



Manual de Prácticas

Secretaría/División:
INGENIERIA MECÁNICA E INDUSTRIAL
(DIMEI)

Área/Departamento:
MATERIALES Y MANUFACTURA

FUNDICIÓN EN: ARENA y MODELO EVAPORABLE

N° de práctica: 1

Nombre completo del alumno		Firma
N° de cuenta:	Fecha de elaboración:	Grupo:

Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:	Vigente desde:



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:

1. Objetivo

Que el alumno conozca la metodología práctica para realizar la fundición en molde de arena en verde, y por modelo evaporable para la obtención de piezas, resaltando las ventajas y desventajas de los procesos.

2. Introducción

La utilización de los metales, marca dentro de la historia de nuestro planeta una etapa tan decisiva como los más sensacionales descubrimientos de nuestro moderno mundo contemporáneo; sin equivocación, ella llegó a ser la piedra angular del desarrollo actual. Su importancia es tal, que los sabios e historiadores no pudieron definir mejor las fronteras de las épocas o eras, que con palabras alusivas: edad de bronce o edad de piedra. El abandono del uso de la piedra como materia prima natural y la búsqueda de mejores materiales, debía satisfacer la necesidad de fabricar herramientas y armas que al hombre de entonces, le permitiera sobrevivir en un medio donde la competencia con los animales de la época era totalmente desventajosa, sin contar con las rigurosas condiciones de desenvolvimiento habitacional. Todo ello forzó la búsqueda de materiales y procesos para conformar metales, que se descubrirían al finalizar la edad de piedra, dando paso al nacimiento de la metalurgia. La fundición de metales es una tecnología prehistórica, pero que aparece recientemente en los registros de la arqueología. Nació cuando los antiguos usaron las tecnologías del fuego, llamadas piro tecnologías las cuales proveyeron las bases del desarrollo de la fundición. Se usó el calor para lograr hierro esponjoso y el barro quemado para producir cerámica.

El proceso para producir piezas u objetos útiles mediante la transformación de los metales, se conoce como proceso de fundición. La fecha exacta del inicio de la fundición como proceso no se conoce. Todo parece indicar que el hierro fue descubierto bajo el mandato del emperador chino FOU-HI aproximadamente en el año 5.000 A.C. Este proceso se ha practicado desde el año 2000 A.C. y durante



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:

su desarrollo se ha diversificado teniéndose varias alternativas y/o diversos procesos de fundición.

El proceso, consiste en el diseño de un modelo con la forma que se desea obtener (regularmente de yeso, madera, acero), posteriormente fabricar un molde con la forma del modelo, utilizando una mezcla de arena sálica, bentonita como aglutinante y agua, así como el modelo de la pieza que se desea fabricar para finalmente llenar ese molde con el material o mezcla fundida (cobre, acero, aluminio, etc.) y esperar a que solidifique, adquiriendo así la forma del molde.

Para lograr la producción de una pieza fundida es necesario hacer las siguientes actividades:

- Diseño de modelos.
- Preparación de los materiales para los modelos.
- Fabricación de los modelos.
- Preparación de la mezcla de moldeo.
- Elaboración del molde.
- Vaciado o colado del metal fundido.
- Enfriamiento de la pieza dentro del molde.
- Extracción de la pieza.
- Limpieza y terminación de la pieza.
- Obtención de lingotes del material de moldeo.



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:

❖ Marco teórico

EL MODELO

Un modelo, podría definirse como una reproducción de la pieza que se desea obtener con todas sus medidas y detalles ya que a través del modelo es que se fabricará la pieza resultante.



EL MOLDE

El material utilizado para el moldeo, es la arena sílica, con la cual se obtienen buenos resultados de las piezas obtenidas por fundición. Las arenas de moldeo deben ser compactas, lo suficientemente plásticas para copiar las huellas de los modelos y muy porosas a fin de que su permeabilidad permita el paso de los gases.

En el moldeo de piezas por este proceso, se maneja el trabajo del moldeo del **Macho** (también conocido como corazón) cuya finalidad es obtener un espacio hueco de acuerdo a la forma del corazón en la pieza final obtenida.

