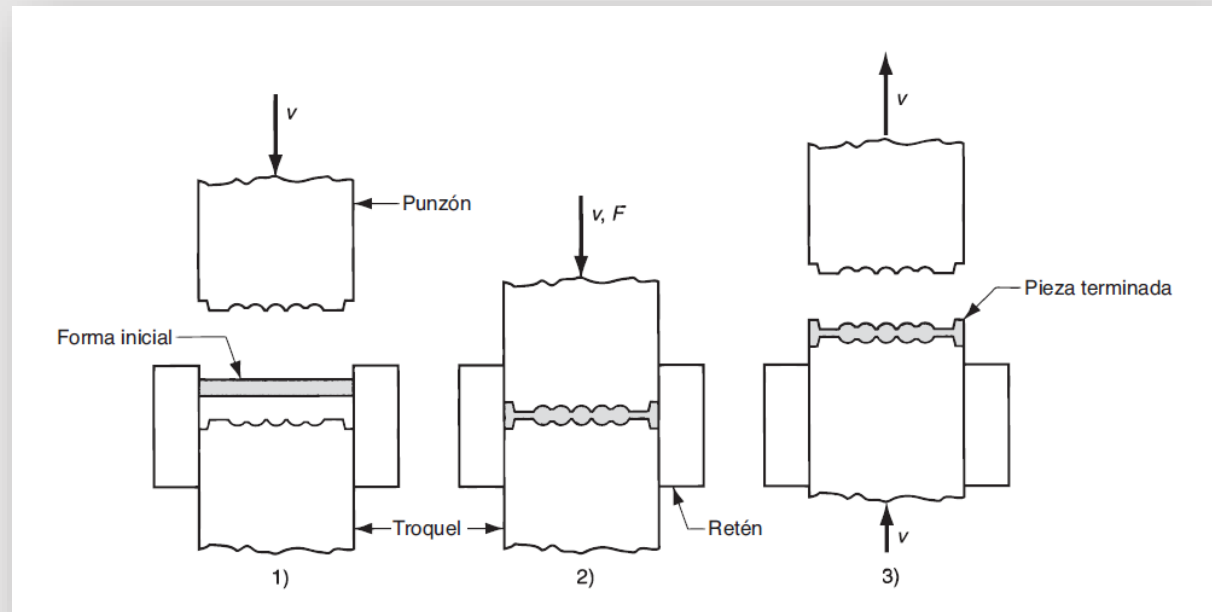


Productos forjados

Forja



Acuñado



Operación de acuñado

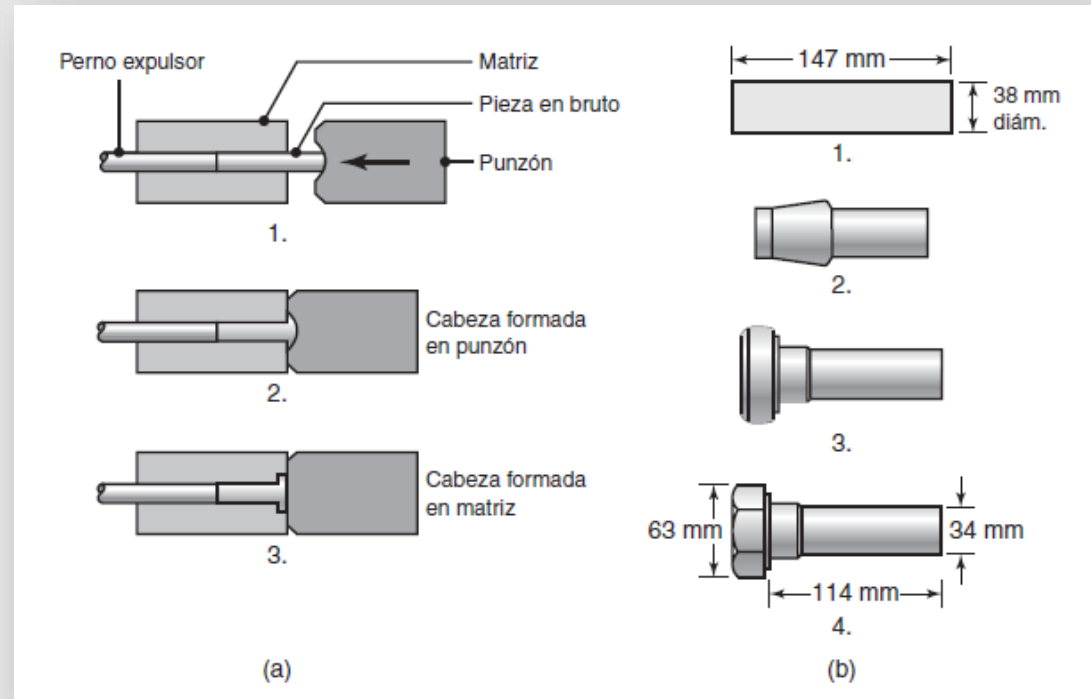
- 1) Inicio del ciclo
- 2) Tiempo de compresión
- 3) Remoción de la pieza terminada.

Productos acuñados

Acuñado



Recalcado



- (a) Operación de cabeceado para formar cabezas en sujetadores, como clavos y remaches.
- (b) Secuencia de operaciones para producir la cabeza de un tornillo común por medio de cabeceado.

Extrusión

Formado por compresión en el cual el metal de trabajo es forzado a fluir por la abertura de una matriz para formar a su sección transversal.

