

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”



*Escuela Politécnica Superior de Ingeniería. Sección de Náutica, Máquinas  
y Radioelectrónica Naval.*

*CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICION Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRÁCTICA.*



Jesús Manuel Peraza León

Fecha 6 de septiembre de 2019.

Jesús Manuel Peraza León

1

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2113096 Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 2113096      Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICION Y SUS VARIANTES EN APLICACIÓN  
PRACTICA.

Directores:

Alexis Dionis Melián

Federico Padrón Martín

NOMBRE: JESUS MANUEL PERAZA LEON

GRADO: TECNOLOGIAS MARINAS

FECHA 1 de Julio de 2019

3

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 2113096 Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

Dr. Alexis Dionis Melián, profesor titular asociado del área de conocimiento de Construcciones Navales perteneciente a la unidad departamental de ingeniería marítima de la Universidad de La Laguna certifica que:

Don JESUS MANUEL PERAZA LEON, ha realizado el trabajo fin de grado mi dirección con el título:

CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICION Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRÁCTICA.

Revisado dicho trabajo, estimo que reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente certificado.

En Santa Cruz De Tenerife, a fecha de 1 de Julio de 2019.

Fdo. Alexis Dionis Melián.

Director del trabajo de fin de grado.

4

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 2113096      Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 2113096      Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

Dr. Don Federico Padrón Martín, profesor ayudante doctor asociado del área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación perteneciente a la unidad departamental de Ingeniería Marítima de la Universidad de La Laguna certifica que:

Don JESUS MANUEL PERAZA LEON, ha realizado el trabajo fin de grado mi dirección con el título:

CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRÁCTICA.

Revisado dicho trabajo, estimo que reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente certificado.

En Santa Cruz De Tenerife, a fecha de 1 de Julio de 2019.

Fdo. Federico Padrón Martín

6

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 2113096      Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

Director del trabajo de fin de grado.

7

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 2113096 Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

AGRADECIMIENTOS

Al dueño de la empresa y a sus trabajadores por el gran empeño y dedicación hacia este trabajo debido al gran esfuerzo que requiere así como las horas invertidas.

También agradecer el poder haber estado por la zona de trabajo sin ninguna restricción para así poder facilitar la investigación acerca de dicho tema, ya que, es un apartado en el que se destaca un trabajo de campo extenso.

A los profesores involucrados en dicha tarea, por la ambición y constancia en el trabajo, así como por las horas de dedicación a este tema.

A aquellas personas que han querido colaborar y han aportado de alguna manera a que se haya podido realizar un trabajo más técnico, así como, un trabajo basado en la experiencia.

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 2113096      Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

INDICE

I.INTRODUCCION

II.OBJETIVOS

- 2.1. Objetivo general.
- 2.2. Objetivos específicos.

III. REVISION Y ANTECEDENTES

- 3.1. Evolución histórica de la fundición.
- 3.2. Fundamentos.
- 3.3. Normativa.
- 3.4. Ultimas investigaciones.
- 3.5. Futuro del sector de la fundición.

IV. MATERIAL Y METODOS

- 4.1. Empresa.
- 4.2. Materiales.
- 4.3. Metodología.

V. RESULTADOS

- 5.1. Proceso de moldeo de una pieza.
- 5.2. Proceso de fundición de una pieza.
- 5.3. Acabado de la pieza.
- 5.4. Otras técnicas asociadas.

VI. CONCLUSIONES

VII. BIBLIOGRAFIA

10

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 2113096      Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 2113096      Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

## I. INTRODUCCION

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 2113096      Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 2113096      Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TÉCNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

I.INTRODUCCION.

Este trabajo nace de mi interés por las diversas técnicas de fundición que tanto se emplean en el ámbito del sector marítimo, y de recabar y exponer los procesos que ello conlleva.

En el capítulo de objetivos expondré los pasos más importantes que voy a desarrollar, diferenciando por una parte el objetivo general, y por la otra, los objetivos de manera más específica.

En el capítulo de revisión y antecedentes, destacare en cuatro apartados principales. El primero trata la evolución histórica de la fundición desde sus orígenes hasta la actualidad; Seguidamente, destacare la normativa y sus posibles cambios, centrándonos en el ámbito a desarrollar; A continuación, destacar los avances sobre las últimas investigaciones; Por último, indicar las tendencias de futuro que se están creando en este sector.

En el capítulo de material y métodos he incluido tres apartados. En el primer apartado, trata sobre la empresa que nos ha facilitado el poder desarrollar dicho trabajo; En el segundo apartado, se habla de los materiales y herramientas necesarias para realizar todo el proceso; En el tercer apartado, se desarrollara toda la metodología en el que se explicara dicho proceso.

En el capítulo resultado se ha realizado la descripción del proceso de obtención y fundición de una pieza desde la materia prima, en la que se incluye su moldeo, fundición y acabado.

En el capítulo conclusiones destaco las conclusiones obtenidas a raíz de la experiencia tanto profesional como académica.

En el capítulo bibliografía se citan todas las referencias que nos ha sido necesarias para elaborar dicho trabajo.

PALABRAS CLAVE: crisol, fundición, cera perdida, moldeo, colada.

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

ABSTRACT

I. INTRODUCTION.

This work stems from my interest in the various casting techniques employing both within the scope of the maritime sector and to collect and expose the processes involved.

In the chapter's objectives focus on developing one of the techniques that is mostly used in the field of the step by step casting, such as lost-wax casting.

In the chapter review and background has been developed a descriptive of the scope of work of the company Fornax, including the peculiarities of some processes to be used.

In the chapter on methodology have included three paragraphs, bibliographical documentation, field work methodology and the frame of reference. In the frame of reference tell that it is comprised in the Fornax workshops casting.

In the result chapter has been the description of the process of obtaining and casting of a piece from scratch, which includes its molding...

In the chapter conclusions highlight the conclusions drawn as a result of both professional and academic experience.

In the chapter bibliography is attached web references.

Keywords: melting pot, smelting, wax loss, laundry, molding.

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

16

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 2113096      Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

## II.OBJETIVOS

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

18

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 2113096      Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

## **II. OBJETIVOS.**

### **2.1. Objetivo general.**

Durante dicho trabajo, se va a destacar la evolución de la fundición, avanzado desde lo general hacia el ámbito que nosotros hemos estudiado, su normativa, tanto en el ámbito particular como en el general y las tendencias que se van generando hacia el futuro, incluyendo algunas investigaciones relevantes. También se ha de ver los materiales requeridos para dicho trabajo así como la maquinaria que se debe poseer para poder llevarlo a cabo. El proceso del mismo, es en los que más se va a indagar, dado que dicho trabajo abarca su mayoría.

### **2.2. Objetivos específicos.**

1. Vamos a destacar la evolución histórica de la fundición desde lo general a lo particular.
2. Vamos a citar la parte más importante de la normativa, así como lo general.
3. Vamos a dar a conocer las últimas investigaciones en nuestro ámbito.
4. Vamos a saber cuáles son las tendencias de futuro y hacia donde van orientadas.
5. Vamos a citar todas las herramientas y maquinas necesarias que se debe tener en el taller.
6. Vamos a desarrollar todo el proceso que conlleva el realizar una pieza de fundición a la cera perdida.

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

20

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 2113096      Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

### III. REVISION Y ANTECEDENTES.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 2113096      Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 2113096      Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

III. REVISION Y ANTECEDENTES.

**3.1. Evolución Histórica de Fundición.**

Los orígenes de la fundición datan de hace unos 5000 años y ha supuesto un papel muy importante en cuanto al desarrollo de la civilización y las culturas de las distintas razas.

El primer dato que se conoce como proceso de fundición es de una rama de cobre, realizado en Mesopotamia, en el año 3200 A.C.

Unos 2000 años más tarde, ya descubierto el hierro, el país Chino es el primero en comenzar a producir de manera simple lo que se denomina un proceso de fundición, sentando así las bases de dicho proceso. Durante los años posteriores, se crean algunos elementos con cierta complejidad utilizados en sus labores diarias, como pueden ser arados, arcos para carros, etc.

En el año 500 D.C. la India, hace la primera producción de acero a través del crisol, el cual, se pierde hasta 1750, que es vuelto a usar de manera más eficiente por Benjamin Huntsman.

Unos 1000 años después, se comienza a usar la fundición para realizar tuberías de hierro fundido, las cuales, tiene su primer uso en el castillo de Dillenburg para el abastecimiento de agua hacia dicha edificación.