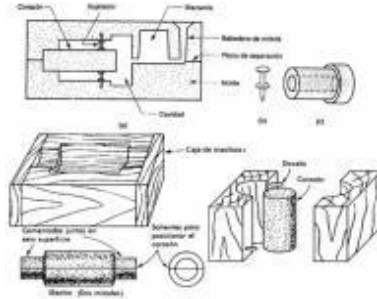
Para su elaboración, se utiliza una cantidad de arena de sílice (CO_2) y se le agrega silicato de sodio ($Na_2 SiO_3$) en una proporción del 4 al 6 % y se mezcla por unos 3 minutos. Se recubre la caja de macho hasta llenarla completamente, se hace una perforación a través de la masa arenosa para inyectar CO_2 con el fin de endurecer el molde, obteniendo así un cuerpo rígido y permeable. Así se obtiene el macho de la pieza.



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:



A continuación se describe el proceso de moldeo paso a paso:

- Se elige la caja de moldeo, adecuada al modelo.
- La parte inferior de ésta se coloca en forma invertida sobre un tablero para moldear.
- Sobre el tablero se coloca el modelo en posición adecuada, para dejar un espacio para la colada.
- Se recubre luego con arena fina de moldear, la zona en contacto con la pieza, con la ayuda del tamiz.
- Luego se llena el resto de la caja con arena gruesa de moldear, apisonándose firmemente con todos los pisones adecuados (el plano, el esquinero, etc.), hasta llegar a la última capa.
- El exceso de arena se quita con la regla rasera y se alisa la superficie.
- Se invierte la caja inferior.
- Se alisa la superficie usando la espátula plana, afirmando la arena por los alrededores del modelo.
- Se coloca el tubo del bebedero y los canales de distribución.
- Finalmente se coloca arena cernida en la superficie para evitar que las dos superficies se unan.
- Se coloca luego la caja superior.
- Se cubre la parte superior con arena fina, con la ayuda del tamiz.
- Se volverá a colocar arena gruesa y se apisonó firmemente.
- Se alisa la superficie.
- Se extraen los tubos de bebedero y los canales de entrada y distribución.
- Se humedecen los bordes del bebedero y se alisan.
- Se extrae el modelo cuidadosamente y se utiliza el soplador para limpiar los granos de arena sueltos.
- Se coloca el macho en la portada de macho.
- Se unen las dos cajas suavemente, para evitar que se desmorone el molde y se caiga la arena. Luego se procede a realizar la colada.

Para la realización de la pieza, el molde utilizado es no reutilizable ya que entre las propiedades de este tipo de molde se destruye al realizar el desmoldeo de la pieza obtenida.



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:

❖ Conceptos clave

Fundamentos para hacer piezas fundidas en arena:

1. Diseño de la pieza fundida.

El proyectista al diseñar una maquina debe darle un cuerpo resistente y duradero, debe realizar los diseños del conjunto y los detalles de cada pieza debidamente acotados, por tanto, el proyectista debe conocer la tecnología de la fundición, con el objetivo de diseñar una pieza de bajo costo, buen acabado superficial, y el método adecuado de fundición, etc. Para esto debe existir una estrecha colaboración entre el proyectista, el modelista y el fundidor.

2. Preparación de las arenas de fundición.

Consiste en preparar la arena de fundición, añadiéndole materiales adecuados para que adquiriera las propiedades convenientes como son: permeabilidad, cohesión, dureza, refractariedad, etc. Las arenas de fundición están constituidas por tres componentes básicos:

Sílice	: de 80% a 90%
Arcilla	: de 10% a 15%
Agua	: de 5 a 7%

3. Construcción del modelo.

Consiste en fabricar el modelo, que puede ser de madera o de metal, generalmente los modelos de madera se hacen en dos partes con la finalidad de facilitar su extracción de las cajas de moldeo. Al hacer el modelo se debe tener en cuenta el sistema de molde a utilizar, el grado de contracción del metal a fundir, los espesores de mecanizados, y si la pieza debe llevar algún agujero interior, el modelista también construirá su respectiva “caja de machos”.