Tipos

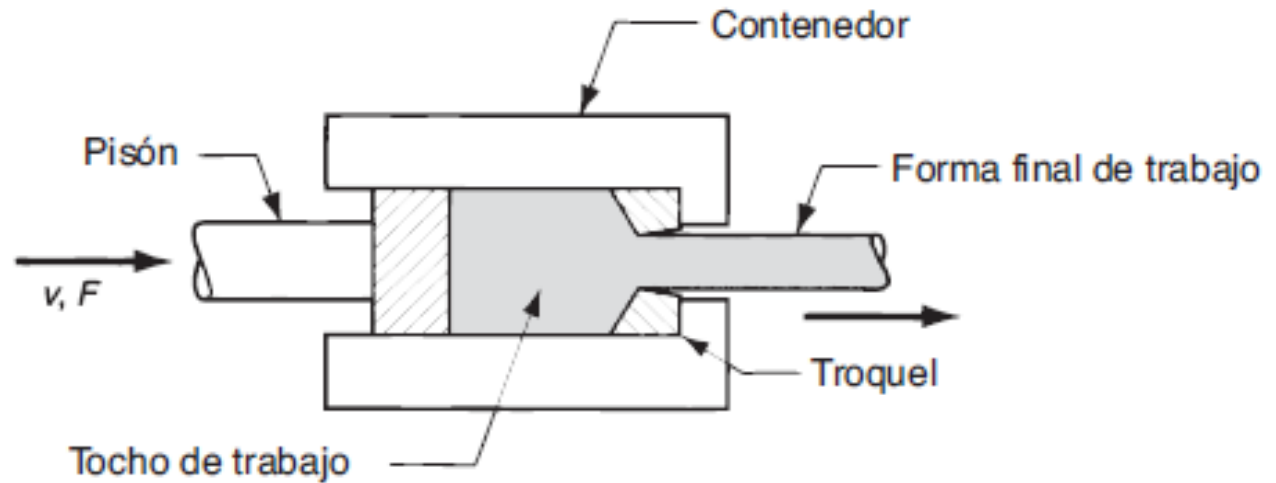
Directa

Indirecta o inversa



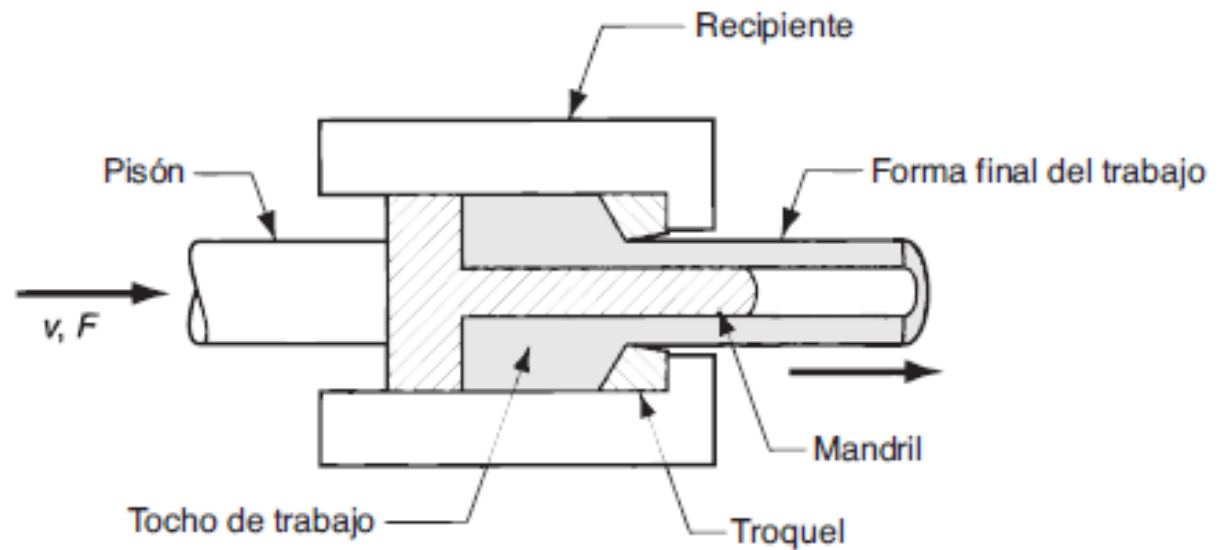
Extrusión

Extrusión directa de forma maciza



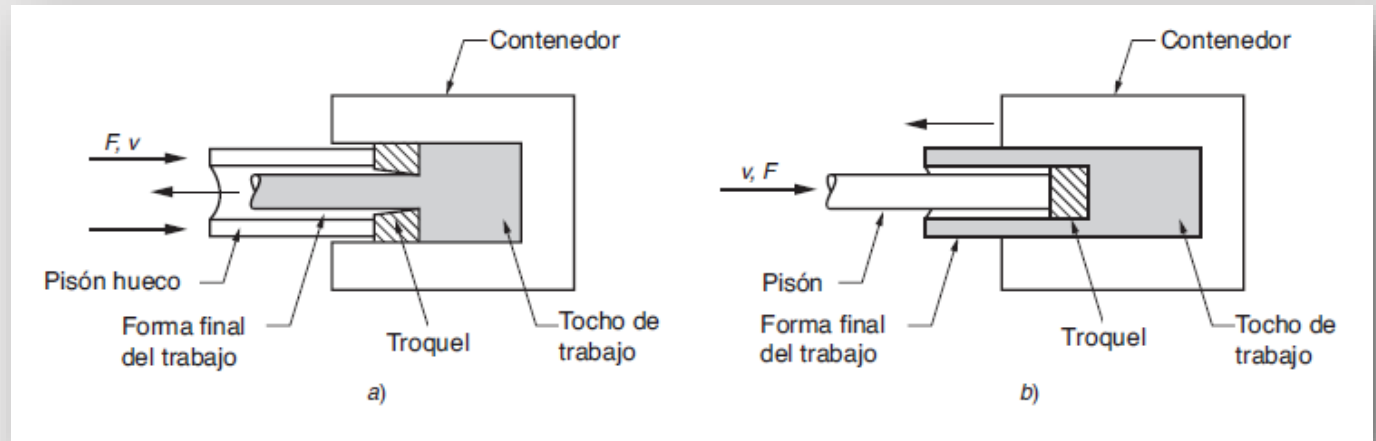
Extrusión

Extrusión directa de forma hueca

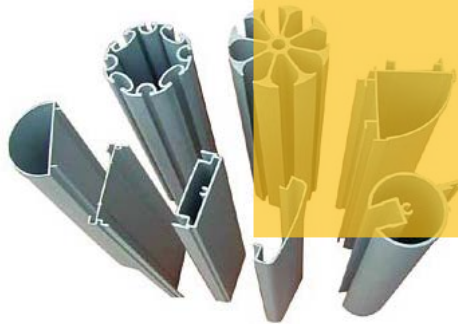


Extrusión

Extrusión indirecta de formas maciza y hueca

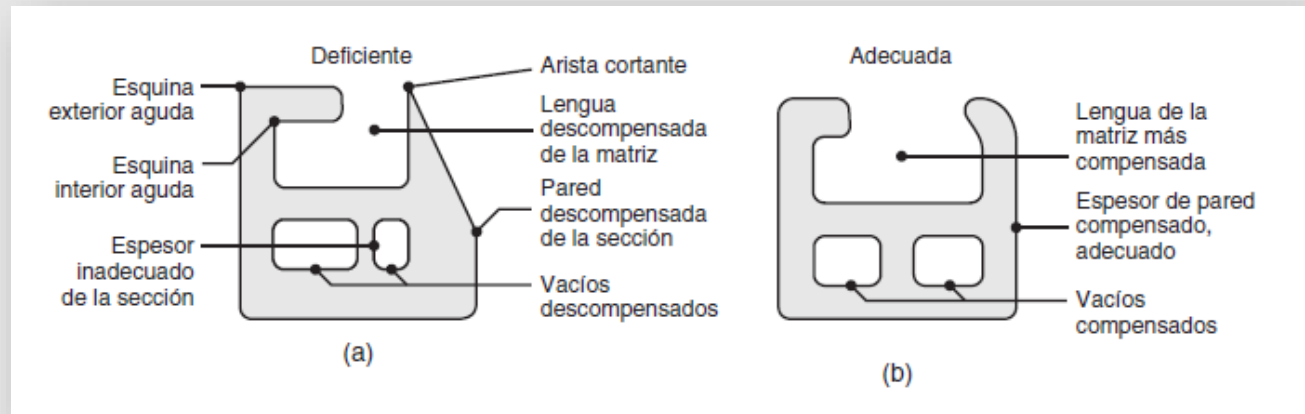


Extrusión Ventajas



- 1) Se puede extruir una gran variedad de formas, especialmente con extrusión en caliente, siempre que la sección transversal sea la misma a lo largo de toda la pieza.
- 2) La estructura del grano y las propiedades de resistencia mejoran con la extrusión en frío o en caliente.
- 3) Son posibles tolerancias muy estrechas, en especial cuando se usa extrusión en frío.
- 4) En algunas operaciones de extrusión se genera poco o ningún material de desperdicio.

Extrusión



Consideraciones para un diseño adecuado del dado

- (a) Sección transversal simétrica
- (b) Evitar esquinas puntiagudas
- (c) Evitar cambios extremos en las dimensiones del dado en la sección transversal.

Laminación



Ventajas del laminado en frío

Mejores propiedades mecánicas por el endurecimiento por trabajo.

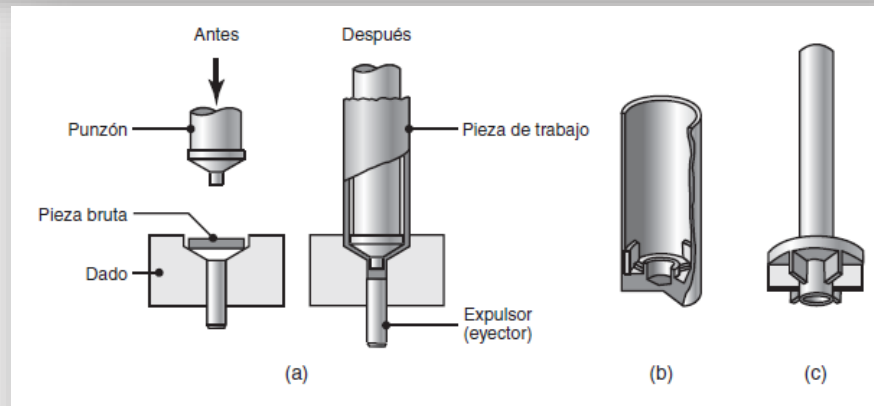
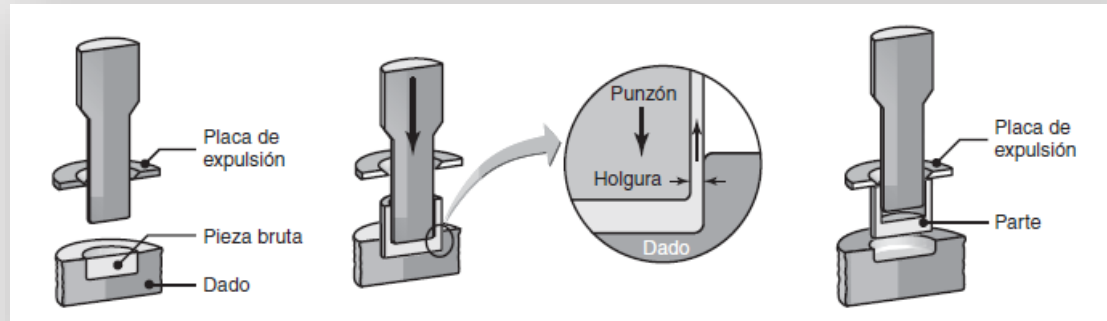
Buen control de las tolerancias dimensionales, reduciendo la necesidad de operaciones de mecanizado o acabado posteriores

Mejor acabado superficial, en parte debido a la falta de una capa de óxido, y siempre que la lubricación sea eficaz.

Velocidades y costos de producción competitivos respecto de otros métodos de producción (hasta más de 2000 partes por hora).

Extrusión

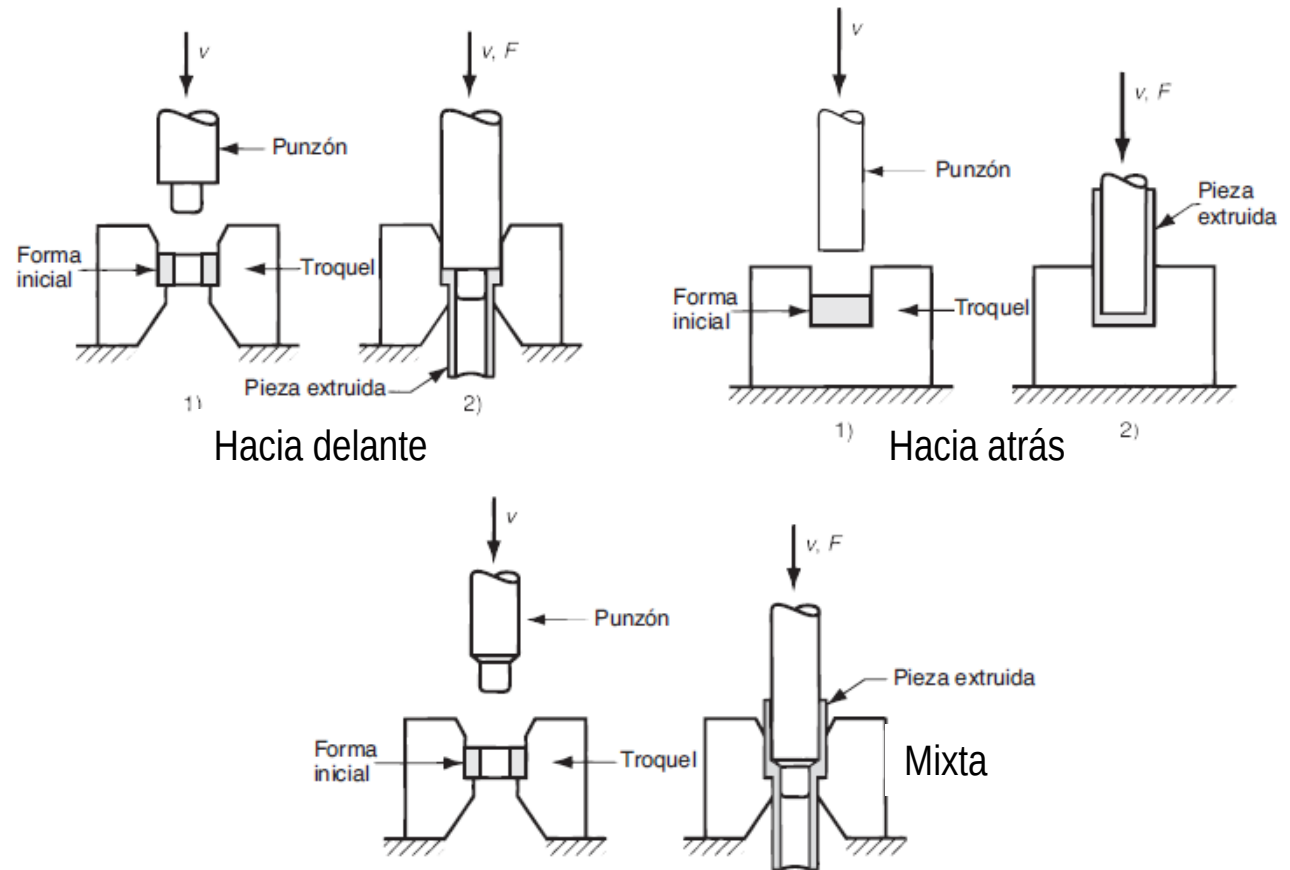
Extrusión por impacto



- (a) Extrusión por impacto de un tubo plegable mediante el proceso *Hooker*.
(b) y (c) Productos fabricados mediante extrusión por impacto.