Unos años más tarde, nace el conocido como **“padre del proceso de fundición”**, Vannoccio Biringuccio en Italia (1480-1539), el cual, crea el primer documento por escrito que se conoce del proceso de fundición.

Seguidamente, comienzan a realizar apariciones y nuevas formas de fundición que aportarían gran valor. Entre ellas se destacan la primera fundición de hierro en Estados Unidos, llamada Saugus Iron Works, donde se desarrollan todas las ideas en relación a este ámbito. También se desarrolla el primer hierro maleable y se comienza a utilizar coque como fuente combustible para los hornos de fundición.

En el año 1750, Benjamin Huntsman cambia por completo el crisol, ya que consigue fundir varios elementos y se crean las primeras aleaciones con metales completamente fundidos.

23

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2113096 Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

En el año 1837, se crea y se empieza a vender la primera máquina de moldeo seguro, la cual, ya era utilizada por la empresa S. Jarvis Adams en Pittsburg.

En el año 1851, se crea un convertidor simple a través del que se pueden quemar todas aquellas impurezas o restos volátiles a través de explosiones de aire. Dicho convertidor lo crean Sir Henry Bessemer y William Kelly, siendo este último quien consigue la prueba de Prioridad de Patentes en el año 1857.

El inglés Henry C. Sarby, en 1863, desarrolla los procesos de metalografía, grabado, pulido y evaluación microscópica, siendo el primer proceso que tenemos físicamente para poder examinar las superficies de las piezas creadas y así determinar su calidad de manera más precisa.

En los 5 años consecutivos, se crean el primer vertedor de material con inclinación a través de un sistema de engranajes, lo que permite una mayor seguridad. También, se empieza a utilizar el chorro de arena, a través de la empresa RE Tilhgan, para poder realizar la limpieza de las piezas obtenidas de manera más eficiente y en un menor tiempo de trabajo.

A principios del siglo 20, aparece el primer horno de arco eléctrico utilizado en los EE.UU. por la empresa Holcomb Steel Company. Poco después de dicho suceso, se crea la primera planta eléctrica de baja frecuencia para hornos de fundición especial.

En el año 1923, se crea el Comité Internacional de Asociaciones Técnicas de Fundición (CIATF) en Suiza.

En el año 1953, se desarrolla el sistema Hotbox, mediante el cual, se pueden fabricar y solidificar las piezas en una sola operación, eliminando así el proceso de secado a través de hornos dieléctricos.

HF Shoyer, en 1958, obtiene la patente para el proceso de moldeo completo, siendo considerado el precursor de del Proceso de Fundición a la cera perdida.

Ya en los años 60, hay varios sucesos importantes, entre los que destacan la introducción de la máquina de moldeo, el microscopio electrónico de barrido por la Universidad de Cambridge o el proceso de caja fría, siendo dado a conocer por L. Toriello y J. Robins.

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TÉCNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

En los años 70, los japoneses crean los moldes V-Process, utilizando vacío y arena no unida. También se comienza a aprobar leyes en relación al medio ambiente y la salud de los trabajadores, la ciudadanía y el cambio climático como la Ley de Aire Limpio, OSHA, Ley de Seguridad y Ley de Salud Ocupacional, siendo pionero en todas ellas el Congreso de los Estados Unidos.

A su vez, Reino Unido desarrolla el Hierro de Grafito Compactado (CGI), un hierro con unas características relevantes para la época.

En los años 80, se destaca por la aparición del sistema de aglomerante Warm Box o caja caliente.

En los años 90, se perfeccionan las máquinas ya existentes de manera que todo ocurra en el mismo proceso sin necesidad de interrumpirse, para así realizar las piezas en un menor tiempo. También se crea el proceso de fundición electromagnética a través de Argonne e Inland Steel Corporation, lo que supone un gran ahorro en cuanto a los gastos de material y gastos de energía en producción.

En el siglo XXI, se ha conseguido un perfeccionamiento de las máquinas así como la producción en masa de manera que los costes de producción sean los más económicos posibles. También se destaca la aparición de nuevas aleaciones, ya que, la maquinaria moderna permite trabajar a distintos rangos de temperatura y crean material adaptadas a las necesidades.

{1}

### **3.2. Normativa.**

Todas aquellas empresas que se dediquen al sector de la fundición deben de reunir las condiciones que se presentan en las siguientes normativas. Entre ellas, vamos a destacar las más relevantes.

Las normas que vamos a citar a continuación, las elabora el comité CTN 78 de la UNE.

Las cuatro normas principales que deben de reunir todas las empresas dedicadas al sector de la fundición son la CEN/TC 190, que se encarga de todos los aspectos en cuanto a la tecnología que podemos aplicar en nuestro taller y la manera que la misma se debe llevar a cabo; CEN/TC 202, que nos aporta toda la información acerca de la

25

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2113096      Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

maquinaria necesaria para fundir, así como las capacidades del lugar para poder ubicar dicha maquinaria; ISO/TC 25, que nos regula las condiciones a tener en cuenta según el tipo de material que queramos fundir, incluyendo principalmente medidas de seguridad, contraincendios y de extracción; ISO/TC 306, que también nos habla acerca de la maquinaria.

Dentro de este comité, también vamos a citar otras normas en relación con este tipo de infraestructuras.

La norma UNE-EN 12681-2:2018 hace referencia a los ensayos radiográficos mediante el uso de detectores digitales.

La norma UNE-EN 1559-3:2012 que nos da las condiciones técnicas de suministro, es decir, los requisitos a tener en cuenta para aquellas piezas que se elaboren a través de la fundición de hierro.

La norma UNE-EN 12883:2001 nos habla acerca de los equipamientos en todas aquellas producciones con modelos perdidos que se refieren al proceso de moldeo a la cera perdida.

La norma UNE-EN 12890:2001 abarca todo lo referente a modelas, herramientas y cajas en cuanto a la fabricación de moldes y machos de arena se refiere.

La norma UNE-EN 710:1998+A1:2011/AC:2012 nos dicta todas las medidas de seguridad que debemos adoptar tanto en las maquinas como en las zonas de moldeo, así como los equipos secundarios asociados a dicha actividad. {2}

### **3.3. Últimas Investigaciones.**

La tendencia de este sector, incluye una serie de novedades que influirán en la dirección a tomar en adelante. Para ello, vamos a citar algunas de las últimas investigaciones más importantes.

Desde hace varios años, uno de los factores más influyentes que ha condicionado el sector de la fundición es la cantidad de residuos que se expulsan al medio ambiente, ya sean a través del aire, sistemas de refrigeración o con los residuos generados por dicha actividad. Para ello, distintos países han creado el ICA (Indicadores de Condición

26

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2113096 Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

Ambiental), lo que supone establecer una serie de parámetros en cuanto al suelo, aire y agua, y así poder frenar el cambio climático, el cual, se ve potenciado en parte por este tipo de industrias. {3}

Otro punto importante es la investigación relacionada con la nucleación del grafito laminar, dado a conocer en el 120 Metal Casting Congress en USA, lo que permitiría a la industria de la fundición disminuir los contenidos de azufre y titanio generados de la producción sin que esto afecte a las propiedades que presentaban dichas fundiciones de hierro. {4}

Otro de los avances que se están usando con más frecuencia, es el uso de la antorcha de plasma. Dicho sistema se basa en el uso de un arco de plasma, compuesto por un ánodo de gas y un cátodo de grafito, pudiendo así fundir elevadas cantidades de material, ya que, en su punto más caliente, es capaz de llegar a los 10000°C, lo que supone un ahorro de energía y una mayor producción. Dicho proceso también permite la regulación de la temperatura según la cantidad de material utilizado o de las condiciones que se necesiten para el material a crear. {5}

**Ilustración 1:** Antorcha de plasma de fundición.



**Fuente:** Tecnalía [1]

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

También se ha de destacar el perfeccionamiento de la composición y la producción de aglutinantes inorgánicos para poder sustituir a los orgánicos, para así poder reducir las emisiones al aire y mejorar las condiciones de trabajo de los operarios. {6}

**3.4. Futuro del sector de la fundición.**

En cuanto a la proyección de futuro de la fundición, podemos destacar que tiene tendencias al sector marítimo, donde se centraran en los metales no ferrosos y los tratamientos del metal líquido, como avances más destacado.

También la impresión en 3D junto con las máquinas de CNC, podrían aportar una autentica revolución, debido a que a través de este método, se permitiría eliminar fases intermedias y la misma máquina podrá realizar el mecanizado y el acabado. {7}

Uno de los avances que se destacan trata acerca del moldeo en arena verde y el vertido de fundición.