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:

4. El moldeo.

Lo realiza el moldeador en las cajas de moldeo, y consiste en reparar el molde (forma vacía), o reproducción en negativo de la forma de la pieza. En los moldes transitorios de arena, consiste en comprimir arena de fundición alrededor del molde colocado en el interior de una caja, extraer el modelo, asentar en su sitio los machos, colocar los conductores del sistema de alimentación, retocar el molde, cerrar las cajas. Los moldes transitorios solo sirven para fabricar una pieza.

5. Preparación del metal fundido.

El metal se calentara hasta la temperatura de fusión, es decir se llevara del estado sólido al estado líquido, esta operación se realizara en los hornos de fundición, que pueden ser: de combustible, convertidores u hornos eléctricos, cada tipo de horno tiene sus ventajas, desventajas y sus aplicaciones particulares.

6. La colada.-

Consiste en introducir el metal fundido a través de una o más aberturas de colada (bebederos), dispuestos convenientemente en el molde, Esta operación se realiza cuando el molde está cerrado herméticamente y con solidos para resistir la presión metalostática del metal.

7. Solidificación y enfriamiento.

Posteriormente de la colada se debe esperar a que la pieza se solidifique y se enfríe en el molde, mientras que las piezas grandes requieren periodos de horas (según sus dimensiones), para su total solidificación.

8. El desmolde.

Cuando la pieza se ha solidificado y enfriado se procede al desmolde, se levantan las cajas, se rompe el molde de arena, se extrae la pieza fundida conjuntamente con el sistema de alimentación solidificada.



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:

9. Acabado y limpieza.

Son todas las operaciones necesarias para quitar la mazarotas, sistemas de alimentación, pulir la pieza, desbarbarla limpiar con un chorro de arena (arenado), con el objetivo de dejarla lista para los procesos sucesivos.

10. Tratamiento térmico y recubrimientos.

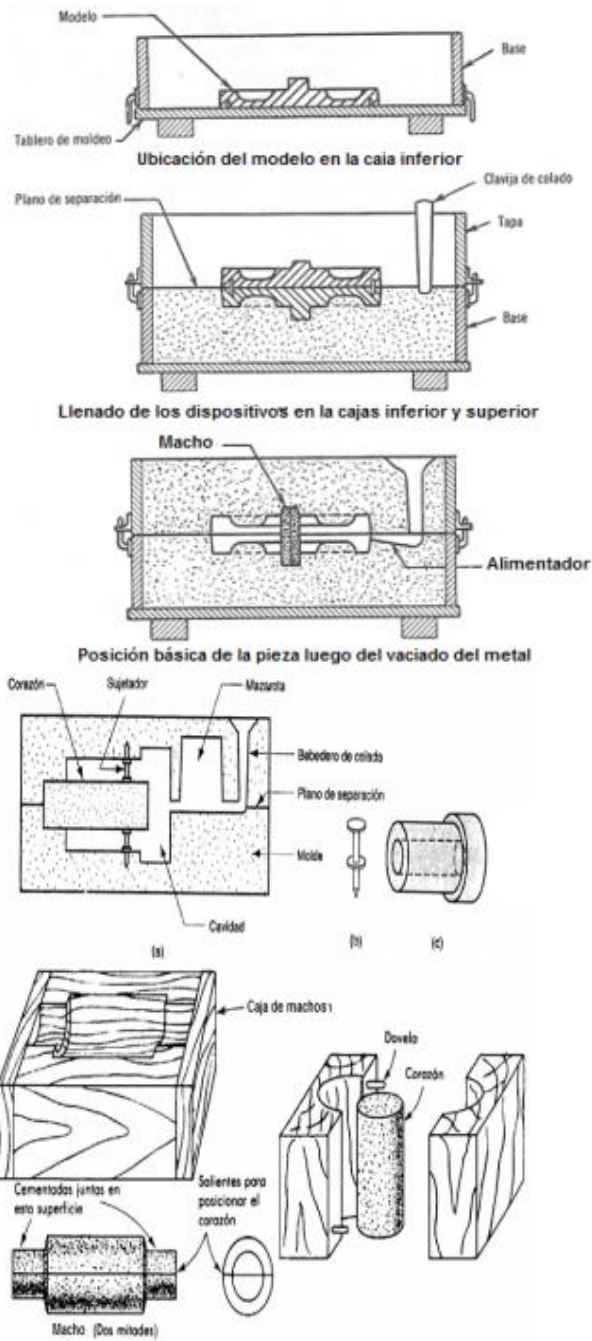
Algunas veces las piezas fundida deben de tener características superficiales especiales tales como mayor dureza o mejor presentación, en esto casos las piezas deben ser sometido a tratamiento térmico como: al recocido (al fierro fundido y al acero), tratamiento de envejecimiento o maduración artificial (a las aleaciones de aluminio), o pueden ser recubiertos con materiales protectores especiales: galvanizado, estañado, cromado, niquelado, etc.