Extrusión

Extrusión por impacto



<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Extrusión por impacto. Productos

Extrusión



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

fad
FACULTAD DE
ARTES Y DISEÑO

Trefilado (Estirado)



1) Estrecho control dimensional.

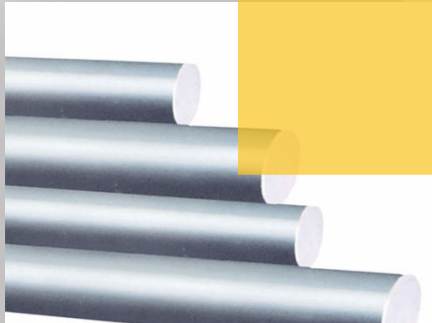
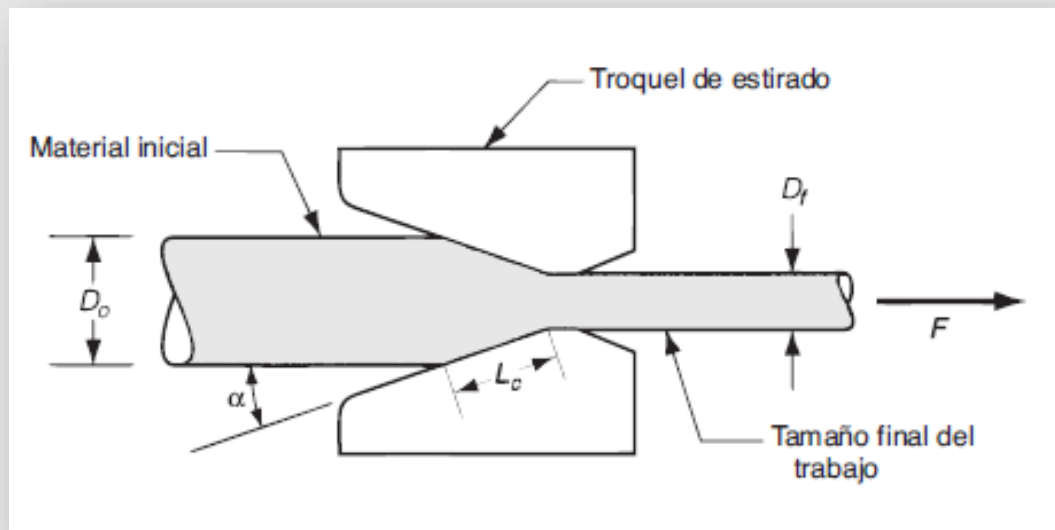
2) Buen acabado de la superficie.

3) Propiedades mecánicas mejoradas, como resistencia y dureza.

4) Adaptabilidad para producción económica en masa o en lotes. Las velocidades de estirado pueden llegar a 50 m/s para alambre muy fino.

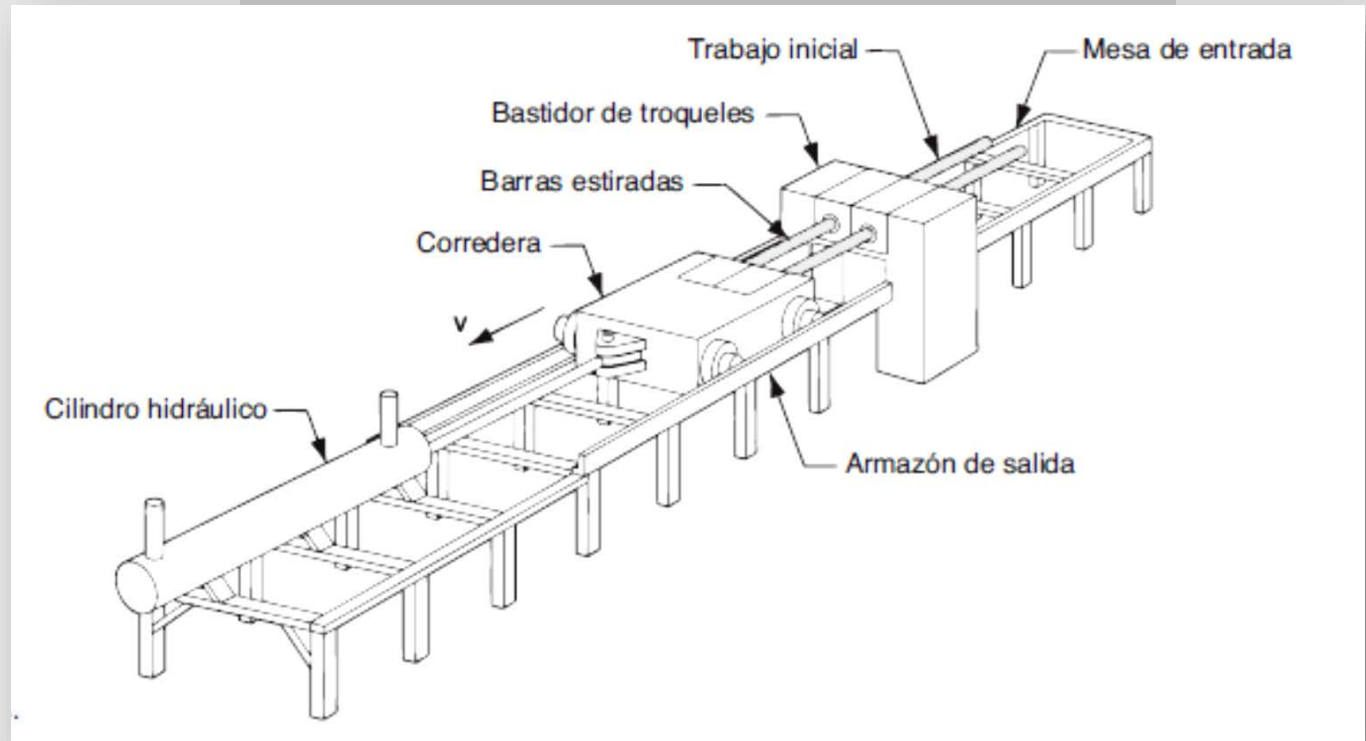
Trefilado (Estirado)

Operación donde la sección transversal de una barra, varilla o alambre se reduce al tirar del material a través de la abertura de un troquel



Trefilado (Estirado)

Instalaciones para trefilación



<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

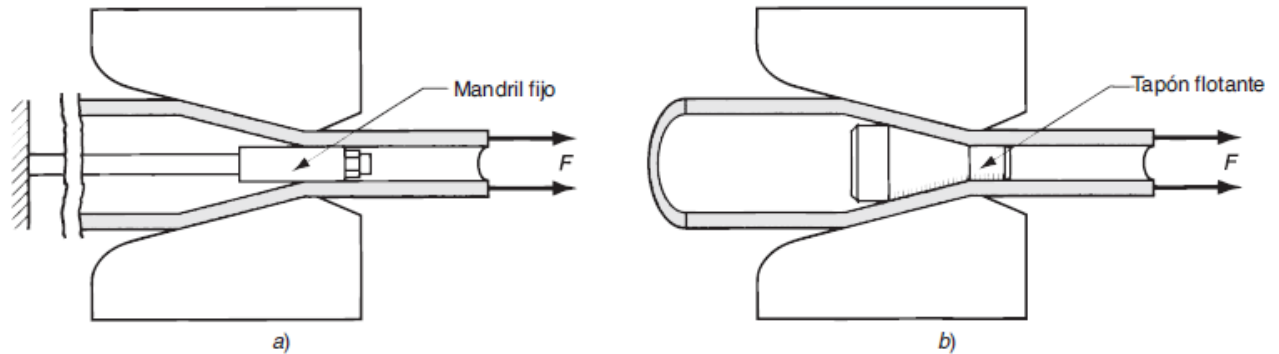
Trefilado (Estirado)

Instalaciones para trefilación



**Trefilado
(Estirado)**

Trefilado de tubos con mandriles

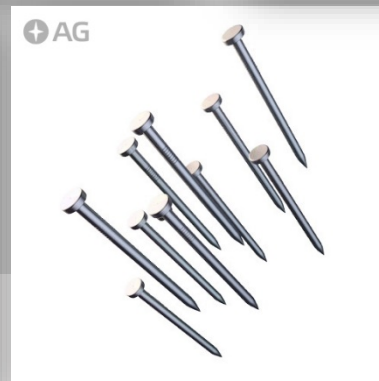
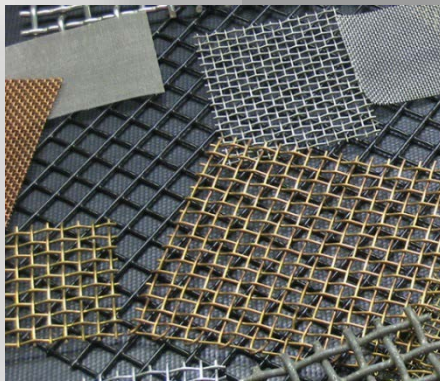