Para su perfeccionamiento en cuanto a la producción y ahorro económico, se pretenden identificar y solucionar todos aquellos defectos ocasionados antes de verter la colada, a través de un controlador de posición de moldeo (MAC), que permite dicha labor.

También, se ha creado un sistema de vertido mucho más rápido, con lo que se aumentaría la producción y se ahorraría en material. Dicho sistema lo ha creado DISA, con lo que pretende aligerar el peso que soporta cada molde, aportando mayor calidad y seguridad que se refleja hacia los operarios. {8}

Uno de los aspectos importantes a destacar con proyección de futuro es la sustitución del hierro todo lo posible por aluminio. Para ello, el primer paso es reducir todo lo posible las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que supondría un uso masivo de dicho material. También con ello, se intentara crear aleaciones que permitan usarse en el sector marítimo, reduciendo notablemente el peso de los barcos y con ello, la cantidad de masa a mover, lo que supone un ahorro energético considerable. {9}

## IV. Material y Métodos

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

30

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 2113096      Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

#### **IV. MATERIAL Y METODOS.**

Dicho apartado lo hemos desglosado de manera que se pueda distinguir las distintas partes que los componen:

##### **4.1. EMPRESA**

###### **4.1.1. Historia de la empresa.**

Para realizar dicho trabajo, hemos contactado con una empresa de la zona, la cual, nos ha aportado información y nos ha permitido observar los distintos procesos con los que podemos obtener una determinada pieza de fundición.

Dicha empresa, FORNAX, es una empresa de pequeño tamaño que se encuentra situado en el municipio de la Matanza de Acentejo, en la calle la Resbala nº 20.

FORNAX es una empresa artesanal que se fundó en el año 1992 y, como fundición de arte, su principal actividad es la fabricación de esculturas en bronce, hierro, piedras, resinas, etc.

También se destaca que dicha empresa, sobre la que se ha realizado dicho trabajo, ha aportado información a través de su página web y de su revista, como carta de presentación, donde se recogen una amplia serie de sus trabajos realizados durante su actividad.

###### **4.1.2. Distribución del taller.**

Este taller, cuenta con una superficie de unos 100 metros cuadrados, en los que podemos destacar las distintas zonas de trabajo.

Por un lado, tenemos la zona de escultura, donde se le da forma al boceto y con el cual, a través del método a la cera perdida o moldeo en placas de yeso, podemos realizar la pieza.

Por otro lado, disponemos de la zona de fundición, constituida por tres hornos, una zona para arenado y lechada, una zona de secado, una zona de desbarbado, otra para el moldeo y la final que es la encargada del pulido y demás acabados.

31

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2113096      Código de verificación: sHR7/10Y

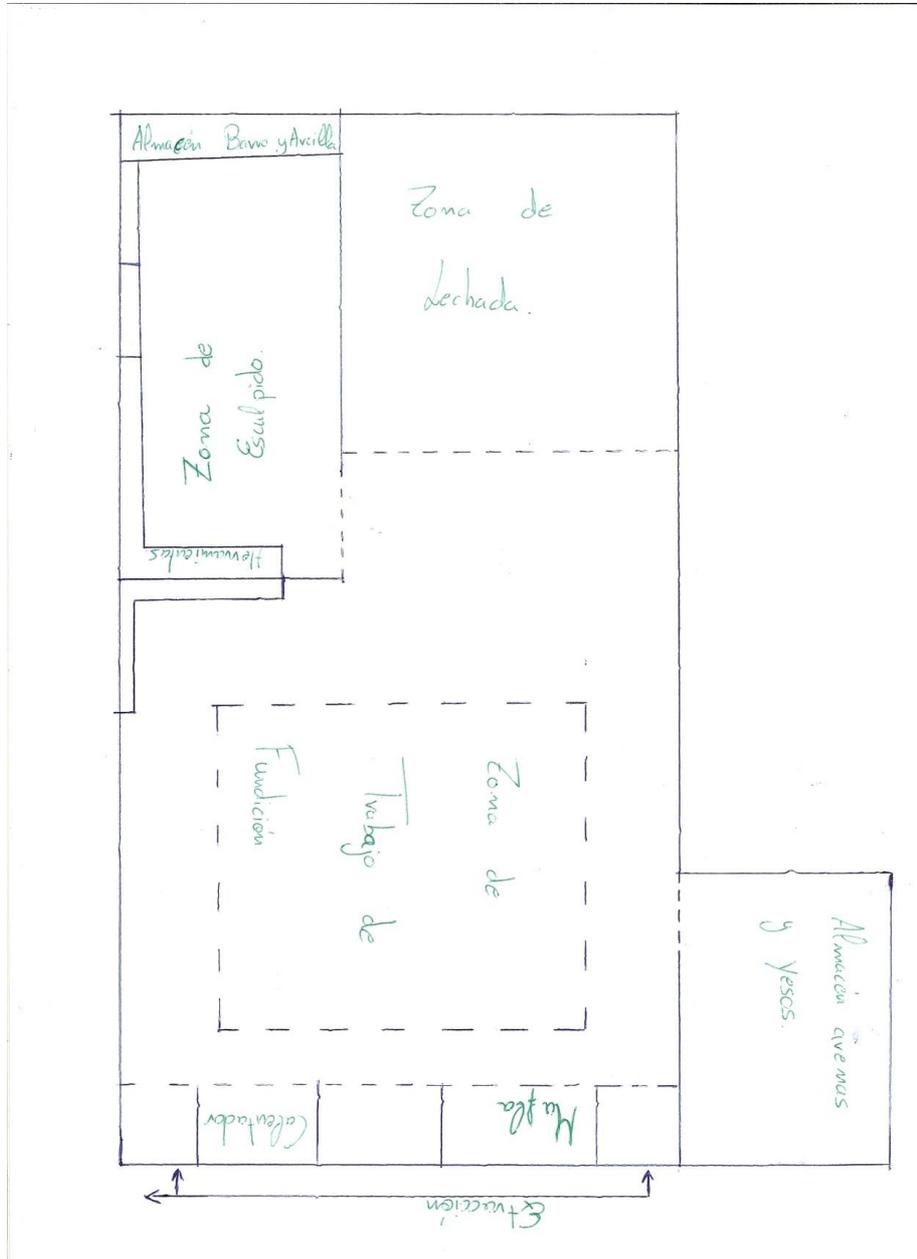
Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

También se puede observar un plano de la distribución del taller, así como la colocación de las piezas y maquinas de manera que el proceso se haga en cadena.

**Ilustración 2:** Plano de distribución de taller.



**Fuente:** Peraza León, Jesús Manuel.

32

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2113096 Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

## **4.2. MATERIALES Y MAQUINARIA.**

### **4.2.1. Materiales.**

Dentro de los materiales que se pueden encontrar en el taller, los cuales, se deben ubicar en una zona para almacenaje, y en lugar fresco, seco y ventilado, el yeso, la escayola, la arena para el molde, la arcilla, que se produce mediante distintas arenas según las condiciones y métodos a emplear, el bronce, latón, y otros materiales de fundición para alear, la pátina, la cera y distintas pastillas de pulido.

### **4.2.2. Maquinaria.**

Dentro de la maquinaria, debemos dividir dos grupos.

Por un lado, debemos detallar las herramientas manuales que se emplean. En primer lugar, se emplean una infinidad de cuchillas, bisturís, paletas, etc. en la realización del boceto de barro o arcilla.

También podemos observar como en la fase de acabado, se usan bastantes lijas, discos de desbaste y ciertas herramientas de precisión para dar el toque final deseado como pueden ser miniherramientas o pulidoras de pequeño radio. También se debe de tener un sistema de aire comprimido lo suficientemente grande para abastecer pistolas de aire, péquelas maquinas neumáticas y otros aparatos de refrigeración o de combustión.

Por otro lado, la maquinaria indispensable que debe de haber en el taller es un banco de trabajo, un horno, un calentador, una caja para la arena, una buena extracción y un elevador para aquellos trabajos de gran envergadura.

## **4.3. METODOLOGIA.**

En este apartado, desarrollaremos las ideas principales, así como los datos de interés que se pueden llevar a cabo para realizar dicho trabajo.

**“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”**

En el proceso de fundición, lo primero que se debe tener en cuenta es la materia prima. Para ello, podemos usar materiales que ya están elaborados y proceder a su fundición, o bien, a partir de ciertos materiales, crear nuestras propias aleaciones.