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:





Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:

Clasificación de las arenas según su porcentaje de humedad

Arenas verdes o humedecidas. Es el tipo que más comúnmente se emplea. Las partes del molde se utilizan directamente después de fabricarlos y conserva la humedad original de las mezclas. El porcentaje de humedad está comprendido entre 3 y 8%, el porcentaje de arcilla puede estar entre 4 y 8%, este tipo de arena de fundición se emplea por su rapidez de fabricación y economía.

Arenas secas. En este tipo de arenas, las partes del molde han sido secadas en una estufa para eliminar su humedad (generalmente a temperatura menor de 200 ° C) con este procedimiento se obtiene un molde más duro y resistente, se obtiene un mejor dimensionamiento de la pieza terminada y los moldes son menos propensos a agrietarse, romperse o formar soplos de gas.

Aditivos aglutinantes básicos en la fundición.

En forma genérica, son los productos capaces de dar cohesión y plasticidad a una mezcla preparada de arena y agua, para lograr esto los granos de arena quedan ligados y cohesionados entre sí por películas formadas con la mezcla del agua + un aglutinante. Existen dos grandes grupos de aglutinantes:

Aditivos o aglutinantes orgánicos.

Se utilizan como aditivos o mejoradores, son productos que añadidos a las mezclas de arena es pequeños porcentajes, impiden la aparición de ciertos defectos, mejoran su calidad y facilitan su desmolde y limpieza. Los aditivos orgánicos más utilizados son:

a.- Las Dextrinas. Se obtienen tratando con ácidos minerales, el almidón de maíz, yuca u otros almidones. Existen cuatro tipos de dextrinas comúnmente utilizados en la fundición y son:

- Goma Inglesa
- Dextrina blanca
- Dextrina rubia
- Goma alcalina

b.- Los Cereales. Se utilizan cuando se quiere aumentar la resistencia de la arena verde, en porcentajes aproximados de 2 a 2.5%, mezclados con 2% de agua, tiene la propiedad de reducir la evaporación del agua de la mezcla.



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:

c.- La Melaza. Se emplea en porcentajes que van de 2.5 a 3%, y sirve para dar mayor cohesión a la arena de moldeo.

d.- El Alquitrán. Es un derivado del petróleo y se emplea en la confección de machos en un porcentaje de 2% (el macho una vez confeccionado se debe llevar al horno hasta unos 150°C aprox.). Como ventaja da mayor resistencia a la arena seca, su principal defecto es que crea acumulación de gas.

e.- La Lignina.- Es un subproducto de la celulosa, se emplea en porcentajes que van de 2.5 a 3% y sirve para dar mayor cohesión a la mezcla.

f.- Las Resinas. Se encuentran en forma natural o sintética, se utilizan en porcentajes que van de 1.5 a 2% de la mezcla. Ejemplo: La urea.

g.- Los Aceites. Se utilizan mezclándolos con otros aditivos (cereales), en un porcentaje aproximado de 2%, el más utilizado y el mejor es el aceite de linaza, pero tiene la desventaja de ser muy caro, y se tiende a reemplazarlo por aceite de harina de pescado que es de menor calidad, pero, más barato y abundante.

Aditivos o aglutinantes inorgánicos:

a.- Aglutinantes arcillosos. Existen 3 grupos de minerales arcillosos en los que predomina un constituyente sobre los demás:

Arcillas illíticas (grupo illita). Tienen como constituyentes básicos la illita, y está formado por las arcillas ordinarias o materiales cuyo punto de fusión fluctúa entre 1300 y 1400°C.