- a) Mandril fijo
- b) Tapón flotante

<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Productos trefilados

Trefilado
(Estirado)



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

fad
FACULTAD DE
ARTES Y DISEÑO

<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Productos trefilados

Trefilado
(Estirado)



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

fad
FACULTAD DE
ARTES Y DISEÑO

<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Trabajo de la chapa metálica



Cizallado



Punzonado



Plegado



Estampado



Embutido



Embutido profundo



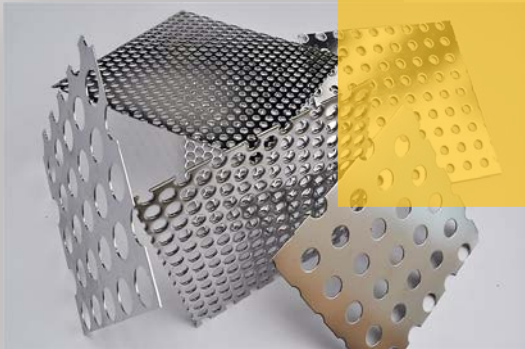
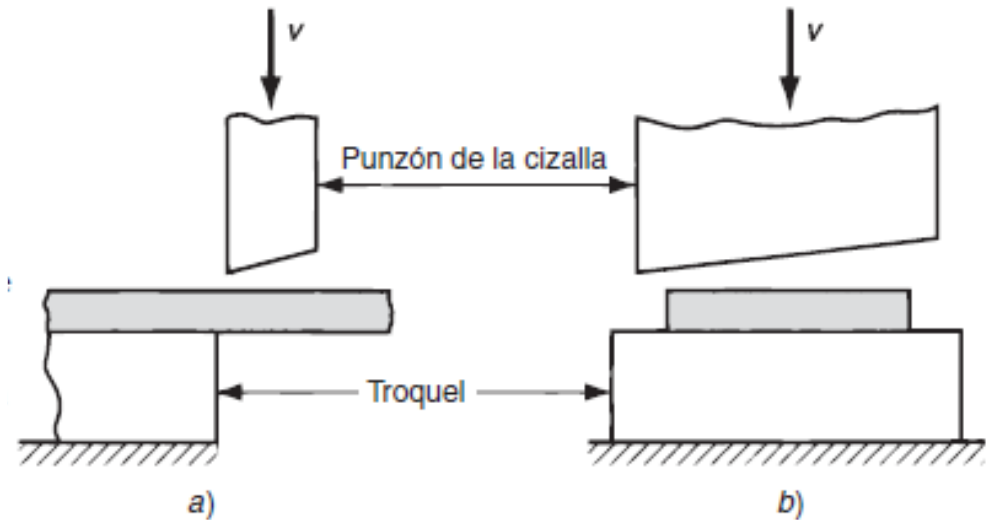
UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

fad
FACULTAD DE
ARTES Y DISEÑO

<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

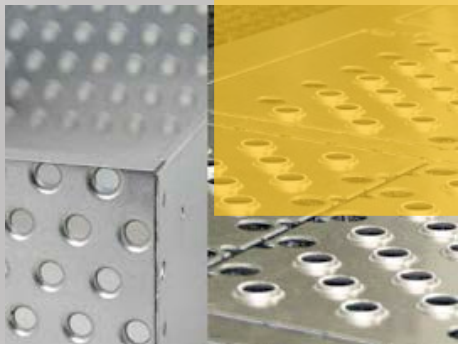
Cizallado

Operación de corte de una lámina de metal a lo largo de una línea recta entre dos bordes de corte.

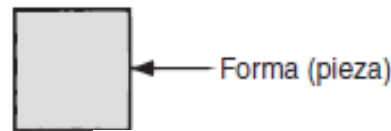
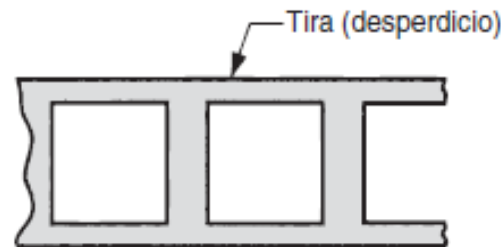


<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

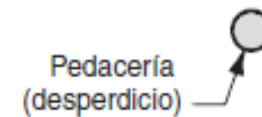
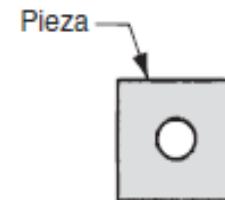
Punzonado y perforado



Corte de una lámina de metal **a lo largo de una línea cerrada** en un solo paso para separar la pieza del material circundante.



Punzonado



Perforado

Trabajo de la chapa metálica

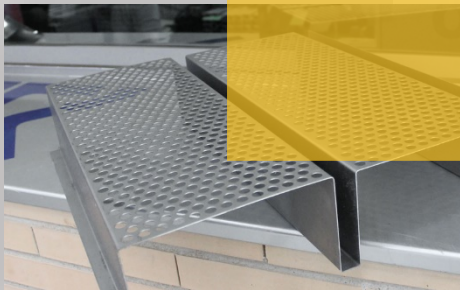
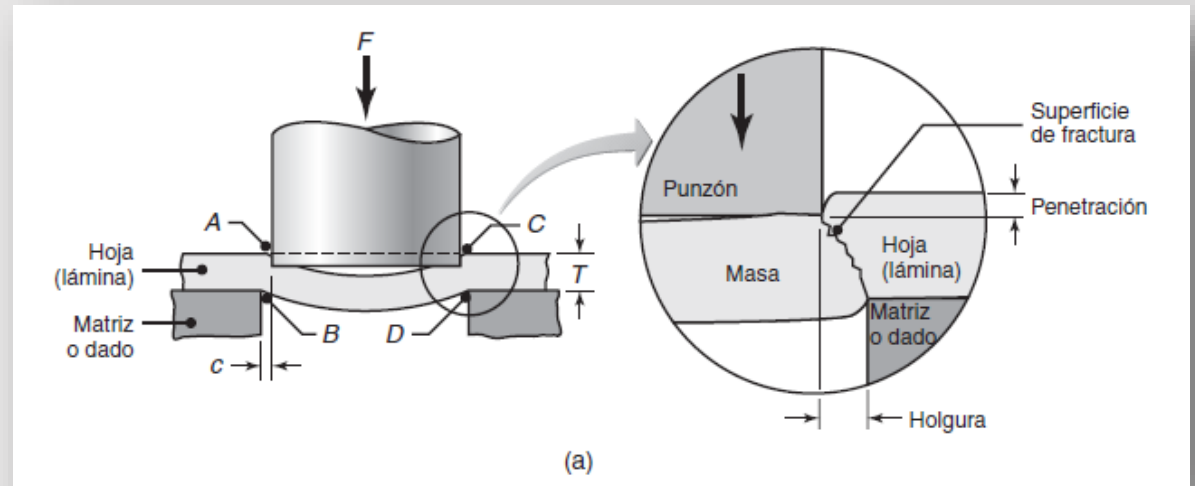


Parámetros a tener en cuenta

- 1) Forma del punzón y de la matriz.
- 2) Velocidad del punzonado.
- 3) Lubricación.
- 4) Holgura entre el punzón y la matriz.

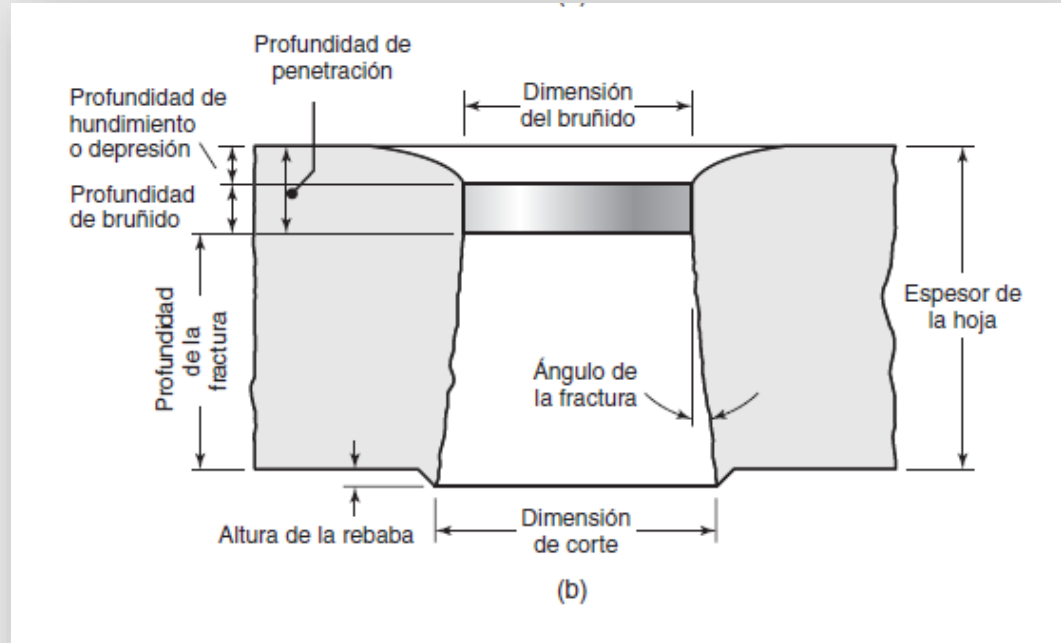
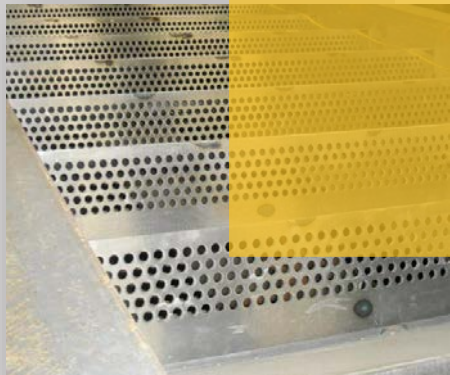
<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Punzonado