**Ilustración 3:** Propiedades mecánicas y algunas aleaciones del aluminio.

UNE	Composición química, % peso	Tratamiento	Resistencia a tracción MPa	Límite elástico MPa	Alargamiento %	Aplicaciones típicas
<b>Aleaciones para forja</b>						
1100	>99Al, 0.12Cu	Recocido (O) Trab. en frío (H14)	89 124	24 97	25 4	Componentes eléctricos, hojas metálicas finas (papel).
3003	1.2Mn	Recocido (O) Trab. en frío (H14)	117 159	34 149	23 7	Recipientes a presión, resistencia a corrosión, hojas metálicas finas.
5052	2.5Mg, 0.25Cr	Recocido (O) Trab. en frío (H34)	193 262	65 179	18 4	Transportes, metal de relleno en soldadura, recipientes, componentes marinos.
2024	4.4Cu, 1.5Mg, 0.6Mn	Recocido (O) Tratamiento T6	220 442	97 345	12 5	Estructuras aeronáuticas.
6061	1.0Mg, 0.6Si, 0.27Cu, 0.2Cr	Recocido (O) Tratamiento T6	152 290	82 345	16 10	Transportes, estructuras aeronáuticas y marinas y otras de alta resistencia.
7075	5.6Zn, 2.5Mg, 1.6Cu, 0.23Cr	Recocido (O) Tratamiento T6	276 504	145 428	10 8	Estructuras aeronáuticas y aeroespaciales.
<b>Aleaciones para fundición</b>						
355,0	5Si, 1.2Cu	Arena (T6) Molde metálico (T6)	220 285	138 -	2.0 1.5	Bombas domésticas, accesorios aeronáutica, cárter aviación.
356,0	7Si, 0.3Mg	Arena (T6), Molde metálico (T6)	207 229	138 152	3.0 3.0	Fundiciones de gran complejidad, ejes portadores de las motoras, ruedas de camiones.
332,0	9.5Si, 3Cu, 1.0Mg	Molde metálico (T5)	214			Pistones de automóviles.
413,0	12Si, 2Fe	Fundición en coquilla	297	145	2.5	Fundiciones complicadas.

**Fuente:** Materiales. [3]

Para ello, también debemos tener en cuenta sus propiedades y características, las cuales, detallaremos a continuación mediante tablas y gráficos.

**Ilustración 4:** tabla de tipos de fundición y sus características.

**“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”**

Fundición	Tipos	Características
<b>Ordinaria</b> Solamente lleva hierro y carbono (sin elementos de aleación)	1. Fundición blanca	Es muy dura y frágil. Solamente se emplea como materia prima para fabricar aleaciones maleables.
	2. Fundición gris	Su color es gris, porque el carbono está en forma de grafito. Se usa en fundiciones maleables de grafito esferoidal.
	3. Fundición atruchada	Tiene unas propiedades intermedias entre la fundición blanca y la gris.
<b>Aleada</b>	Además de hierro y carbono (en las proporciones adecuadas), lleva otros elementos químicos que mejoran sus propiedades.	
<b>Especial</b> Emplea como materia prima las fundiciones ordinarias. Luego se somete a un tratamiento térmico	Maleable de corazón blanco	Se moldea la pieza en fundición blanca. Se recubre la pieza de mineral de hierro y se introduce en un horno a unos 1000 °C, durante unos 10 días. Se va enfriando lentamente el horno durante unos 5 días, hasta temperatura ambiente.
	Maleable de corazón negro	Se moldea la pieza en fundición blanca. Se recubre la pieza de arena y se introduce en un horno a unos 900 °C durante 6 días, aproximadamente. Se va enfriando lentamente el horno durante unos 5 días, hasta temperatura ambiente.
	Maleable perlítica	Se moldea la pieza en fundición blanca. Se recubre de arena y se mete en un horno a una temperatura de 900 °C durante 5 días. Luego se enfría lentamente durante unos 2 días, hasta temperatura ambiente.
	Maleable de grafito esferoidal o modular	A la fundición gris se le añade cerio y magnesio. Luego se echa en un molde y se deja enfriar a temperatura ambiente.

**Fuente:** Villaverde, Adrian. [4]

**Ilustración 5:** tipos de fundición.

## Tipos de fundición de metales

- 1. Fundición en arena**
- 2. Fundición en moldes de concha (shell-mould)**
- 3. Fundición en moldes permanentes**
- 4. Fundición con modelos de poliestireno**
- 5. Fundición por inyección**
- 6. Fundición centrifugada**
- 7. Tixoformado**

**Fuente:** Aguilar Schafer, Julio Alberto [5]

35

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2113096      Código de verificación: sHR7/LOY

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

**“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TÉCNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”**

En este proyecto, hemos utilizado la fundición en arena, dado que las dimensiones de la pieza son pequeñas y el trabajo es más artesano.

**Ilustración 6:** Diagrama de fases hierro-carbono.

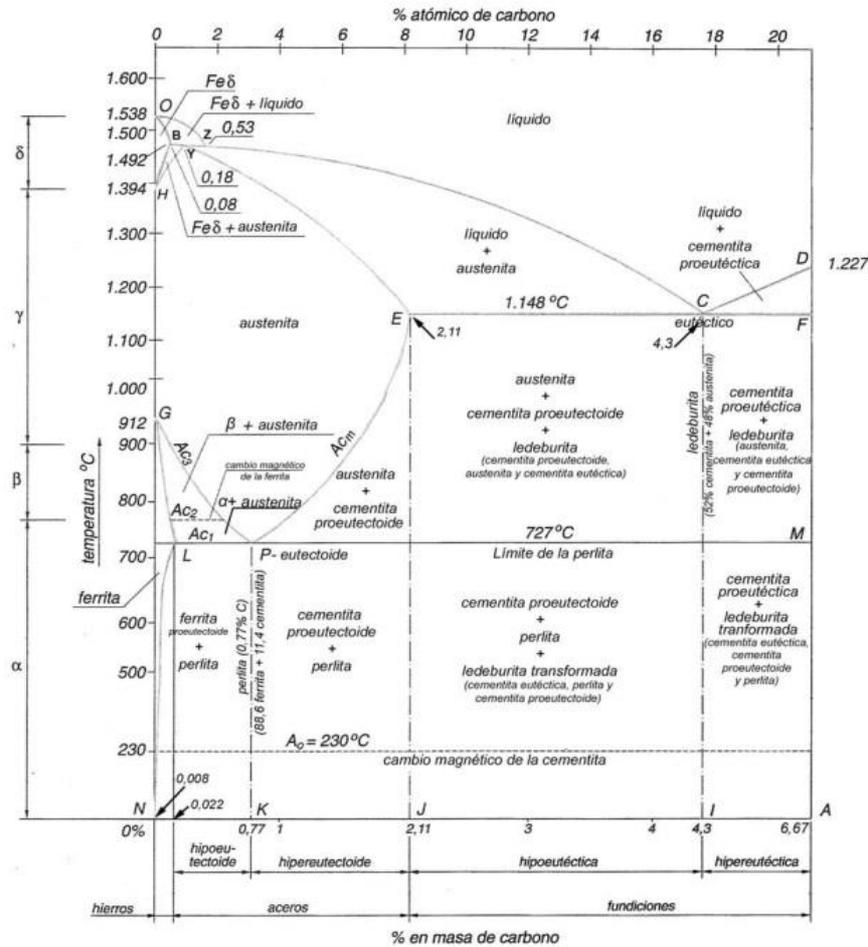


Diagrama hierro-carbono. Zonas, puntos y líneas más significativas

<b>PUNTOS CRÍTICOS</b> A <sub>0</sub> = 230 °C (Curie). Ac <sub>1</sub> = 727 °C. Ac <sub>2</sub> = 768-770 °C. Ac <sub>3</sub> = 727-912 °C (línea PG). Ac <sub>m</sub> = 727-1.148 °C (línea PE).	<b>LÍNEAS DE INTERÉS</b> ECF OBEFC OBCEFC (líquidos) GPE LPM GLN PK EJ CI (Eutéctica-ledeburita)	<b>PUNTOS DE INTERÉS</b> C, E, P, A, B  <b>ZONAS DE INTERÉS</b> BCEB CDCE HBEPGH GLN
--	---	---

cementita proeutéctica y eutéctica = cementita primaria  
 cementita proeutectoide = cementita secundaria