Arcillas montmorillonita (grupo montmorillonita)

Tiene como constituyente básico la montmorillonita, y los más importantes son:

Bentonita sódica	1250 - 1350°C
Bentonita cálcica	1250 - 1350°C

Arcillas caolinitas (grupo caolinita).- Tienen como constituyente básico la caolinita, y los principales son:

Material	Intervalo de fusión
Caolín	1650 – 1775 °C
Caolín plástico (bola de arcilla)	1600 – 1770 °C
Arcilla refractaria (fire clay)	1700 – 1775 °C



Manual de Prácticas

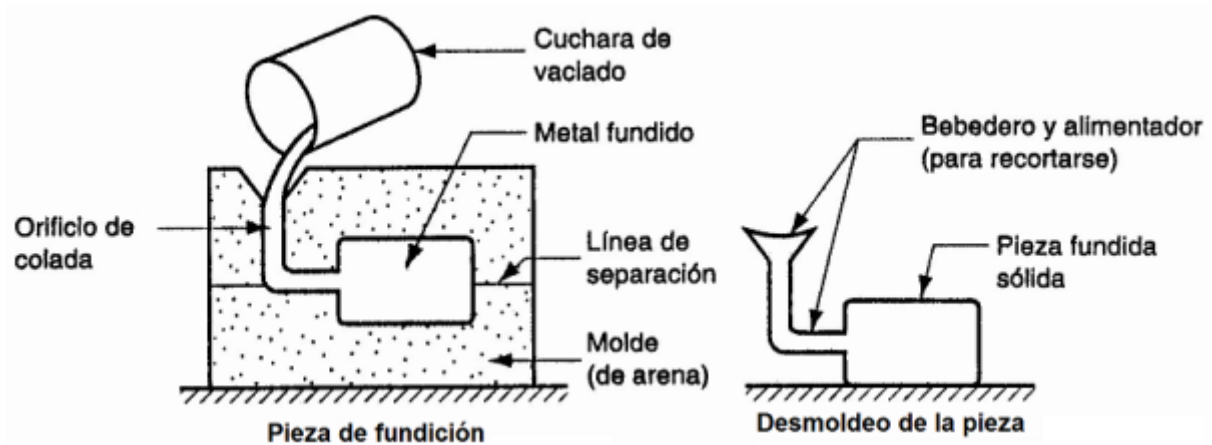
Secretaría/División:

Área/Departamento:

3. Ejemplos

❖ Ejemplo 1

- a. **Moldeo en bloque de arena:** cuando la caja se emplea solo para hacer el molde y después se quita de modo que el metal líquido se vierte sobre el bloque de arena.



Fundición de una pieza en arena y desmolde

❖ Ejemplo 2

- b. **Moldeo utilizando un corazón y/o machos:** cuando el molde (espacio vacío) se efectúa con la colocación de un corazón dispuesto en una caja. Es un sistema adecuado para piezas complicadas, y que tengan que llevar agujeros internos. Los corazones y/o machos pueden adquirir diferente configuración de acuerdo con la forma del agujero u espacio vacío a obtener.

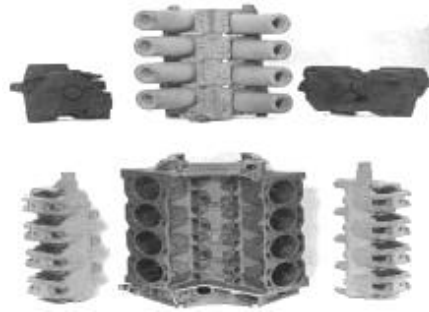
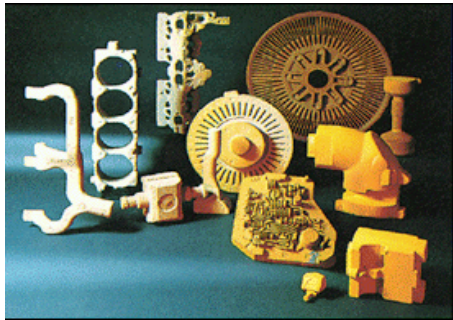


Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:

Debido a las geometrías diversas es necesario el uso de corazones. Estos se aplican en las partes en las que se requiera obtener un vacío en la pieza terminada. Por simple inspección nos es posible identificar los corazones utilizados en la producción de estas piezas.