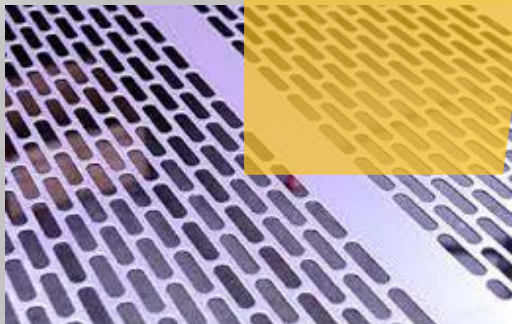
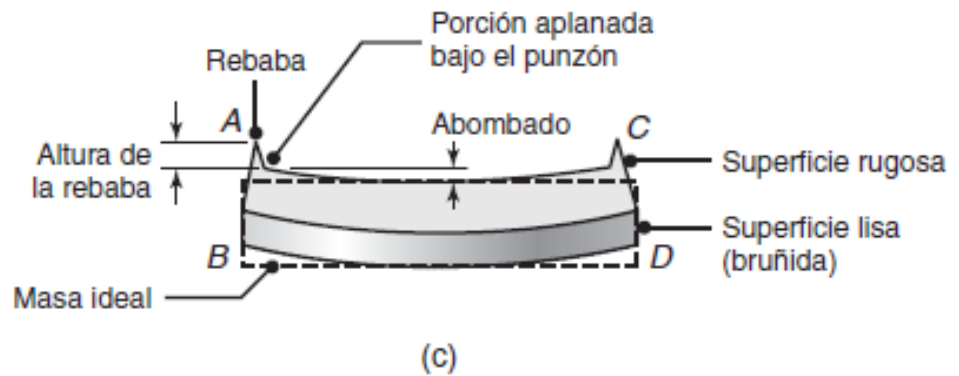
<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Punzonado



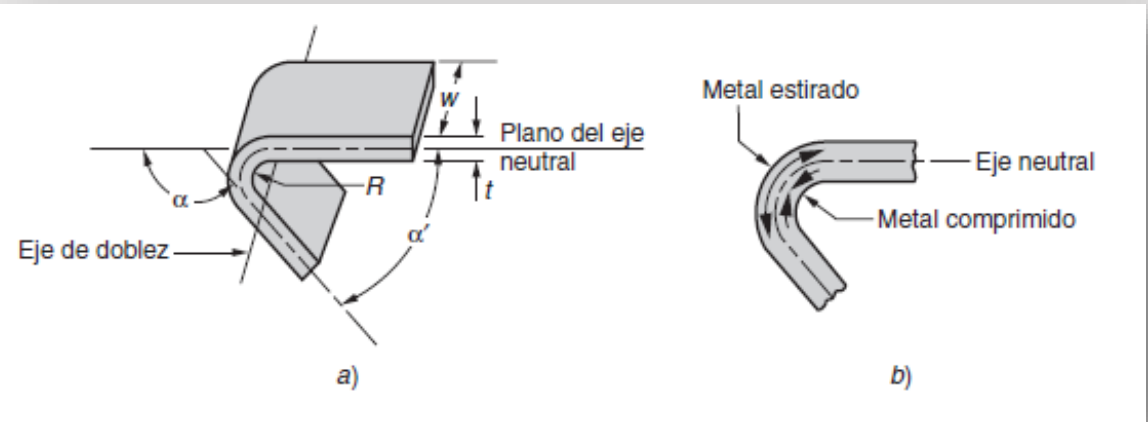
<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Punzonado



Plegado

Deformación del metal alrededor de un eje recto.



a) Plegado de lámina metálica

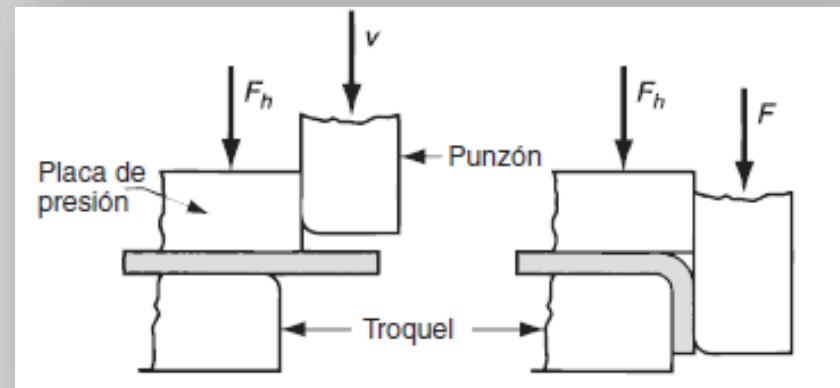
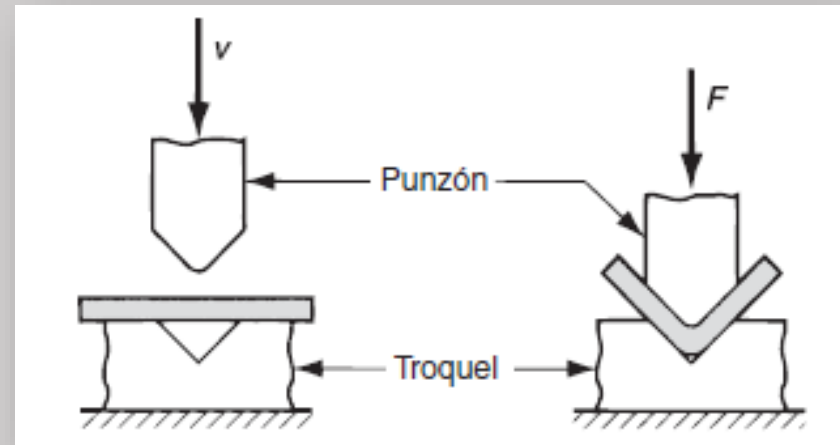
b) En el doblado ocurre elongación a la tracción y a la compresión.



Plegado



Diferentes plegados

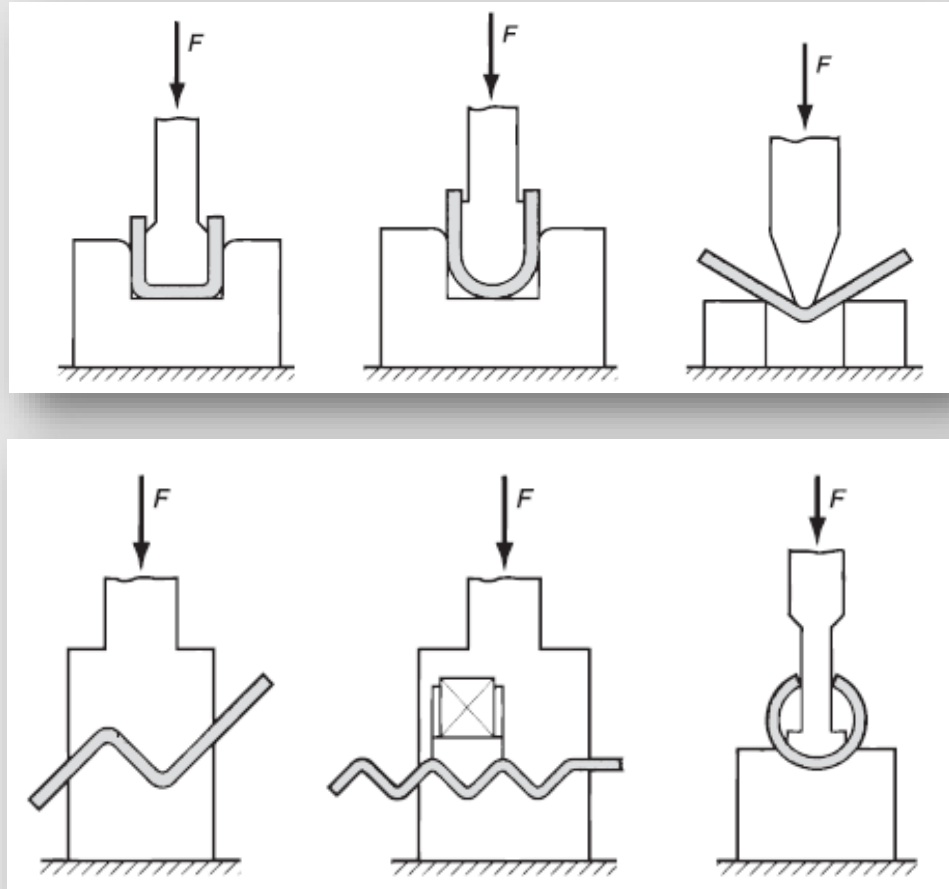


<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Plegado



Diferentes plegados



<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Plegado

Radio mínimo de doblado para diversos metales a temperatura ambiente

Material	Condición	
	Blando	Duro
Aleaciones de aluminio	0	6T
Cobre berilio	0	4T
Latón (con bajo plomo)	0	2T
Magnesio	5T	13T
Aceros		
Acero inoxidable austenítico	0.5T	6T
Bajo carbono, baja aleación y HSLA	0.5T	4T
Titanio	0.7T	3T
Aleaciones de titanio	2.6T	4T