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2113096 Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

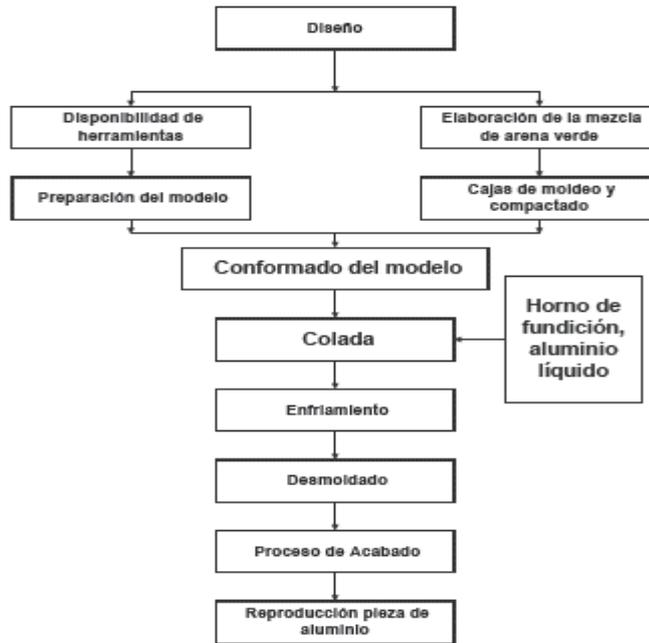
Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

**Fuente:** wordpress.com [6]

Los materiales a utilizar no se encuentran en la tabla, dado que a modo de ejemplo, hemos realizado el trabajo con bronce para poder acortar el tiempo de acabado.

**Ilustración 7:** Esquema de flujo del proceso de fundición de piezas.



**Fuente:** revista tecnológica [7]

Dicho proceso consta de la elaboración de arena verde y cajas de moldeo y compactado para poder elaborar la fundición a la cera perdida.

**Ilustración 8:** tabla de propiedades físicas de materiales de fundición

**“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”**

CALIDAD	Mínima Resistencia Tracción N/mm <sup>2</sup> RM				DUREZA HB	LIMITE ELASTICO N/mm <sup>2</sup> RP0,2			ALARGAMIENTO %			MATRIZ
	ESPESOR <30	PROBETA TIPO		ESPESOR <30		PROBETA TIPO		ESPESOR <30	PROBETA TIPO			
		I	II			I	II		I	II		
EN-JL1040	GG25	250 A 300			180 - 220							PERLITICA
EN-JL1050	GG30	300 A 400			190 - 230							PERLITICA
EN-JS1030	GGG40	400	390	370	140 - 190	250	250	240	15	14	11	FERRITICA
EN-JS1050	GGG50	500	450	420	170 - 230	320	300	290	7	7	5	50% P 50%F
EN-JS1060	GGG60	600	600	550	220 - 270	370	360	340	3	2	1	20% F 80%P
EN-JS1070	GGG70	700	700	660	230 - 270	420	400	380	2	2	1	PERLITICA
EN-JS2070	GGG70L	700	700	660	235 - 280	420	400	380	2	2	1	PERLITICA

- ESPESOR DETERMINANTE DE PARED: ES EL DOBLE DEL MODULO O EL DOBLE DE LA RELACION VOLUMEN ENTRE SUPERFICIE
- ESPESOR <30: ESPESOR DE PARED DETERMINANTE DE LAS PIEZAS MOLDEADAS <30
- TIPO I: ESPESOR DE PARED DETERMINANTE DE LAS PIEZAS MOLDEADAS = 30 < t ≤ 60
- TIPO II: ESPESOR DE PARED DETERMINANTE DE LAS PIEZAS MOLDEADAS = 60 < t ≤ 200

**Fuente:** Fumbarri fundiciones. [8]

Seguidamente, podemos destacar los distintos procesos que se pueden llevar a cabo para la obtención de una pieza de fundición.

En primer lugar, debemos tener en cuenta los tipos de granos que vamos a utilizar.

**Ilustración 9:** Granulometría.

CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DE LAS ARENAS PARA DISTINTOS TIPOS DE FUNDICIÓN (RECOMENDACIONES ISO)			
Metal Fundido	Tamaño relativo de las piezas	Índice de finura A.F.S	Dimensiones medias de los granos (mm)
	Pieza Gruesa	50	0.255 mínimo
	Piezas Pequeñas	50 a 70	0.255 - 0.18
Fundición Gris	Pieza Gruesa	40 a 70	0.36 - 0.18
	Pieza Mediana	70 a 100	0.18 - 0.125
	Piezas Pequeñas	100 a 200	0.125 - 0.060
Aleaciones base de cobre	Pieza Gruesa	100 - 140	0.125 - 0.060
	Pieza Mediana	140 - 200	0.085 - 0.060
	Piezas Pequeñas	140 - 200	0.085 - 0.060
Aleaciones libres	Pieza Gruesa	140 - 200	0.095 - 0.060
	Pieza Mediana	140 - 200	0.085 - 0.060
	Piezas Pequeñas	140 - 200	0.085 - 0.060

**Fuente:** Sánchez Valverde, Victoriano. [9]

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

En nuestro caso, procederemos a realizar una aleación con base de cobre, con un índice de finura de 160 más o menos.

A continuación, se detallan los tipos de moldes y de arena que podemos utilizar en el caso de que se realice un molde de arena.

**Ilustración 10:** Tipos de moldes de fundición



**Fuente:** Br Medina, Jhoan. [10]

**Ilustración 11:** Tipos de arena de fundición.

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”



**Fuente:** Buitrón, manolito. [11]

La arena verde compactada, es la más apropiada para poder realizar el método a la cera perdida que vamos a llevar a cabo, todo ello, de manera manual debido a las pequeñas dimensiones.

Una vez llegados a este punto, el proceso es similar en todas sus formas, exceptuando que la parte intermedia que puede variar según el proceso que se utiliza y los materiales empleados.

Por ello, se debe dar a conocer los distintos tipos de horno que existen y cuales se ajustan mejor a nuestras necesidades.

Los hornos primeramente conocidos son:

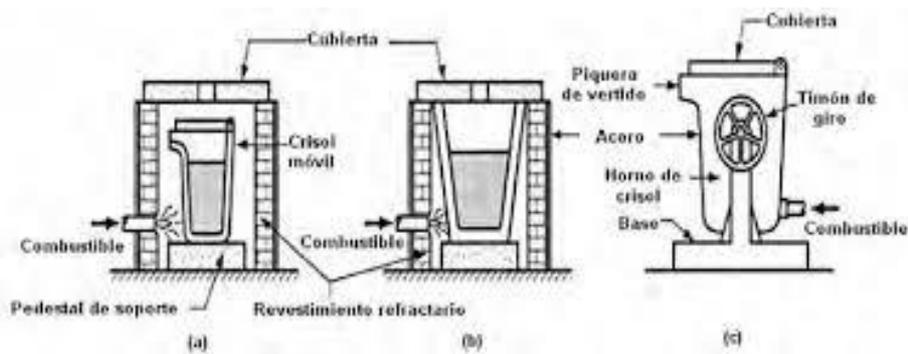
**Ilustración 12:** Tipos de hornos primitivos.