❖ Ejemplo 3

Moldeo en caja con arena en verde:
Secuencia sugerida para realización del ejercicio 1 en arena.



Colocación Pza.



Arena de careo



Apisonado



Razado



Línea de moldeo



Preparación de la caja superior



Vertedero



Retirando modelos



Cierre de caja



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:



Vaciado



MOV_0085.mp4



Pieza terminada, desmolde.

4. Ejercicios a realizar

Ejercicio 1

El alumno procederá con la asesoría de su profesor de laboratorio a la fabricación de una pieza utilizando el procedimiento de **fundición en área en verde**.

Realizando el siguiente procedimiento:

1. **Diseño de la pieza fundida.**
2. **Preparación de las arenas de fundición.**
3. **Construcción del modelo.**
4. **El moldeo.**
5. **Preparación del metal fundido.**
6. **La colada.**
8. **El desmolde.**
9. **Acabado y limpieza.**



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:

De acuerdo al procedimiento antes ejemplificado.

Ejercicio 2

El alumno procederá con la asesoría de su profesor de laboratorio a la fabricación de una pieza utilizando el procedimiento de **fundición de modelo evaporable**.

Realizando el siguiente procedimiento:

- 1. Diseño de la pieza fundida y/o utilización de modelos existentes.**
- 2. Construcción del modelo con polietileno.**
- 3. Colocación del modelo a fundir en el contenedor.**
- 4. Llenado del contenedor con el modelo y vertedero, con arena sílice**
- 6. La colada.**
- 8. El desmolde.**
- 9. Acabado y limpieza.**



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:

Moldeo en contenedor y arena en verde:
Secuencia sugerida para realización del ejercicio 2 con modelo evaporable.



Modelo evaporable (Poli - estireno expandido)





Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:

Diseño del modelo



Ajuste de tolerancias



MOV_0085.mp4

Pieza y vertedero



Modelo en contenedor cubierto con arena

Colada

Enfriamiento de pieza

Pieza terminada

I. Ejercicio 3

5. Seguridad en la ejecución

Manejo y utilización del equipo de seguridad correspondiente al área de fundición.



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:



Equipo de seguridad

No. de parte	Parte
1.	Careta (protector facial)
2.	Peto
3.	Guantes
4.	Polainas

Ante emergencias médicas

Si ocurre una emergencia tal como: cortes o abrasiones, quemaduras o ingestión accidental de algún producto químico, tóxico o peligroso, seguir las siguientes medidas:

1. A los accidentados se les proveerán los primeros auxilios.
2. Simultáneamente se tomará contacto con el Servicio Médico (Interno 482), o al Servicio de Medicina del Deporte (**4576-3451/3459**).



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:

3. Avise al Jefe de Laboratorio o autoridad del Departamento, quienes solicitarán asistencia de la Secretaría Técnica para que envíen personal del Depto. de Mantenimiento, Seguridad y Control o Servicios Generales según correspondan.
4. El Jefe de Departamento notificará el accidente al Servicio de Higiene y Seguridad para su evaluación e informe, donde se determinarán las causas y se elaborarán las propuestas para modificar dichas causas y evitar futuras repeticiones.
5. Centros para requerir ayuda médica:

GENERAL

**U.N.A.M
Servicio Médico**

Teléfono 56-22-02-02



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:

6. Referencias

❖ Libro 1

- ❖ Mikell P. Groover, *Fundamentos de manufactura moderna*, México, McGrawHill, 2007.

❖ Libro 2

- ❖ H. Appold, K. Feiler, A. Reinhard, P. Schmidt, *Tecnología de los metales* España, Editorial Reverté, 2005.

❖ Link 3

- ❖ Kalpakjian, Schmid, *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*, México, Prentice Hall, 2002.