T: espesor de la chapa



<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Productos de chapa plegada

Plegado



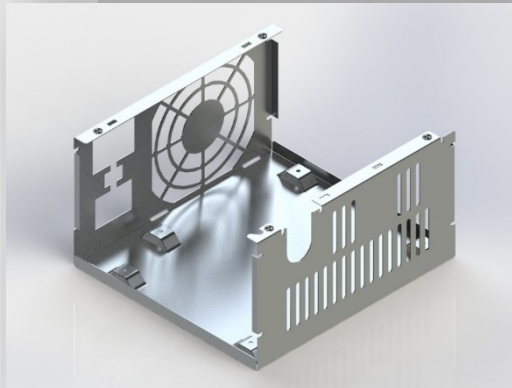
UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

fad
FACULTAD DE
ARTES Y DISEÑO

<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Productos de chapa plegada

Plegado



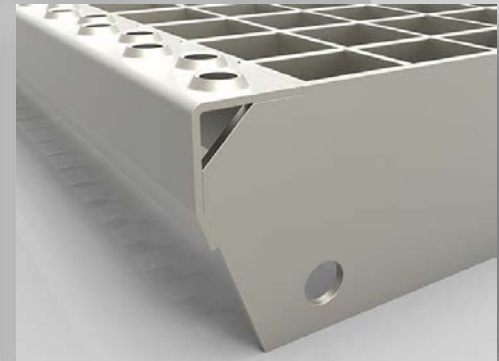
UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

fad
FACULTAD DE
ARTES Y DISEÑO

<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Productos de chapa plegada

Plegado



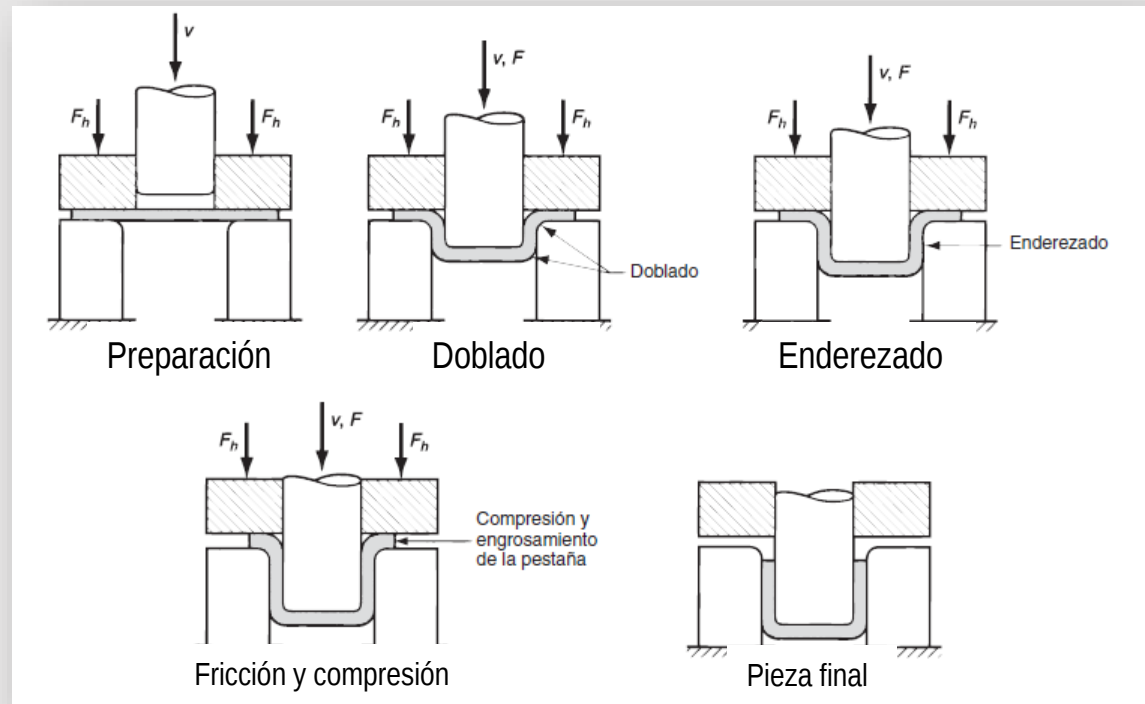
UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

fad
FACULTAD DE
ARTES Y DISEÑO

<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

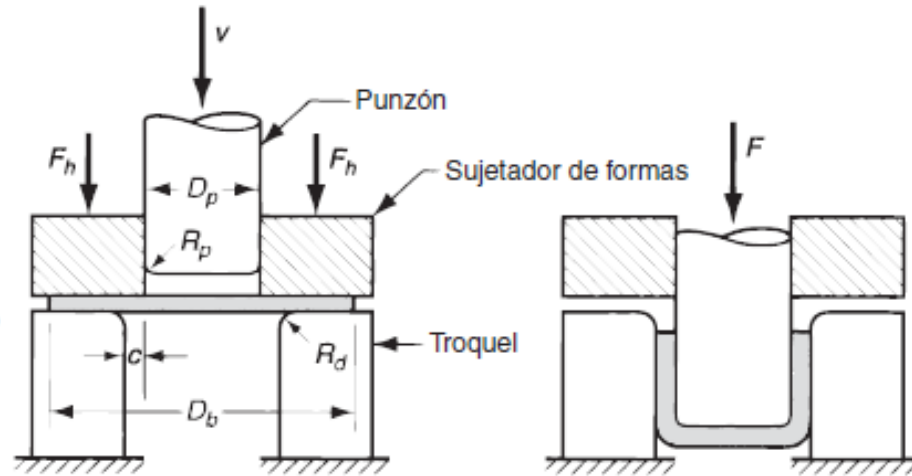
Embutido (Estampado)

Operación de conformación a partir una lámina de metal empujada por un punzón sobre la cavidad de un troquel.

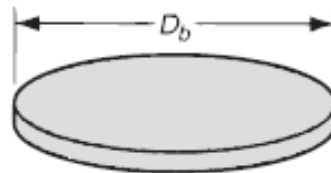


<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Embutido



Proceso

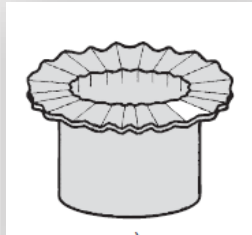


Pieza inicial



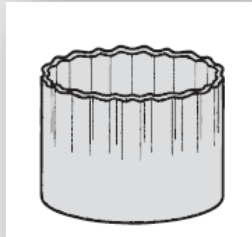
Pieza final

Embutido Defectos comunes



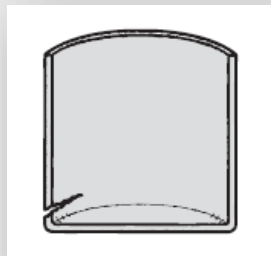
Arrugamiento en la brida o pestaña

Pliegues radiales en la brida no embutida de la pieza de trabajo, debido al pandeo por compresión.



Arrugamiento en la pared

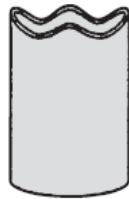
Si la brida arrugada se embute en el cilindro, estos pliegues aparecen en la pared vertical del cilindro.



Desgarramiento

Grieta en la pared vertical, cerca de la base de la copa embutida, por altos esfuerzos a la tensión que causan adelgazamiento y rotura del metal en esta región.

Embutido Defectos comunes



Orejeado

Irregularidades en el borde superior de la pieza embutida, por anisotropía en la lámina de metal.

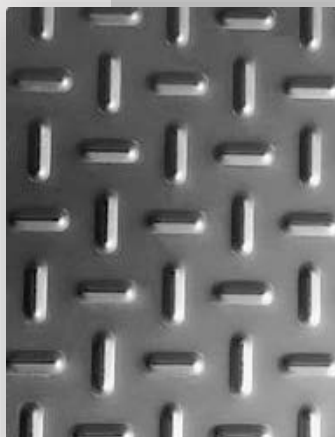
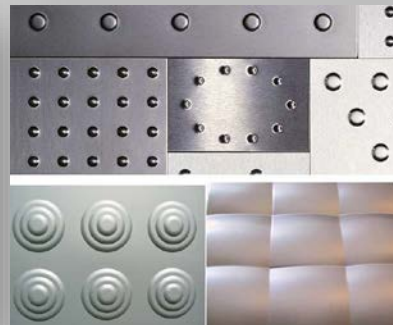


Rayados superficiales

Rayaduras en la superficie de la pieza embutida si el punzón y el troquel no son lisos o si la lubricación es insuficiente.