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”



**Fuente:** Gilbert, Marjorie. [12]

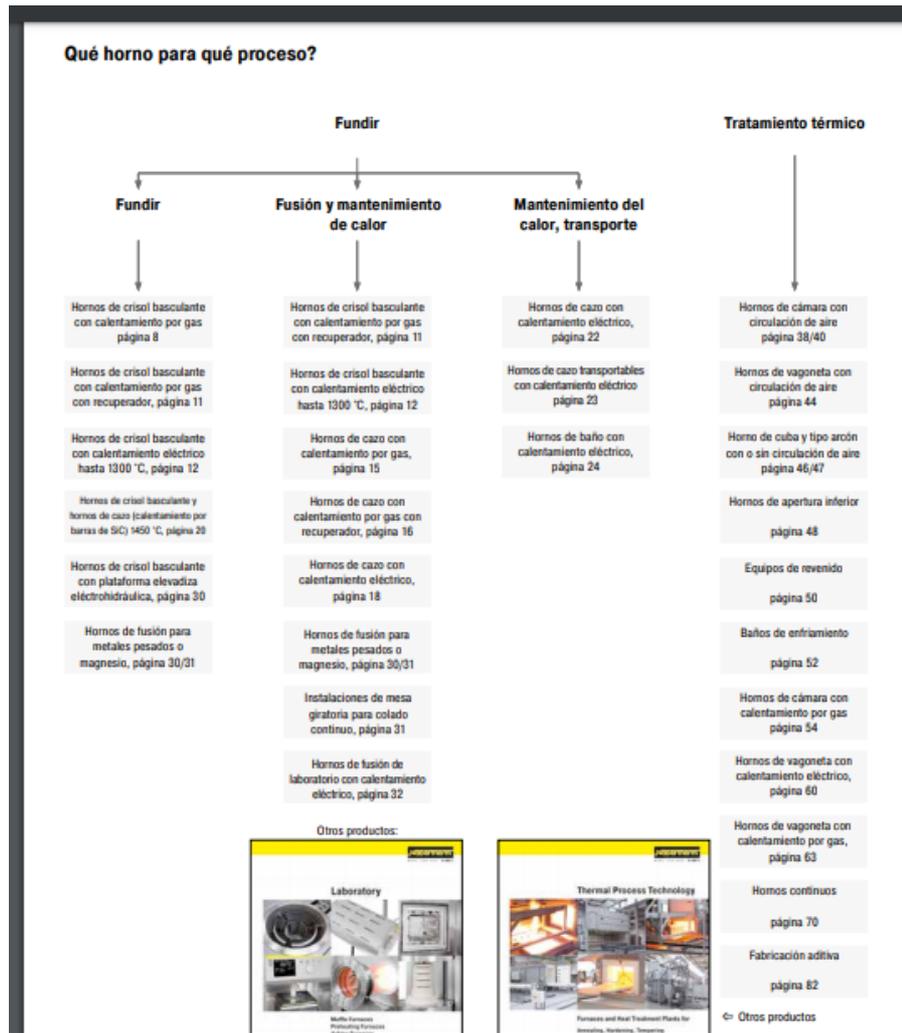
**Ilustración 13:** Tipos de hornos primitivos. Distintos hornos de crisol.



**Fuente:** Sebastián Calvo, Carlos. [13]

**Ilustración 14:** Tipos de hornos de fundición actuales.

**“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”**



**Fuente:** Nabertherm. [14]

Dicha empresa, cuenta que la mayor selección de hornos de Europa, pudiendo incluso crea hornos según las necesidades del cliente.

Actualmente y con la producción en cadena de se ha procedido a utilizar maquinas de secado y de enfriamiento para disminuir el tiempo de espera.

**Ilustración 15:** Maquinas de enfriamiento.

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”



**Fuente:** Vibrotech Engineering. [15]

**Ilustración 16:** Máquinas desecado.



**Fuente:** GHI Smart Furnaces. [16]

La primera acción que se realiza es la limpieza de la pieza para poder observar las impurezas y resto que hay que eliminar. Para ello, se procede a la limpieza con agua a presión y en los casos más difíciles, se limpian con chorro de arena.

**Ilustración 17:** Máquina de agua a presión.

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”



**Fuente:** Abrasivos y Maquinarias S.A. [17]

**Ilustración 18:** maquinas chorreadoras a presión.



44

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2113096 Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

**Fuente:** Abrasivos y Maquinarias S.A.[18]

Seguidamente se procede al desbarbado de la pieza, donde liman todos aquellos restos que imperfeccionan el acabado final.

**Ilustración 19:** Desbarbado.



**Fuente:** Direct Industry. [19]

En ciertos casos, dicho procedimiento se lleva a cabo mediante una maquina de CNC el cual ejecuta el desbarbado y el pulido final en una sola operación.

**Ilustración 20:** maquina de CNC.

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”



**Fuente:** SIDEKO. [20]

Por último, algunas piezas, dependiendo del material utilizado, se finalizan con la aplicación de algún tipo de acido y cera según el gusto del cliente o las condiciones ambientales a las que se vaya a someter la pieza.

**Ilustración 21:** Líquidos de acabado.



**Fuente:** Forja Domingo Torres S.L.[21]

**Ilustración 22:** Pastas para pulido.

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”



Fuente: Herramental [22].

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

48

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 2113096      Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

## V. RESULTADOS.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 2113096      Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

50

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 2113096      Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

V. RESULTADOS.

En este apartado se tratara el objetivo principal de dicho trabajo de fin de grado, abarcando el desarrollo de los objetivos que nos hemos marcado anteriormente.

**5.1. Definición de fundición.**

La fundición se define como el proceso mediante el cual, fabricamos una pieza, ya sea, de metal o plástico, a partir de la acción de fundir dicha materia prima, para luego introducirla en un molde, y dejarlo solidificar hasta que adquiera estado sólido.

Por otro lado, también podemos destacar la palabra fundición, como el lugar donde se desempeña dicha tarea.

**5.2. Proceso de moldeo.**

En este proceso, podemos observar cómo partiendo desde una base compuesta de arcilla y otros elementos como pueden ser arena, sílice o bentonita( derivado de la arcilla), para empezar a realizar el boceto de la pieza que queremos construir.

**Ilustración 23:** Polvos de arcilla.



**Fuente:** Labois [23]

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

Este proceso, suele ser muy minucioso y suele llevar gran tiempo del proceso, dado que, es la parte donde se elabora lo que se va a reproducir como trabajo final, es decir, lo que se le suele denominar como negativo.

**Ilustración 24:** Busto o molde de arcilla.



**Fuente:** Verarte 2009. [24]

Una vez realizado el modelo en arcilla, se le aplica una capa de cera, del grueso del que vayamos a realizar la pieza.

**Ilustración 25:** Aplicación de parafina.

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”



**Fuente:** Benito Álvarez, Jose Manuel. [25]

Una vez que haya endurecido la cera, pasamos a la zona de lechada o cascarilla, en la que se suele hacer una capa a modo de refuerzo cerámico. Dicha capa, consta de una lechada, acompañado de una serie de arenas de distintos groesos.

**Ilustración 26:** Proceso de lechada.



**Fuente:** Radver.com [26]

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

Una vez que tengamos la primera lechada endurecida, volvemos a aplicar una serie de capas de lechada y distintas granulometrías de arena, para que a modo de elemento refractario, la lechada aguante la elevada temperatura a la que se debe someter la pieza en el horno.

**Ilustración 27:** aplicación lechada y arena refractaria.



**Fuente:** Ling Chiao Casting. Company. [27]

Para poder verter la colada, se deja uno o varios respiraderos por donde pueda salir el aire y sea una pieza homogénea, aparte del hueco de vertido de colada. Normalmente, las piezas se suelen hacer huecas y con el mínimo espesor, para abaratar en costes y así reducir el precio de la pieza final.

**Ilustración 28:** Lechada seca y respiraderos.

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”



Fuente: R.Puig. [28]

Una vez que esta lechada se ha endurecido, pasamos a realizar la caja de arena, que es el lugar donde introduciremos toda la pieza realizada interiormente y que servirá de soporte del molde y de resistencia, para que no se desarme la pieza y así evitar irregularidades o posibles fracturas de la pieza, así como, evitar un brusco descenso de las temperaturas.

**Ilustración 29:** Realización de molde de arena.

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”



**Fuente:** Barraza Argueta, Marco Antonio. [29]

### 5.3. Proceso de fundición de la pieza.

Para continuar con dicho proceso, debemos asegurarnos de que el molde se encuentra rígido y endurecido.

Los pasos que debemos seguir a continuación es calentar los tres hornos, u dos, ya que, en la actualidad, se suele usar el mismo horno para decerar y como mufla.

En primer lugar, debemos de pasar por el horno de decerar de campana, que es donde introducimos el molde que ya teníamos hecho, y el cual, tiene la función de derretir la cera en pocos segundos, ya que, dicho horno puede alcanzar hasta los 500 grados de temperatura.

También destacar que dicho horno funciona mediante un sistema eléctrico y de gasoil, donde se pulveriza gasoil de manera constante y se regula la cantidad de aire para manejar la temperatura.

**Ilustración 30:** horno o lanzallamas.

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”



**Fuente:** Trabajo de Campo.

En segundo lugar, debemos de calentar la mufla, que es el espacio donde introduciremos a continuación el molde de arena sin la cera.

En este caso, dicho horno se utiliza para las dos acciones, y en el que se coloca un recipiente en la parte inferior para recoger la cera que se vaya derritiendo.