<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Embutido



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

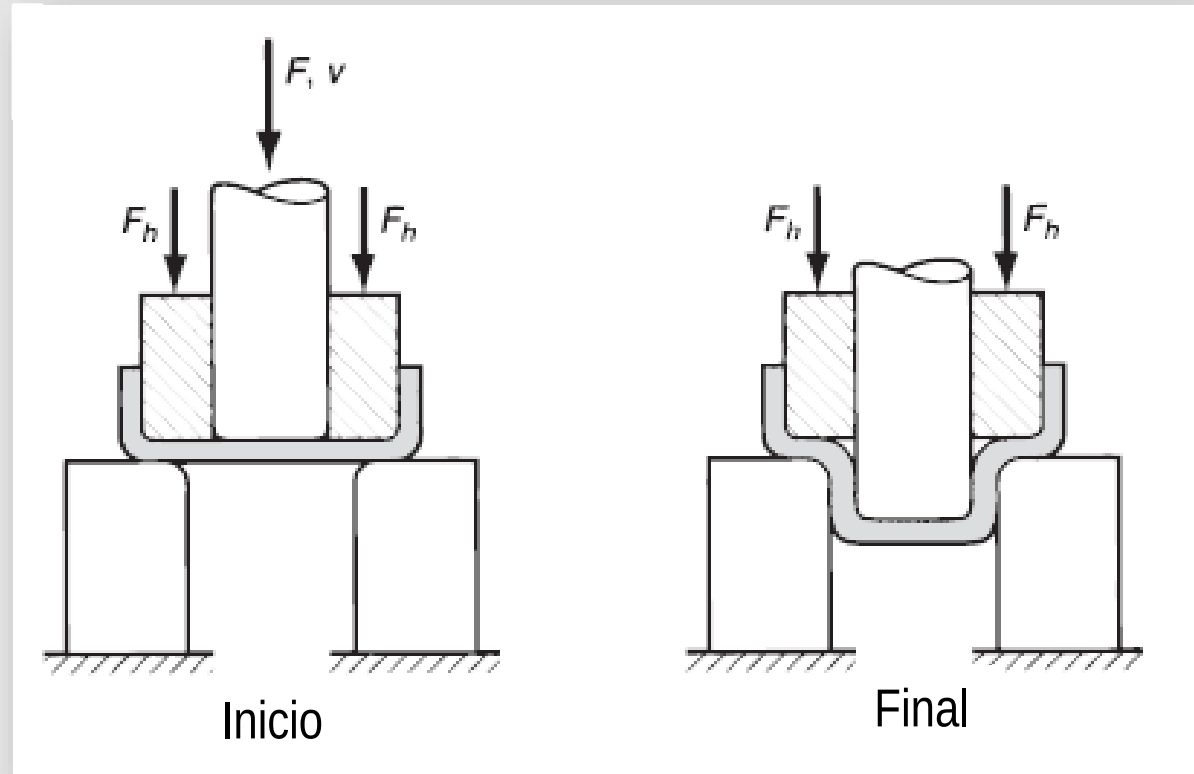
fad
FACULTAD DE
ARTES Y DISEÑO

<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Embutido

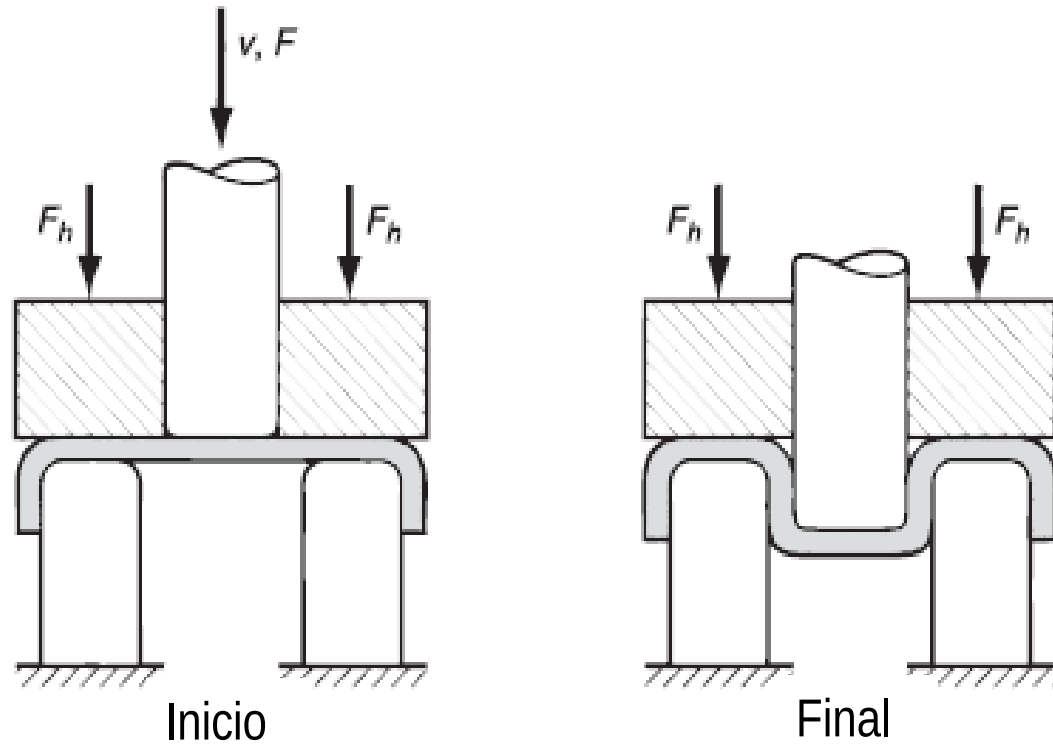


Reembutido



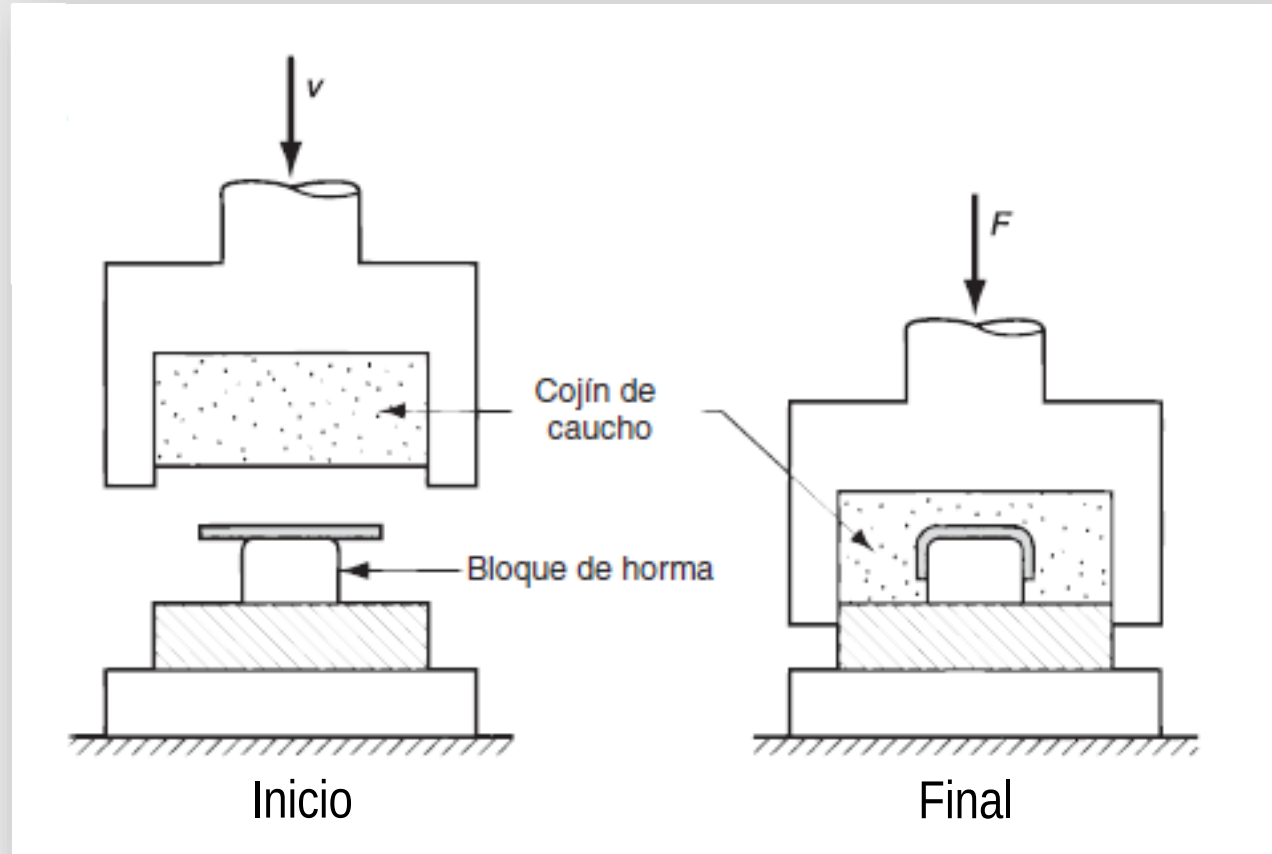
<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Embutido inverso



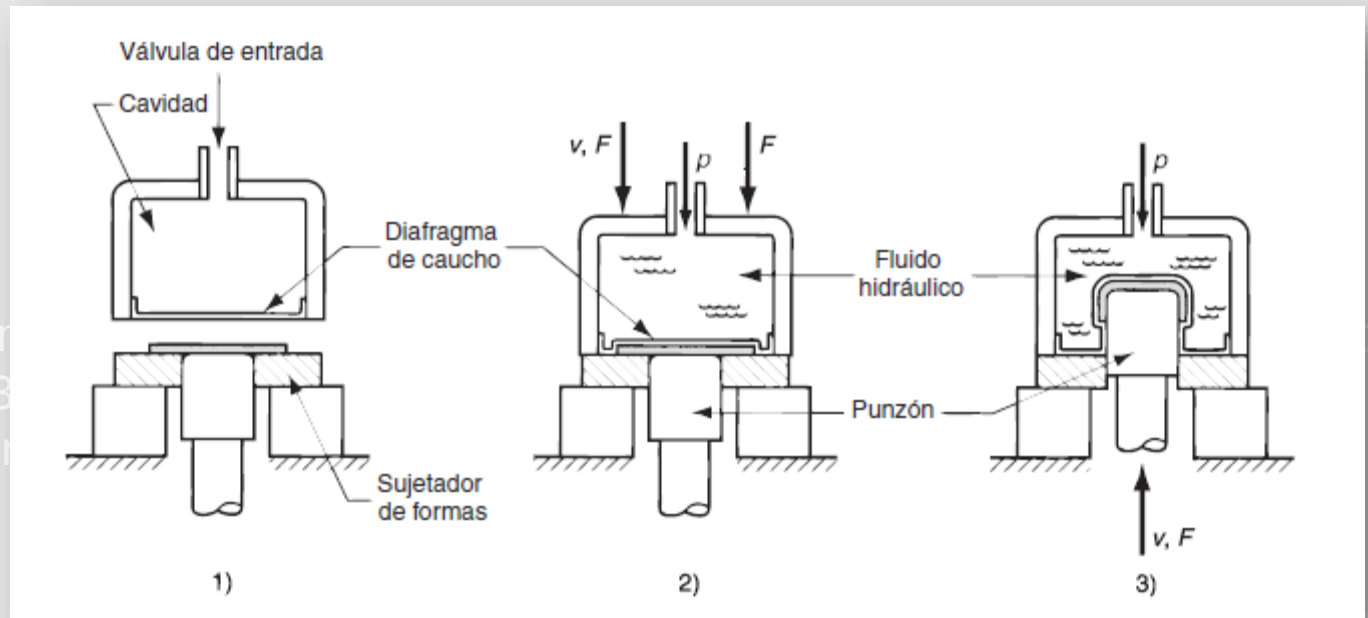
<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Embutido
con punzón
de goma
(Guerin)