**Ilustración 31:** Mufla.

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”



**Fuente:** Trabajo de Campo.

La mufla se suele calentar con un soplete de gas hasta que alcanza hasta unos 1000 grados aproximadamente. También está recubierta interiormente de ladrillos refractarios, a los que aparte, se le añade una manta térmica ignífuga que es capaz de aguantar dicha temperatura.

**Ilustración 32:** manta térmica.

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”



**Fuente:** Trabajo de Campo.

En tercer lugar, al mismo tiempo que se va endureciendo el molde de arena, en otro horno, se va calentado por un lanzallamas pequeño el crisol, en el que, verteremos los lingotes de bronce y otro metal, dependiendo de la pieza a fabricar así como del material a utilizar.

Dicho lanzallamas también se recubre de la manta térmica para evitar el desprendimiento de calor al exterior y así ahorrar en costes.

**Ilustración 33:** Lanzallamas con manta térmica.

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”



**Fuente:** Trabajo de Campo.

Interiormente, dicho lanzallamas funciona como una turbina que aspira aire y mediante la pulverización constante del gasoil, el sistema eléctrico le da chispa para poder así realizar la combustión.

**Ilustración 34:** lanzallamas.

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”



**Fuente:** Trabajo de Campo.

A continuación, se sacan los moldes de arena de la mufla, y se introducen en una caja de arena refractaria, para que no pierda las propiedades y echar a perder el proceso. Dicha caja se suele dotar de ruedas, dado que el proceso de enfriamiento se suele realizar a temperatura ambiente y puede tardar hasta 48 horas en adquirir una temperatura de trabajo aceptable.

**Ilustración 35:** molde de arena.

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”



**Fuente:** Trabajo de Campo.

Seguidamente, se saca el crisol del horno con unas pinzas, las cuales, siempre deben de ser manejadas por dos personas, para así protegerse y estar más seguros en cuanto a quemaduras y otros riesgos se refiere.

**Ilustración 36:** Extracción del crisol.

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”



**Fuente:** Trabajo de Campo.

Una vez que hayamos sacado el crisol, lo introducimos en el vertedor, que es un sistema manual que nos permite verter el material con seguridad en los moldes, además de ser menos laborioso al llevarse a cabo entre dos personas.

**Ilustración 37:** Introducción al vertedor.

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”



**Fuente:** Trabajo de Campo.

Para crisoles de mayor tamaño, se suele usar un elevador eléctrico, dado que la maniobrabilidad con diámetros grandes es imposible ejercerse de manera manual.

**Ilustración 38:** crisol de grandes dimensiones.

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”



Fuente: Antikainen. [30]

Antes de verter la colada, debemos de retirar la escoria que surge del fundir el bronce. Para ello, hemos vertido una zona de arena refractaria en el suelo, y seguidamente, retirado la escoria sobre la misma.

**Ilustración 39:** Retirado de escoria.



**Fuente:** Trabajo de Campo.

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

Una vez que la escoria es retirada del crisol, se dispone a rellenar los moldes, de manera que tienen que llenarse en torno a un 80% del total.

**Ilustración 40:** Vertido de colada.



**Fuente:** Trabajo de Campo.

Esto se debe a que la parte que el molde se coloca al revés para evitar burbujas e imperfecciones y que el aire salga por la parte que, posteriormente retiraremos. La parte que sobra del molde hacia abajo se llama cono. Esta parte se corta y se reutiliza para posteriores fundiciones.

**Ilustración 41:** Parrilla de desmolde.

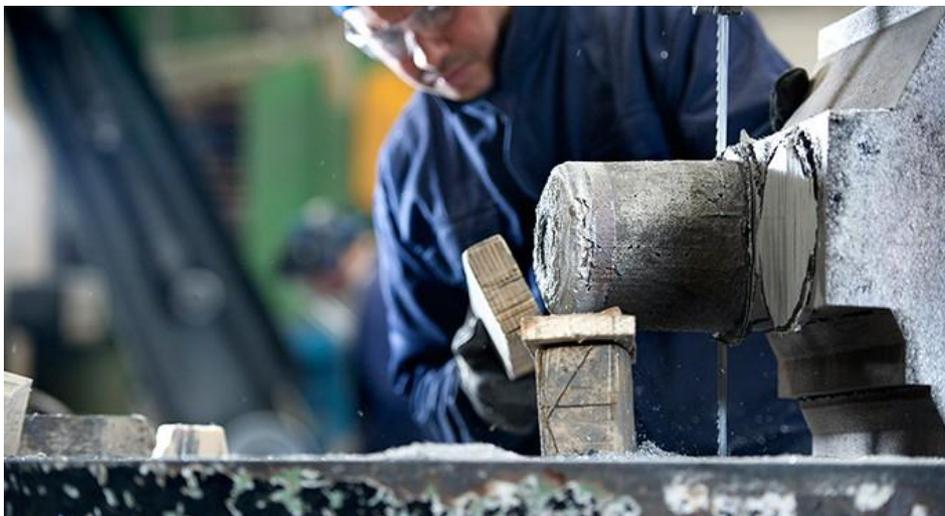
“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”



**Fuente:** Acrisol. [31]

Una vez que hayamos vertido la colada se deja enfriar lentamente, para posteriormente, proceder a la limpieza de la pieza, retirando toda la arena de la fundición.

**Ilustración 42:** Limpieza después de desmolde.



67

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2113096 Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

**Fuente:** Fundiciones Araba [32]

Para retirar la arena, primero se golpea con un martillo el cascaron de arena hasta romperlo y así retirarlo más rápido.

Seguidamente, con una pistola de aire se le da a toda la pieza a fin de extraer aquellos granos que no se despegan tan rápido. Muchas veces, también se recurre al arenado de la pieza para extraer los restos con mayor facilidad.

**Ilustración 43:** Limpieza por chorreado de arena.



**Fuente:** Abrasivos y Maquinarias S.A. [18]

#### **5.4. Acabado final de la pieza.**

A continuación, pasamos a la zona donde damos el acabado y aspecto final a la pieza.

**Ilustración 44:** Mesa de acabado.

68

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2113096      Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”



**Fuente:** Trabajo de Campo.

Dentro de este apartado, el primer proceso que siempre se lleva a cabo es el desbarbado, que consiste en la utilización de una miniherramienta denominada comúnmente como dremel (taladro de cabezales pequeños para lugares de difícil acceso) para retirar todos aquellos granos que se hayan quedado incrustados o zona de difícil acceso que no salen con facilidad.

**Ilustración 45:** miniherramienta.



69

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2113096 Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

**Fuente:** dremel. [33]

Una vez que hayas acabado con dicho proceso, se suele pulir toda la pieza paralelamente, y a su vez, se le van poniendo los rasgos específicos que definen la pieza como surcos, rayas, etc.

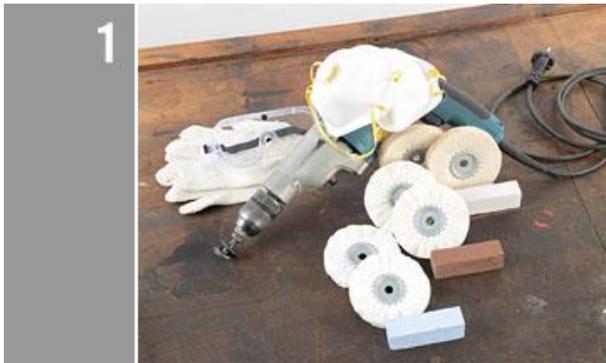
**Ilustración 46:** Pulido de la pieza.



**Fuente:** Jeyca Ebro, S.L. [34]

Dependiendo del tipo de pulido que queramos, hay que usar distintas esponjas.

**Ilustración 47:** tipos de esponjas de pulido.



**Fuente:** Moto, Louis [35]

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

Esto se consigue a través del uso de distintas herramientas, que solemos tener en el taller.

Finalmente, la pieza adquiere su color verde envejecido a través de la aplicación de la pátina, que es un ácido que se aplica en distintas capas mediante el uso de calor, para así, conseguir distintos tonos y contrastes.

**Ilustración 48:** Aplicación de la pátina.



Fuente: Trabajo de Campo.

5.5. Otras técnicas.

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

En el proceso de fundición a la cera perdida, podemos destacar que para la fundición de piezas muy pequeñas, como pueden ser monedas o botones, se emplea otro proceso que es mucho más sencillo.

**Ilustración 49:** Molde pequeño.



**Fuente:** blog científicos aficionados.com [36]

En primer lugar, para sacar el negativo de la pieza, se utiliza una caja a modo de molde, en el cual, se vierte una lechada de silicona, dado que las proporciones de la pieza son mínimas y la aportación de calor no permite que dicho molde se derrita.