<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

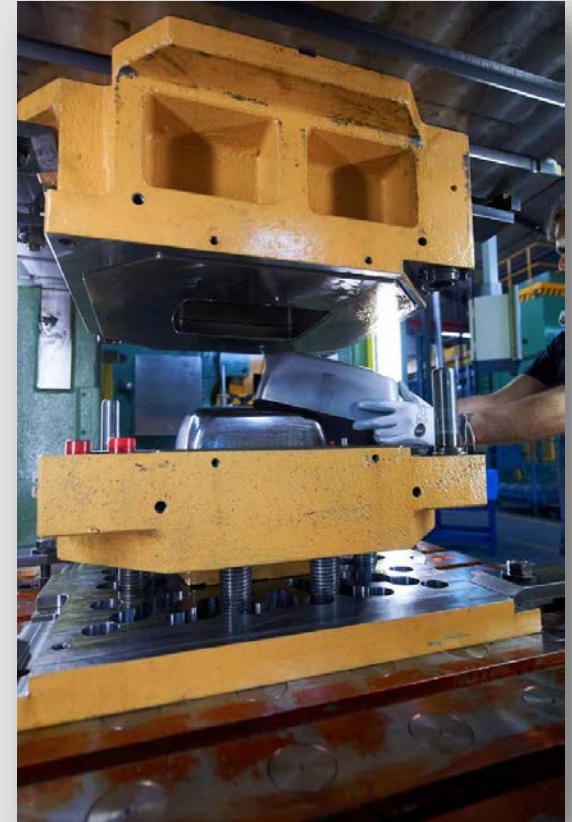
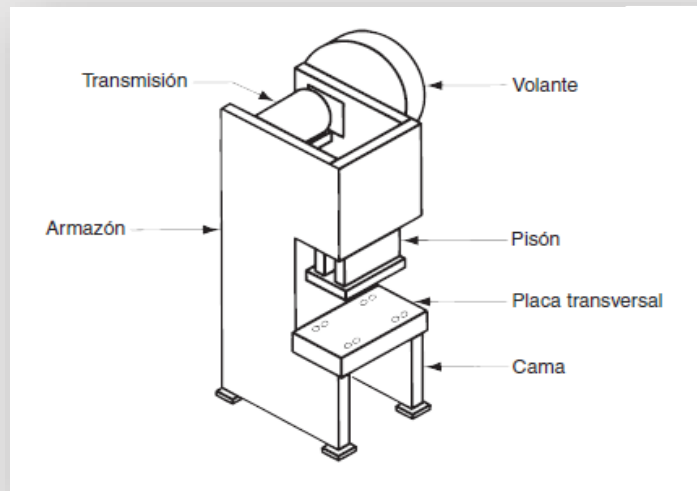
Embutido con punzón de goma (Hydroform)



- 1) Posición inicial, no hay fluido en la cavidad
- 2) Prensa cerrada, cavidad con fluido a presión
- 3) Punzón presionando para conformar la pieza

<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Prensa para embutido



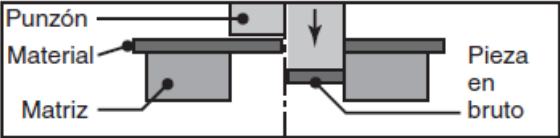
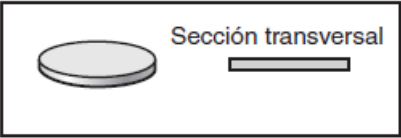
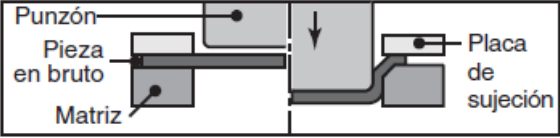
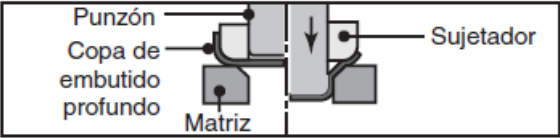
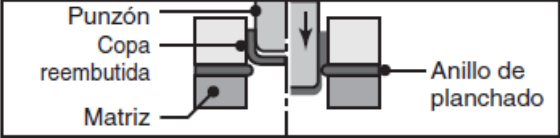
<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Reembutado



Conformación de metales

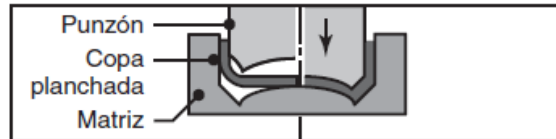
Productos de chapa embutida: envases

Proceso	Ilustración del proceso	Resultado
1. Troquelado		
2. Embutido profundo		
3. Reembutido		
4. Planchado		

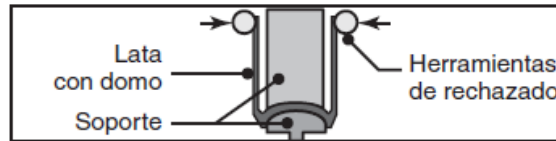
Conformación de metales

Productos de chapa embutida: envases

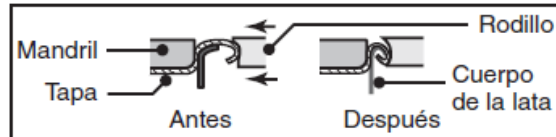
5. Fabricación
de domos



6. Fabricación
de cuellos



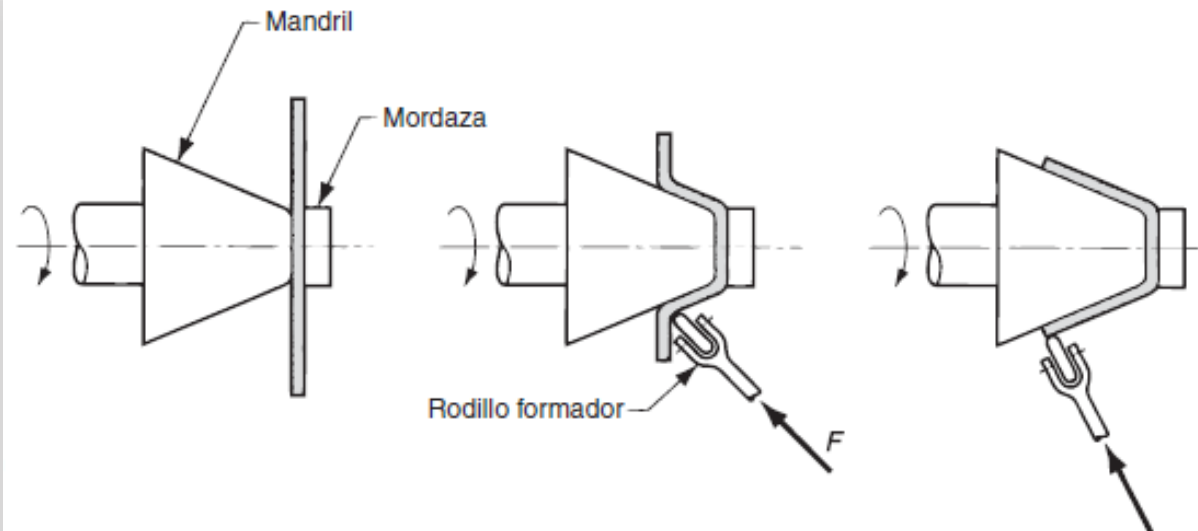
7. Costura



<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Embutido al torno

Conformación de piezas de simetría axial sobre una horma mediante una herramienta roma o rodillo, con presión muy localizada, por medio de movimientos axiales o radiales sobre la superficie del material.



<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Embutido
al torno



<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Embutido
al torno

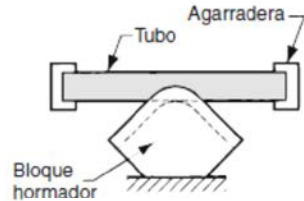


UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

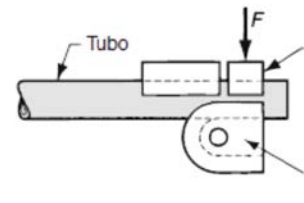
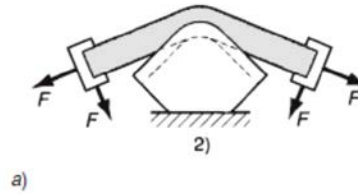
fad
FACULTAD DE
ARTES Y DISEÑO

<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

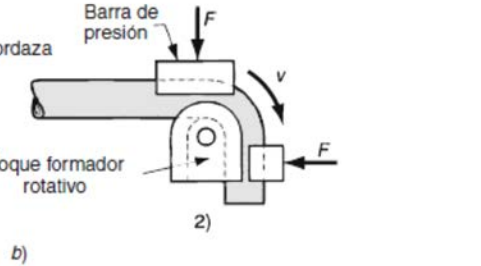
Curvado de caños



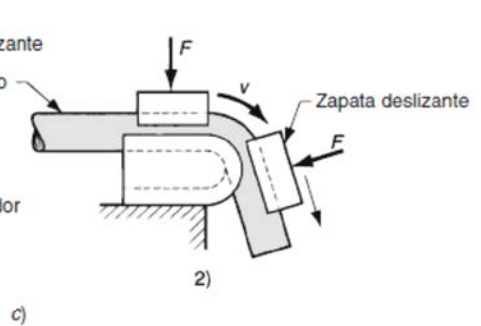
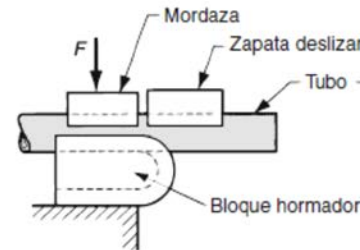
Por estirado



Por arrastre



Por compresión



<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Curvado
de caños



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

fad
FACULTAD DE
ARTES Y DISEÑO

<< Metales. Conformación en frío y en caliente >>

Curvado
de caños



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

fad
FACULTAD DE
ARTES Y DISEÑO

Cátedra Materiales y Procesos II
Carrera de Diseño Industrial – 3° año
Ciclo lectivo 2020

Profesor Titular:
Mgter. Roberto Tomassiello

JTP
Ing. Osvaldo Ortíz