**Ilustración 50:** Lechada.



**Fuente:** Modelarte.es [37]

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

En este caso, no es necesario encerar la pieza, debido a que por su pequeño tamaño, suelen ser totalmente macizas.

Destacar que este proceso se puede realizar de dos maneras distintas:

Por un lado, se realiza el moldeo por ambas caras para luego unir ambos moldes y así poder realizar la pieza, pudiendo reutilizar dicho molde finalmente. También se pueden hacer los moldes por separado y unir las partes finales, dado que su pequeño tamaño permite disimular la unión.

**Ilustración 52:** Moldeo por separado.



**Fuente:** Modelarte.es [38]

Por otro lado, se puede hacer un solo molde, en el caso de que solo se vea una cara de la pieza.

**Ilustración 53:** Moldeo único.

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”



**Fuente:** [Agrega.JuntadeAndalucia.es](http://Agrega.JuntadeAndalucia.es) (repositorio tipos de moldeo). [39]

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 2113096      Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

## VI. CONCLUSIONES

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 2113096      Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

VI. CONCLUSIONES.

76

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 2113096      Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

En este apartado finalizaremos el contenido de este Trabajo Final de Grado haciendo mención a las conclusiones que hemos obtenido con la realización del mismo.

- ✚ Hemos desarrollado los uno de los distintos procesos mediante los cuales, podemos llevar a cabo un mismo resultado final.
- ✚ Hemos realizado una investigación de la evolución histórica en el sector de la fundición, destacando los acontecimientos más importantes.
- ✚ Hemos realizado una investigación acerca de la normativa necesaria que deben tener las empresas.
- ✚ Hemos resaltado algunas de las últimas investigaciones que serán relevantes de ahora en adelante en dicho sector, y que también, influenciara en otros ámbitos.
- ✚ Hemos podido observar el personal que debe involucrarse para poder llevar a cabo una escultura de manera organizada y estructurada.
- ✚ Hemos visto la historia de la empresa que nos ha hecho posible realizar dicho trabajo.
- ✚ Hemos visto los materiales y herramientas básicas que se deben tener en el taller para elaborar una pieza, así como la maquinaria más avanzada del mercado para el mismo.
- ✚ Hemos destacado los inconvenientes que se pueden tener en cuanto a proximidad, en cuanto a transporte o recepción de materia prima, o simplemente en la entrega de la pieza.
- ✚ Hemos destacado los distintos procesos que podemos utilizar para poder llevar a cabo una misma pieza final.

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

78

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 2113096      Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

## VII: BIBLIOGRAFIA

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

80

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 2113096      Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

VII. BIBLIOGRAFIA.

{1} History of Metal Casting PDF

W.W.W. metal-technologies.com

{2} UNE Comité (CTN 78 – Industrias de la Fundición)

2018,W.W.W. UNE.org

{3} Revista de metalurgia, 49

“ Indicadores de Condición Ambiental”

2013, ISSN:0034-8570, eISSN: 1988-4222.

{4} IK 4 Azterlan

“ IK4-azterlan presenta sus últimas investigaciones relacionadas con la nucleacion del grafito laminar en el 120 Metal Casting Congress (USA) ”

2016, w.w.w. Azterlan.com

{5} ILT plasma technologies.

“ ¿Cómo funciona la antorcha de plasma?”

2019, ILT plasma technologies.

{6} Hilden

“El uso de las nuevas tecnologías en el proceso de fundición”

2014, Ask Chemicals.

{7} Cofundi

“Impresión en 3D, el futuro de la tecnología”

2019, w.w.w.info@cofundi.com

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

{8} Disagroup

“ El futuro de las fundiciones ”

2018, Norican technology / w.w.w disagroup.es

{9} America economia

“ Método de Fundición de aluminio libre de carbono ”

2018, w.w.w. americaeconomia.com

[1] Tecnalía.

“ Antorcha de plasma de fusión ”

2011, w.w.w. tecnalía research & innovation

[2] Peraza León, Jesús Manuel.

“ Plano de distribución de taller ”

2019, elaboración propia.

[3] Materiales

“ Propiedades mecánicas y algunas aleaciones del aluminio ”

, w.w.w. UPV.es

[4] Villaverde, Adrian.

“ Tema 9. Materiales Ferrosos y Materiales No Ferrosos ”

2009, Adri\_villaverde (blogger)

[5] Aguilar Schafer, Julio Alberto.

“ Fundición ”

2016, w.w.w. docplayer.com

82

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 2113096      Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

[6] wordpress

``tratamiento de los metales``

2015, w.w.w. wordpress.com

[7] Revistas bolivianas

``esquema de flujo del proceso de fundición de piezas``

2014, ISSN 1729-7532

[8] Fumbarri

`` Proceso productivo, modelo perdido``

2013, w.w.w. Fumbarri fundiciones.com

[9] Sánchez Valverde, Victoriano

`` Principales métodos de fundición en metales``

2012, w.w.w. monografías.com

[10] Br Medina, Jhoan

``Procesos de fundición``

2014, San Cristóbal (Venezuela), Instituto universitario Politécnico Santiago  
Mariño

[11] Buitrón, Manolito

`` Arena pre revesti da de fundición``

2015, w.w.w. slideplayer.com

[12] Gilbert, Marjorie

``Tipos de hornos de fundición de metales``

2017

[13] Sebastián Calvo, Carlos

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

“Hornos utilizados en la fabricación de aleaciones Ferrosas y no Ferrosas”

ISSN 1993-422X / Vol. XVII

[14] Nabertherm

“ Catalogo de hornos ”

2019, w.w.w. Nabertherm.com

[15] Vibrotech

“ Maquinas de Secado y Enfriamiento ”

2018

[16] GHI

“ Maquinas de enfriamiento ”

2018, w.w.w. GHI Smart Furnaces.com

[17] Abrasivos y maquinaria S.A.

“ Catálogo de maquinas de agua a presión ”

2019

[18] Abrasivos y maquinaria S.A.

“ Catálogo de maquinas chorreadoras a presión ”

2019

[19] Direct Industry

“ Catálogo de rebarbadoras (Loeser) ”

[20] SIDECO

“ Catálogo de maquinaria de corte CNC ”

w.w.w.ventas@sideco.com.mx

[21] Forja Domingo Torres S.L.

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

“ Pátina para hierro. 8-VF”

[22] Herramental

“ Pastas para pulido”

2018, Monterrey, w.w.w. herramental.com

[23] Labois

“ polvos de arcilla ”

[24] Verarte 2009

Boceto en arcilla “ San Pedro para Santa Cena”

[25] Benito Álvarez, José Manuel.

“ Modelo de manzana en parafina”

2006

[26] Radver S.A.

“ Proceso de lechada”

w.w.w. radver.com

[27] Chiao, Lin

“Proceso de fundición de inversión”

2016, Lin Chiao Casting Company

[28] Puig, R.

“ Cascarilla en estantería de secado”

[29] Barraza Argueta, Marco Antonio

“ Procesos de conformado de materiales”

2011

85

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 2113096 Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TECNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

[30] Antikainen

“Elevación de crisol por grúa”

w.w.w. dreamstime.com

[31] Acrisol S.L.

“ Parrilla de desmolde ”

w.w.w. fundicion@acrisol.com

[32] Fundiciones Araba

“ Limpieza de pieza sacada del molde ”

[33] Dremel

“ Catálogo de herramientas dremel ”

[34] Jeyca Ebro S.L.

“Pulido de metales”

[35] Moto, Louis

“ Esponjas para pulido de metales ”

[36] blog. Científicos aficionados.com

“ Pequeño molde de fundición ”

[37] ModelArte.es

“ Molde con lechada de caucho ”

w.w.w.modelarte@modelarte.net

[38] ModelArte.es

“ Moldeo por separado ”

w.w.w.modelarte@modelarte.net

[39] Agrega.JuntadeAndalucia.es

86

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 2113096      Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44

“CONOCIMIENTOS Y PROCESOS DE TÉCNICAS DE FUNDICIÓN Y SUS  
VARIANTES EN APLICACIÓN PRACTICA”

“ Fundición de piezas pequeñas por moldeo unico”

w.w.w. Junta de Andalucía.es/ Repositorio tipos de moldeo.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 2113096      Código de verificación: sHR7/10Y

Firmado por: Alexis Dionis Melián  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 09/09/2019 17:27:44